

UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA

ISSN 1814-3237

Categoria B

STUDIA UNIVERSITATIS MOLDAVIAE

SERIA

Științe reale • Științe biologice
și ale naturii • Științe chimice

Fondată în anul 2007

Revistă științifică cu acces deschis,
supusă unui proces de dublă recenzare

OPEN  ACCESS JOURNALS



Chișinău
CEP USM 2025

Nr. 1(181)
2025

Redactor-șef

GULEA Aurelian, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

Redactori-șefi adjuncți

CRIVOI Aurelia, profesor universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

GLADCHI Viorica, conferențiar universitar, doctor (Universitatea de Stat din Moldova)

LEȘANU Mihai, conferențiar universitar, doctor (Universitatea de Stat din Moldova)

Consiliul academic

ANDRUH Marius, academician al Academiei Române, profesor universitar (Universitatea din București, România)

ARION Vladimir, conferențiar universitar, doctor habilitat (Universitatea din Viena, Austria)

BÂRSAN Ana, conferențiar universitar, doctor (Universitatea de Stat din Moldova)

BOBEICA Valentin, conferențiar universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

BULIMESTRU Ion, conferențiar universitar, doctor (Universitatea de Stat din Moldova)

ČESNOKOV Iurii, doctor (Institutul Agrofizic de Cercetări Științifice din Sankt Petersburg, Federația Rusă)

DUCA Gheorghe, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Institutul de Chimie)

FURDUI Teodor, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie)

GONȚA Maria, profesor universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

GUȚANU Vasile, profesor universitar, doctor habilitat (Universitatea de Stat din Moldova)

IBISCH Pierre L., PhD., professor (Eberswalde University for Sustainable Development, Germany)

MANGALAGIU Ionel, profesor universitar, doctor (Universitatea „Al. I. Cuza” din Iași, România)

RUDIC Valeriu, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Institutul de Microbiologie și Biotehnologie)

SOCHIRCĂ Vitalie, conferențiar universitar, doctor (Universitatea de Stat din Moldova)

TODERAȘ Ion, academician, profesor universitar, doctor habilitat (Institutul de Zoologie)

UNGUR Nicon, profesor universitar, doctor habilitat (Institutul de Chimie)

VOLOȘCIUC Leonid, profesor universitar, doctor habilitat (Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor)

WILSON Karl A., PhD., Professor Emeritus of Biological Sciences (State University of New York at Binghamton, USA)

Grupul de lucru

STEPANOV Georgeta, doctor habilitat, profesor universitar, prorector pentru activitate științifică - coordonator

ȚURCANU Carolina, doctor, conferențiar cercetător - responsabil de ediție

PAȘNIC Ana-Laura - executor responsabil

TATARU Ana - redactare literară (limba română, limba rusă)

CALARĂȘI Svetlana - redactare literară (limba engleză)

CHIRILENCO Tatiana - corectare tehnică

PASTUH Marina - design grafic

Biblioteca Centrală a USM - atribuire index CZU

SÎRBU Ghenadie, doctor - responsabil de indexare în bazele de date

CHISELIOV Anton - responsabil de site

Indexată în bazele de date



Universitatea de Stat din Moldova, 2025

CUPRINS

Științe biologice

*Iurie BACALOV, Aurelia CRIVOI,
Elena CHIRIȚA, Adriana DRUȚA*

MODIFICĂRILE HOMEOSTAZIEI
SISTEMULUI CARDIOVASCULAR
LA EFORT FIZIC ÎN
TIREOTOXICOZA DIFUZĂ

*Aurelia CRIVOI, Iurie BACALOV,
Elena CHIRIȚA, Adriana DRUȚA,*

IMPACTUL POLUĂRII SOLULUI
ASUPRA HOMEOSTAZIEI ORGANISMULUI
(Articol de sinteză)

Ала ПОГОРЛЕЦКИ, Мариана КОРМАН
ПРИМЕНЕНИЕ

СКАНДИНАВСКОЙ ХОДЬБЫ В
РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ
КАРДИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

*Sergiu BALACCI, Valentina CIOCHINĂ,
Ion BALAN*

POCALUL HYGEEI –
SIMBOLISTICA, ORIGINEA
ȘI RELEVANȚA ÎN MEDICINĂ

Daniela HADÎRCA

PROCESUL SINUOS DE ÎNFIINȚARE
ȘI ORGANIZARE AL CATEDREI
DE FIZIOLOGIE A OMULUI
ȘI ANIMALELOR LA FACULTATEA
DE BIOLOGIE ȘI PEDOLOGIE DE LA
UNIVERSITATEA DE STAT (1946-1960)

*Maria ZAMORNEA, Dumitru ERHAN,
Ștefan RUSU, Olesia GLIGA*

INFESTAȚII CU SPECII DE MALOFAGI
LA RAȚE
(ANAS PLATYRHYNCHOS
DOMESTICUS L.) DIN ZONA
DE CENTRU A REPUBLICII MOLDOVA

Vladimir ȘEPTIȚCHI, Ana LEORDA

FACTORI INTRIN- ȘI EXTRINSECI
CU IMPACT SANOGEN ȘI DISSANOGEN
ASUPRA PROCESULUI DE ABSORBȚIE
A NUTRIENȚILOR
ÎN INTESTINUL SUBȚIRE

*Maria ZAMORNEA, Dumitru ERHAN,
Ștefan RUSU, Oleg CHIHAI*

INFESTAREA CU SPECII DE
ECTOPARAZIȚI COMUNI ȘI SPECIFICI
LA PALMIPEDELE DOMESTICE
DIN FAMILIA ANATIDAE
(RAȚE, GÂȘTE)
DIN REPUBLICA MOLDOVA

SUMMARY

Biological sciences

8 THE MODIFICATIONS OF
CARDIOVASCULAR SYSTE HOMEOSTASIS
DURING PHYSICAL EFFORT
IN DIFFUSE THYROTOXICOSIS

16 THE IMPACT OF SOIL POLLUTION
ON ORGANISM HOMEOSTASIS
(A synthesis article)

22 APPLICATION OF
NORDIC WALKING
IN REHABILITATION OF
CARDIOLOGY PATIENTS

31 THE HYGEA CHALICE –
SYMBOLISM, ORIGIN
AND RELEVANCE IN MEDICINE

38 THE WINDING PROCESS OF
ESTABLISHING AND ORGANIZING
THE DEPARTMENT OF HUMAN
AND ANIMAL PHYSIOLOGY AT THE
FACULTY OF BIOLOGY AND PEDOLOGY
AT THE STATE UNIVERSITY (1946-1960)

45 INFESTATIONS WITH MALOPHAGUS
SPECIES IN DUCKS
(ANASPLATYRHYNCHOS DOMESTICUS L.)
FROM THE CENTRAL AREA
OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

50 INTRINSIC AND EXTRINSIC FACTORS
WITH SANOGENIC AND DYSSANOGENIC
IMPACT ON THE PROCESS
OF NUTRIENT ABSORPTION
IN THE SMALL INTESTINE

60 INFESTATION WITH COMMON
AND SPECIFIC ECTOPARASIS SPECIES
IN DOMESTIC PALMIPEDS FROM
THE ANATIDAE FAMILY
(DUCKS, GEESE)
IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA

<i>Ирина КОЛОМИЕЦ</i> ВЛИЯНИЕ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ	66	INFLUENCE OF THE GEOMAGNETIC FIELD ON LIVING ORGANISMS
<i>Nina CIOCĂRLAN</i> NOI CONTRIBUȚII LA STUDIUL UNOR SPECII MEDICINALE DIN GENUL SCUTELLARIA L.	76	NEW CONTRIBUTIONS TO THE STUDY OF SOME MEDICINAL SPECIES FROM THE SCUTELLARIA L. GENUS
<i>Olga BULAT</i> IMPACTUL MACRO- ȘI MICRONUTRIENȚILOR ASUPRA STATUTULUI IMUN	85	THE IMPACT OF MACRO- AND MICRONUTRIENTS ON IMMUNE STATUS
<i>Nina FRUNZE</i> PROCARIOTELE EDAFICE – PARTE COMPONENTĂ IMPORTANTĂ A SOLULUI ȘI INDICE SENSIBIL DE SĂNĂTATE AL ACESTUIA	90	SOIL PROKARYOTES – AN IMPORTANT COMPONENT OF SOIL AND A SENSITIVE INDEX OF ITS HEALTH
<i>Veaceslav GHENDOV, Tatiana IZVERSCAIA</i> SPECII RARE SPONTANE DE ALIACEE (ALLIACEAE) PENTRU INCLUDEREA ÎN CARTEA ROȘIE A REPUBLICII MOLDOVA	99	RARE SPONTANEOUS ALLIACEAE SPECIES FOR THE RED BOOK OF REPUBLIC OF MOLDOVA
<i>Ella GRITENCO, Vladimir ȘEPTIȚCHI, Yuri BORSHEV</i> DEPENDENȚA INFORMAȚIONAL-DIGITALĂ: O ANALIZĂ INTERDISCIPLINARĂ A FENOMENULUI, CRITERIILOR ȘI CONSECINȚELOR ACESTUIA	107	INFO-DIGITAL ADDICTION: AN INTERDISCIPLINARY ANALYSIS OF THE PHENOMENON, ITS CRITERIA, AND CONSEQUENCES
<i>Oleg CHIHAI, Ștefan RUSU, Maria ZAMORNEA, Alina LARION, Nina TĂLĂMBUȚĂ</i> SPECII DE HELMINȚI IDENTIFICATE LA ȘOARECELE DE CASĂ	114	PARASITIC SPECIES IDENTIFIED IN THE HOUSE MOUSE
<i>Rodica COJOCARI, Valentin RĂILEANU, Galina MÎNDRU</i> IMPACTUL SCHIMBĂRIILOR CLIMATICE ASUPRA REGIMULUI PRECIPITAȚIILOR ÎN REPUBLICA MOLDOVA	121	THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE PRECIPITATION REGIME IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA
<i>Antonina DUMITRIU</i> ASPECTE ANATOMO-TOPOGRAFICE ALE ARTICULAȚIEI COXO-FEMURALE LA CÂINE	127	ANATOMO-TOPOGRAPHICAL ASPECTS OF THE COXO-FEMORAL JOINT IN THE DOG
<i>Adriana-Daniela SOCIANU, Camelia RÂTEA</i> ABORDARE NUTRIȚIONALĂ ÎN TIROIDITA HASHIMOTO: STUDIU DE CAZ PEDIATRIC	135	NUTRITIONAL APPROACH IN HASHIMOTO'S THYROIDITIS: A PEDIATRIC CASE STUDY

Светлана БУРЦЕВА, Максим БЫРСА,
Владимир ШЕПТИЦКИЙ
Юлия БЕРЕЗЮК, Анастасия ВАСИЛЬЧУК
ИЗМЕНЕНИЕ
БИОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
СТРЕПТОМИЦЕТОВ ПОЧВ МОЛДОВЫ,
ВЫРАЩЕННЫХ НА СРЕДАХ
РАЗНОГО СОСТАВА

142 CHANGES IN
THE BIOSYNTHETIC
ACTIVITY OF STREPTOMYCETES
IN THE SOILS OF MOLDOVA GROWN
ON MEDIA OF DIFFERENT COMPOSITION

Maria DUCA, Steliana CLAPCO,
Ana MUTU, Angela PORT,
Oana CRĂCIUNESCU, Elena Iulia OPRÎȚA,
Elena MIHAI

EXPLORAREA POTENȚIALULUI
FLORII-SOARELUI CA SURSĂ
DE SUBSTANȚE BIOACTIVE
ÎN CONTEXTUL
BIOECONOMIEI CIRCULARE

150 EXPLORING THE POTENTIAL
OF SUNFLOWER AS A SOURCE
OF BIOACTIVE SUBSTANCES IN
THE CONTEXT OF
THE CIRCULAR BIOECONOMY

Alina GÎSCĂ
FORMAREA ȘI FUNCȚIONAREA
APARATULUI FOTOSINTETIC
LA POMII DE PRUN PE PARCURSUL
PERIOADEI DE VEGETAȚIE

160 FORMATION AND FUNCTIONING
OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS
IN PLUM TREES DURING
THE VEGETATION PERIOD

Gheorghe JIGĂU, Sergiu DOBROJAN,
Galina DOBROJAN, Tatiana BUNDUC
FUNCȚIILE SANO-PEDOREGENERATIVE
ȘI CLIMATO-ADAPTIVE ALE
SISTEMULUI DE SUBSTANȚE ORGANICE
AL CERNOZIOMURILOR

164 HEALTH-PEDOREGENERATIVE
AND CLIMATE-ADAPTIVE FUNCTIONS
OF THE ORGANIC SUBSTANCES SYSTEM
OF CHERNOZIOMS

Maria CAUȘ, Nicolai PLATOVSCII
THERMOSTABILITATEA PEROXIDAZEI
DIN FRUNZELE DE
BUXUS SEMPERVIRENS L.
SUB INFLUENȚA
ȘOCULUI HIPERTERMIC

175 THERMOSTABILITY OF PEROXIDASE
IN LEAVES
OF BUXUS SEMPERVIRENS L.
UNDER THE INFLUENCE
OF HYPERTHERMIC SHOCK

Petru CUZA, Nina ZDIORUC,
Nicolai PLATOVSCII
EVALUAREA DINAMICII RECUPERĂRII
INDICATORILOR FIZIOLOGICI
ȘI BIOCHIMII ÎN FRUNZELE
PROVENIENȚELOR DE
STEJAR PEDUNCULAT
(QUERCUS ROBUR)
DUPĂ ȘOCUL TERMIC

182 ASSESSMENT OF RECOVERY DYNAMICS
OF PHYSIOLOGICAL
AND BIOCHEMICAL INDICATORS
IN LEAVES OF
PEDUNCULATE OAK
(QUERCUS ROBUR)
FOLLOWING HEAT SHOCK

Sergiu DOBROJAN, Galina DOBROJAN
ANALIZA PROCESULUI DE CREȘTERE
ȘI DE FIXARE BIOLOGICĂ
A AZOTULUI DE CĂTRE
CIANOBACTERIA
NOSTOC PUNCTIFORME
(HARIOT) ELENKIN,
CULTIVATĂ PE DIFERITE
MEDII NUTRITIVE

196 ANALYSIS OF THE PROCESS
OF GROWTH AND BIOLOGICAL
NITROGEN FIXATION
BY CYANOBACTERIA
NOSTOC PUNCTIFORME
(HARIOT) ELENKIN,
CULTIVATED ON DIFFERENT
NUTRITIONAL MEDIUMS

*Constantin BULIMAGA, Vladimir MOGÎLDEA,
Andrian ȚUGULEA, Petru PRODAN*

EVALUAREA DINAMICII
GRADULUI DE POLUARE
A APELOR DE SUPRAFAȚĂ
DIN ECOSISTEMUL URBAN CAHUL

203 ASSESSMENT OF THE DYNAMICS
OF THE DEGREE OF
SURFACE WATER POLLUTION
IN THE CAHUL URBAN ECOSYSTEM

Livia CALESTRU

COLEOPTERELE
(COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE,
CURCULIONIDAE)
DIN REZERVAȚIA BIOSFEREI
PRUTUL DE JOS

212 INSECTS
(COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE,
CURCULIONIDAE)
FROM LOWER PRUT
BIOSPHERE RESERVE

Nicolai PLATOVSCII,

Alexandru DASCALIUC,

ROLUL FRUNZEI STEAG
ÎN FORMAREA PRODUCTIVITĂȚII
PLANTELOR DE GRÂU
DE TOAMNĂ
(TRITICUM AESTIVUM L.),
CULTIVATE DIN SEMINȚE TRATATE
CU BIOSTIMULATORUL REGLALG

217 THE ROLE OF THE FLAG LEAF
IN THE FORMATION
OF THE YIELD OF WINTER
WHEAT PLANTS
(TRITICUM AESTIVUM L.)
GROWN FROM SEEDS TREATED
WITH THE BIOSTIMULANT REGLALG

Angela CANȚÎR, Ioana CHIRIAC

RELAȚIONAREA PROCESELOR
GEOMORFOLOGICE DE RISC
LA UTILIZAREA TERENURILOR
ÎN BAZINUL HIDROGRAFIC CUBOLTA
(REPUBLICA MOLDOVA)

229 RELATING GEOMORPHOLOGICAL
PROCESSES TO LAND
USE IN CUBOLTA
RIVER BASIN
(REPUBLIC OF MOLDOVA)

Maricica COLȚUN, Alina BOGDAN

PARTICULARITĂȚILE BIOMORFOLOGICE
ALE SPECIEI
CARTHAMUS TINCTORIUS L.–
PLANTĂ CU UTILIZĂRI MULTIPLE

238 BIOMORPHOLOGICAL FEATURES
OF THE SPECIES
CARTHAMUS TINCTORIUS L.–
A PLANT WITH MULTIPLE UTILITIES

Galina LUPAȘCU, Nicolae CRISTEA,

Elena SAȘCO, Nadejda MIHNEA

INFLUENȚA FUNGULUI
DRECHSLERA BISEPTATA
(SACC. & ROUM.)
ASUPRA VARIABILITĂȚII
TRANSGRESIVE
LA GRÂUL COMUN

243 INFLUENCE OF THE
DRECHSLERA BISEPTATA
(SACC. & ROUM.)
FUNGUS ON THE TRANSGRESSIVE
VARIABILITY IN
COMMON WHEAT

Vladislav CALDARI, Victoria NISTREANU,

Alina LARION, Natalia DIBOLSCAIA

DIVERSITATEA SPECIILOR DE LILIECI
DIN SITURILE SUBTERANE
DE LA CÂPREȘTI ȘI BÎRNOVA

249 DIVERSITY OF BAT SPECIES FROM
UNDERGROUND SITES
IN CÂPREȘTI AND BÎRNOVA

Milania MAKOVEI

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ
ГЕНОТИПОВ ТОМАТА
К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМУ
СТРЕССУ ПО ПРИЗНАКАМ
МУЖСКОГО ГАМЕТОФИТА

255 THE ADAPTIVE POTENTIAL
OF TOMATO GENOTYPES
TO LOW-TEMPERATURE
STRESS BY TRAITS
OF MALE GAMETOPHYTE

<i>Cristina MOLDOVAN, Tamara SÎRBU</i> STUDIUL MICROMICETELOR DIN LACUL VALEA TRANDAFIRILOR DIN MUNICIPIUL CHIȘINĂU	265	STUDY OF MICROMYCETES FROM THE ROSE VALLEY LAKE IN CHISINAU MUNICIPALITY
<i>Ecaterina POPOVSCHI, Raisa IVANOVA</i> BOTANICAL, PHYTOCHEMICAL, PHARMACOLOGICAL OVERVIEW OF WILD GARLIC (ALLIUM URSINUM)	273	DESCRIEREA BOTANICĂ, FITOCHIMICĂ ȘI FARMACOLOGICĂ A RAMSONULUI (ALLIUM URSINUM)
<i>Silvia ROTARI, Svetlana LEATAMBORG</i> VARIABILITATEA FENOTIPICĂ A CARACTERELOR VALOROASE LA GRÂUL DURUM ȘI TRITICALE	282	PHENOTYPIC VARIABILITY OF VALUE CHARACTERS IN DURUM WHEAT AND TRITICALE
<i>Tatiana SÎRBU, Tamara RUDI, Vasiliu SLIVCA</i> DIVERSITATEA BUJORILOR INTERSECȚIONALI (PAEONIA-ITHO) ÎN REPUBLICA MOLDOVA	290	DIVERSITY OF INTERSECTIONAL PEONIES (PAEONIA-ITHO) IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA
<i>Валентина СВЕТЛИЧЕНКО, Анна ПОПОВИЧ</i> ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ ПЕРОКСИДАЗЫ В ЛИСТЬЯХ ДЕРЕВЬЕВ СЛИВЫ И ЯБЛОНИ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНОТИПА И УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ	298	ASSESSMENT OF PEROXIDASE ACTIVITY IN LEAVES OF PLUM AND APPLE TREES DURING THE VEGETATION PERIOD, DEPENDING ON THE GENOTYPE AND GROWING CONDITIONS
<i>Sergiu BALACCI, Ion BALAN</i> CADUCEUL: SEMNIFICAȚII, UTILIZĂRI ȘI IMPACT	303	THE CADUCEUS: MEANINGS, USES AND IMPACT
<i>Ana POPOVICI, Valentina SVETLICENCO, Alexandru NICUȚĂ, Alina GÎSCĂ</i> MODIFICAREA ACTIVITĂȚII ENZIMEI CATALAZA ÎN FRUNZELE POMILOR DE PRUN ȘI MĂR, ÎN DEPENDENȚĂ DE GENOTIP ȘI CONDIȚIILE DE CREȘTERE	309	MODIFICATION OF THE ENZYME CATALASE ACTIVITY IN THE LEAVES OF PLUM AND APPLE TREES, DEPENDING ON THE GENOTYPE AND GROWING CONDITIONS
<i>Anatolie TĂRÎȚĂ, Aureliu OVERCENCO, Anna COMARNIȚCHI</i> REZERVAȚIILE DE RESURSE DE SOL DIN ZONA DE NORD A REPUBLICII MOLDOVA – MONUMENTE NATURALE VALOROASE PROTEJATE DE STAT	314	SOIL RESOURCE RESERVES IN THE NORTHERN PART OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA – VALUABLE NATURAL MONUMENTS PROTECTED BY THE STATE

MODIFICĂRILE HOMEOSTAZIEI SISTEMULUI CARDIOVASCULAR LA EFORT FIZIC ÎN TIREOTOXICOZA DIFUZĂ

Iurie BACALOV, Aurelia CRIVOI, Elena CHIRIȚA, Adriana DRUȚA,

Universitatea de Stat din Moldova

În ultimii zece ani în Moldova s-a estimat o creștere a patologiilor cronice. Printre aceste boli s-a remarcat și patologia glandei tiroide, determinată de starea ecologică, ca consecință a poluării mediului cu deșeuri chimice și a deficitului de iod.

Nivelul concentrației ionilor de sodiu și potasiu în sânge în stadiile inițiale ale tireotoxicozei difuze se modifică nesemnificativ, însă la bolnavii de tireotoxicoză difuză asociată cu aritmii fibrilare aceste modificări sunt mai vădite. În toate stadiile tireotoxicozei s-a constatat un conținut mărit al hormonilor tiroidieni. Evoluția tireotoxicozei difuze a constatat modificări în activitatea cardiacă, ce vizează sporirea gradului tensionării mecanismelor de reglare și diminuarea rezervelor funcționale ale organismului. Coeficientul rezervelor funcționale diminuat indică diminuarea posibilităților adaptative ale organismului și a „debitului fiziologic”.

Cuvinte-cheie: *tireotoxicoză, sistem cardiovascular, epidemiologie, maladiile glandei tiroide, iod, efort fizic.*

THE MODIFICATIONS OF CARDIOVASCULAR SYSTEM HOMEOSTASIS DURING PHYSICAL EFFORT IN DIFFUSE THYROTOXICOSIS

In the past ten years, Moldova has seen a rise in chronic pathologies. Among these diseases, thyroid gland pathology has stood out, influenced by the ecological state, as a consequence of environmental pollution with chemical waste and iodine deficiency.

The concentration level of sodium and potassium ions in the blood is minimally altered in the early stages of diffuse thyrotoxicosis. However, in patients with diffuse thyrotoxicosis associated with fibrillatory arrhythmias, these changes are more noticeable. In all stages of thyrotoxicosis, an increased level of thyroid hormones has been observed. The evolution of diffuse thyrotoxicosis shows changes in cardiac activity, which involve the increased tension of the regulatory mechanisms and the reduction of the functional reserves of the body. A reduced functional reserve coefficient indicates a decrease in the body's adaptive capacity and its „physiological output”.

Keywords: *thyrotoxicosis, cardiovascular system, epidemiology, thyroid gland diseases, iodine, physical exertion.*

Introducere

Incidența maladiilor glandei tiroide în rândul populației diferitor țări oscilează între 2% și 11%. În Republica Moldova în ultimii ani, de asemenea, s-a remarcat o tendință de creștere a acestor boli. Toate acestea argumentează actualitatea și necesitatea studierii funcției și patologiei glandei tiroide. Depistarea formelor clinice accentuate a patologiei glandei tiroide nu prezintă, de obicei, dificultăți, chiar dacă nu întotdeauna se estimează toate manifestările clinice ale tireotoxicozei sau hipotireozei. Cu regret, prezența unei hipotireoze vădite, mărirea glandei tiroide, sau alte simptome ale tireotoxicozei atestă deja o formă avansată a bolii. Este mai dificil de a depista formele atipice ale hipertireozei, care în stadiile inițiale se aseamănă mult cu hipertonia, reumatismul, tuberculoza etc. Astfel, diagnosticarea patologiei glandei tiroide numai în baza simptomelor clinice este dificilă [1, 2].

Printre cauzele tireotoxicozei pe prim plan se evidențiază traumele psihice. Încă S. Botchin scria, că influența momentelor psihice nu numai asupra evoluției, dar și derulării maladiei este incontestabilă. Acest detaliu oferă posibilitate clinicilor de a privi boala lui Basedov ca o patologie de geneză cranio-cerebrală. La 80% din pacienții cu tireotoxicoză în anamneză figurează traume psihice acute și cronice. Un argument al rolului traumei psihice în apariția tireotoxicozei sunt cazurile apariției bolii în decurs de câteva zile sub influența emoțiilor negative puternice.

Uneori tireotxicoza este de origine ereditară. În favoarea acestui argument vizează depistarea acestei maladii la mai mulți membri ai unei familii, a rudelor apropiate în câteva generații. În literatura de specialitate este descris un caz, în care 11 persoane (8 femei și 3 bărbați) au fost bolnavi de tireotxicoză în cinci generații. La gemenii univitelini a fost estimată o incidență identică a tireotxicozei și a unui titru analogic de anticorpi către glanda tiroidă. Mecanismul ereditar încă nu este studiat, se presupune factorul genetic de caracter recesiv. În practica medicală nu sunt rare cazurile de apariție a tireotxicozei după insolație, în perioada gravidității, perioadei de climacteriu, la bolnavii cu patologie a hipotalamusului. Prin urmare, așa factori stresorici ca abuzul băilor de soare, dezechilibrul endocrinologic pot fi una din primele cauze sau un moment provocator al maladii, mai cu seamă la persoanele predispuse către această boală [3].

Tireotxicoza difuză este o boală autoimună și apare la persoanele cu predispunere genetică. Conform datelor unor autori, se transmite autosomal-recesiv, după opinia altora – pe cale autosomală-dominantă. Probabil, are loc o transmitere poligenică [4, 5].

Simptomele de afectare a sistemului cardiovascular la bolnavii de tireotxicoză difuză dețin unul din caracteristicile principale nu numai în tabloul clinic, dar și determină gradul de dificultate al maladii [6, 7, 8].

Dereglările tireo-cardiace sunt determinate, pe de o parte de sensibilitatea patologică a miocardului către catecolamine, iar pe de altă parte – de excesul de hormoni produși de această glandă. Tulburările metabolice ale miocardului sunt însoțite de destrucții distrofico-metabolice și insuficiență capilară la nivelul țesuturilor. Ca consecință frecventă a tulburărilor metabolice sunt descrise – tahicardia pronunțată, dereglările de ritm cardiac, insuficiență cardiacă și coronară, care mai des se înregistrează în formele grave și medii ale evoluției bolii [9].

Multe studii științifice atestă rolul dereglărilor metabolismului salin în patogeneza „inimii tireotoxice”. Tireotxicoza este însoțită de diminuarea concentrației ionilor de sodiu intra- și extracelular. Creșterea concentrației ionilor de sodiu în celule este însoțită de sporirea conținutului ionilor de calciu intracelular, fapt confirmat de rezultatele cercetărilor la om și animale cu tireotxicoză. Sporirea concentrației ionilor de calciu în fibrele musculare cardiace brusc mărește viteza și amplituda contractilă a lor, și determină mărirea volumului sistolic și a minut volumului cardiac [10]. În tireotxicoză conținutul ionilor de calciu în miofibrilele cardiace este mărit, însă în același timp surplusul hormonilor tiroidieni creează dificultăți în aportul lui la nivel de mitocondrii [11].

În tireotxicoză se înregistrează dereglări ale hemodinamicii. De asemenea, se constată și modificări ale electrocardiogramei (ECG), care sunt induse nemijlocit de tulburările metabolismului electrolitic în miocard și sistemul excitoconducător al inimii. Aceste modificări nu sunt întâmplătoare, deoarece în activitatea cardiacă electroliților le revine un rol determinant. Este cunoscut că la înregistrarea electrocardiogramei în hipokalemie se estimează modificări asemănătoare cu cele din tireotxicoză [12]. La bolnavii cu un conținut de kalium mic în organism tireotxicoza difuză este însoțită de aritmii fibrilare ventriculare, atriale, auriculare etc.

Prin urmare, modificările cardiovasculare sunt determinate de excesul de hormoni tiroidieni și acțiunea lor asupra mușchiului cardiac ceea ce induce dereglări a proceselor metabolice intercelulare și în cele din urmă - la formarea „inimii tireotoxice”.

Tireotxicoza mai frecvent se întâlnește la femei cu vârsta de 20 – 50 ani. Coraportul bolnavilor între femei și bărbați este de 1:5 și 1:7, mai rar la copiii de vârstă preșcolară și adolescenții, cu aceeași prevalență la fetițe. În regiunile cu consum normal de iod din tot numărul de bolnavi cu tireotxicoză – 60-80% revine formei difuze de tireotxicoză.

Reieșind din cele relatate ne-am propus ca scop studierea reactivității sistemului cardiovascular la efort fizic în tireotxicoza difuză.

Pentru realizarea scopului trasat au fost stabilite următoarele obiective de referință: evaluarea incidenței și morbidității tireotxicozei în Republica Moldova; cercetarea reactivității sistemului cardiovascular la efort fizic și estimarea coeficientului rezervelor funcționale în tireotxicoza difuză, precum și evaluarea unor indici fiziologici în evoluția tireotxicozei difuze.

Material și metode de cercetare

Studiul complex al problemelor trasate a fost efectuat în cadrul unui lot experimental de 40 bolnavi cu diagnosticul – tireotxicoză difuză, dintre care 87,5 % (35) femei și 12,5 % (5) bărbați cu vârsta între 26 – 60 ani, în cadrul Spitalului Clinic Republican.

În dependență de exteriorizarea indicilor clinico-fiziologici bolnavii au fost distribuiți în două grupe:

- I grup – a inclus 49% din cei investigați cu o durată a bolii de 3 – 4 ani;
- II grup – a inclus 51% din cei investigați cu o durată a bolii de 5-10 ani și mai mult.

Pacienții din grupul II la rândul lor au fost distribuiți în subgrupe în dependență de modificările activității sistemului cardiovascular:

- bolnavi cu gradul I „inimă tireotoxică” – 19 %;
- bolnavi cu gradul II „inimă tireotoxică” – 24,5 %;
- bolnavi cu gradul III „inimă tireotoxică” – 7,5 %.

În scopul elucidării reactivității sistemului cardiovascular la efort fizic au fost explorați mai mulți parametri: nivelul de hormoni tiroidieni T_3 și T_4 în plasma sanguină, concentrația ionilor de Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , step-testul și înregistrarea activității ritmului cardiac.

Înregistrarea ritmului cardiac s-a efectuat cu ajutorul aparatului „OMEGA-C”, care a permis de a evalua un șir de parametri ai activității sistemului cardiovascular așa ca: frecvența contracțiilor cardiace, tensiunea arterială, analiza complexului ECG – PQRS etc.

Analiza cardiointervalelor ECG în dinamică s-a efectuat cu ajutorul pachetului „Control” elaborat de firma „Conto”. Analiza matematică a ritmului cardiac în fiecare din segmentele cu pasul de 20 secunde evidențiate prin metoda discretă-de lunecare (saltătoare) a înregistrărilor cu o durată de 128 secunde. Perioada de înregistrare 30 minute.

Step-testul este destinat pentru evaluarea reactivității sistemului cardiovascular la efort fizic. Utilajul necesar pentru realizarea probei: o treaptă cu înălțime de 50 cm, cronometru. Metoda constă în următoarele. Efortul fizic constă în ridicare pe treapta cu înălțimea de 50 cm. Ridicare pe această treaptă se efectuează în patru etape: I – piciorul stâng se urcă pe treaptă, II – piciorul drept, III – piciorul stâng se lasă pe podea, IV – piciorul drept se coboară lângă cel stâng. În total 30 de ridicări pe minut în decurs de trei minute.

În poziția verticală picioarele trebuie să fie drepte, trunchiul – în poziție strict verticală. La ridicarea și coborârea de pe treaptă mâinile efectuează mișcările caracteristice din timpul mersului. În timpul probei se poate schimba de câteva ori piciorul cu care pacientul se urcă pe treaptă.

Înainte de efectuarea probei pacientul lua cunoștință de tehnica efectuării efortului fizic.

După efectuarea probei pacientul se odihnește în poziție șezând. Pulsul se determina la 30 sec. a minutului întâi în perioada restabilirii (P). Proba s-a evaluat în baza indicelui Q.

$$Q = T \cdot 100 / 5,5 \cdot P$$

unde: Q – coeficientul rezervelor funcționale; T – timpul efortului în secunde; P – pulsul în primul minut al perioadei de restabilire.

Rezultate obținute și discuții

În ultimii ani în Moldova s-a mărit numărul bolnavilor de tireotxicoză. Despre aceasta atestă datele statistice. Este cunoscut că 80% din cazurile de tireotxicoză însoțesc dezvoltarea tireotxicozei difuze. În așa mod, în Republica Moldova în perioada anilor 2014 – 2023, numărul bolnavilor de tireotxicoză atât în rândul populației adulților, cât și copiilor este în creștere, ceea ce explicăm prin starea ecologică în republică și acțiunea factorului psihogen social.

Ionii monovalenți și bivalenți în organismul joacă un rol important. Ei sunt componentele tuturor țesuturilor, îndeplinesc funcții fiziologice importante precum menținerea constanței presiunii osmotice, menținerea excitabilității neuro-musculare (potasiu, sodiu), asigurarea proceselor de coordonare și troficitate și realizează legătura organismului cu mediul înconjurător (potasiu), iar determinarea conținutului acestor elemente se folosește în scop diagnostic.

Concentrația ionilor de sodiu și potasiu în sânge este unul din indicii stării funcționale a sistemului

cardiovascular. Dereglările metabolismului ionilor de sodiu și potasiu în miocard și sistemul excito-conducător determină apariția tahicardiei, zgomotului sistolic, iar mai apoi ca consecință - hipertrofia cordului.

Rezultatele investigațiilor au estimat, la bolnavii grupului I concentrația ionilor de potasiu de $4,65 \pm 0,23 \text{ mmol/l}$; la reprezentanții grupului II o concentrație de $3,57 \pm 0,33 \text{ mmol/l}$ (fig.1.). La pacienții cu gradul I „inimă tireotoxică” concentrația ionilor de potasiu în plasma sanguină a constituit $4,5 \pm 0,56 \text{ mmol/l}$; la bolnavii de gradul II „inimă tireotoxică” – $3,3 \pm 0,12 \text{ mmol/l}$ și la bolnavii de gradul III „inimă tireotoxică” – $2,9 \pm 0,22 \text{ mmol/l}$ (fig.2.). Concentrația ionilor de sodiu la bolnavii grupului I a estimat valoarea de $147,2 \pm 13,61 \text{ mmol/l}$, iar pentru bolnavii grupului II de $135,7 \pm 7,02 \text{ mmol/l}$ cu unele variații, însă în general în limitele normei.

Rezultatele înregistrate estimează, că indicii metabolismului de potasiu și sodiu oscilează în dependență de gradul de gravitate și durata de evoluție a bolii. Aceasta în primul rând se reflectă asupra metabolismului ionilor de potasiu. Modificările înregistrate sunt mai vădite la bolnavii cu o durată de cinci și mai mulți ani în evoluția maladiei (bolnavii grupului II).

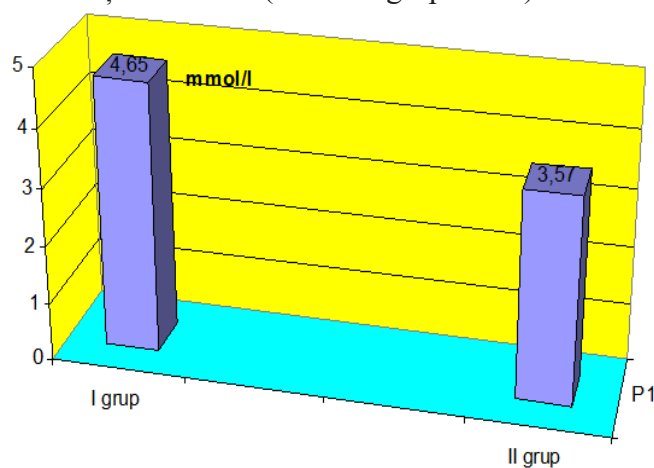


Figura 1. Variațiile concentrației ionilor de potasiu la bolnavi în tireotxicoza difuză

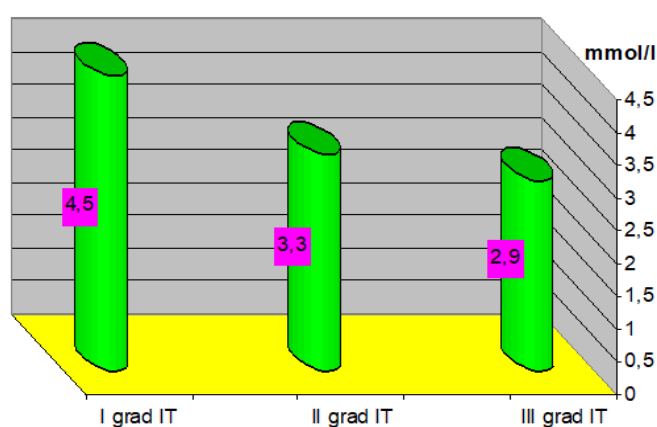


Figura 2. Variațiile concentrației ionilor de potasiu la bolnavii grupului II cu grad diferit a „inimii tireotoxice”

Prin urmare, în baza rezultatelor obținute putem concluziona, că în stadiile inițiale ale tireotxicozei difuze, la bolnavii I-lui grup și la bolnavii cu gradul I „inimă tireotoxică”, concentrația ionilor de sodiu și potasiu în sânge se modifică neesențial. La bolnavii de tireotxicoză difuză cu gradul II și III „inimă tireotoxică”, cu complicații de tipul aritmii fibrilare atriale, ventriculare etc. s-a depistat un conținut al ionilor de potasiu în sânge mai diminuat. Conform datelor literaturii de specialitate indicii ionilor de potasiu la bolnavii de tireotxicoză difuză variază în dependență de gradul de gravitate al bolii [13].

Calciul în organism se găsește sub trei forme: 45–50% – în stare ionizată; 40–45% – sub formă de legături necovalente cu proteinele, iar 5–10% – formează complexe cu anionii. În cazul investigațiilor noastre s-a determinat concentrația totală de calciu, care reprezintă suma celor trei fracții.

Ionii de calciu participă la desfășurarea mai multor procese fiziologice așa ca: transmiterea impulsului nervos, menținerea integrității membranei celulare, activarea proceselor fermentative, participă la procesele de osteogeneză.

Rezultatele cercetărilor au determinat conținutul ionilor de calciu la bolnavii de tireotxicoză difuză (forma ușoară – bolnavii I-lui grup) de $2,36 \pm 0,02 \text{ mmol/l}$; la bolnavii cu un grad mai avansat al bolii „inimă tireotoxică” (reprezentanții grupului II), concentrația ionilor de calciu a fost de $2,63 \pm 0,04 \text{ mmol/l}$. La bolnavii grupului II, deoarece se estimează mai multe grade de evoluție a bolii am decis să exteriorizăm în particular concentrația ionilor de calciu. În așa mod concentrația ionilor de calciu la bolnavii I grad „inimă tireotoxică” a fost de $2,95 \pm 0,03 \text{ mmol/l}$; la 24,5 % – bolnavi gradul II „inimă tireotoxică” a fost de $3,2 \pm 0,04 \text{ mmol/l}$ și la 7,5% bolnavi cu „inimă tereotoxică” de gradul III – de $1,73 \pm 0,05 \text{ mmol/l}$ (fig. 3).

În baza rezultatelor obținute menționăm, că modificarea concentrației ionilor de calciu în sânge la bolnavii de tireotxicoză difuză în forma ușoară estimează variații neînsemnate în limitele normei; la bolnavii cu o formă mai avansată de „inimă tireotoxică” concentrația ionilor a oscilat în dependență de gradul de gravitate al bolii. La bolnavii cu „inimă tireotoxică” de gradul I și II concentrația ionilor de calciu a depășit limitele normei, care presupunem că a și determinat modificări la nivelul cordului. Conform datelor literaturii, creșterea concentrației ionilor de calciu se răsfrânge asupra vitezei și amplitudei de contracție a inimii, determină mărirea volumului sistolic și minut-volumului cardiac [14]. La bolnavii cu gradul III „inimă tireotoxică” concentrația ionilor de calciu s-a înregistrat mai diminuată decât limitele normei. Presupunem, că această diminuare este determinată de particularitățile etative, precum și de modificările patologice – insuficiență cardiacă, hipertirioză.

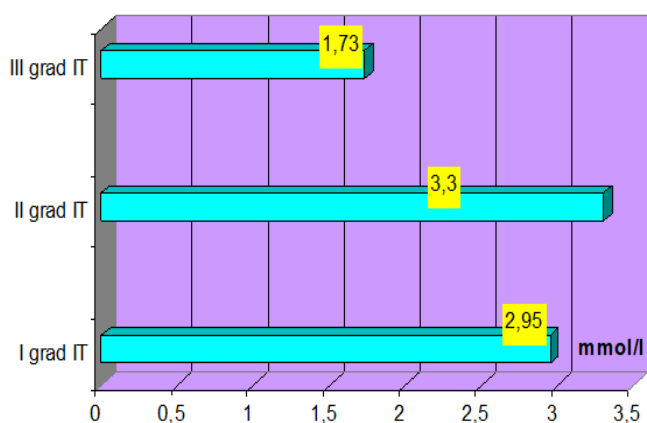


Figura 3. Variațiile concentrației ionilor de calciu în plasma sanguină în tireotxicoza difuză cu diferit grad „inimă tireotoxică”

Prin urmare, în baza celor relatate concluzionăm, variațiile concentrației ionilor de calciu în tireotxicoza difuză sunt în dependență de gradul de gravitate al bolii și vârstă bolnavului.

Triiodtironina (T3) și tiroxina (T4) sunt hormoni ai glandei tiroide ce conțin iod. Triiodtironina din punct de vedere fiziologic este mai activă decât tiroxina, însă concentrația ei în plasma sanguină este de 20 de ori mai mică. Funcția acestor hormoni constă în intensificarea reacțiilor oxidative și a proceselor proteolitice. Mai cu seamă se activează procesele oxidative la nivelul mitocondriilor, ce determină intensificarea metabolismului energetic și plastic. Din punct de vedere diagnostic, determinarea concentrației hormonilor tiroidieni T3 și T4 în plasma sanguină prezintă un

mare interes în patologia glandei tiroide și evident că și în tireotxicoza difuză.

Datele obținute în cadrul cercetărilor (tabelul 1), atestă că în marea majoritate a cazurilor de tireotxicoză difuză sau în etapele incipiente a evoluției bolii se mărește concentrația de T3 și T4. Însă ținem să menționăm, că nu s-a stabilit o corelație între nivelul de hormoni în plasma sanguină și manifestările clinice ale tireotxicozei difuze. Probabil, aceasta este determinat de faptul că nivelul de hormoni tiroidieni extracelulari nu corespunde cu nivelul lor intracelular.

Tabelul 1. Concentrația hormonilor tiroidieni la bolnavi de tireotxicoză difuză

Grupul	Gradul IT	T3 nmol/l	T4 nmol/l
I	-	3,45±0,34	134,50±10,24
II	I	5,41±0,39	212,58±23,12
	II	6,01±0,04	232,78±34,06
	III	12,89±0,64	498,30±34,04

În așa mod datele obținute atestă, că determinarea concentrației de hormoni T3 și T4 în sânge permite de a confirma diagnosticul de tireotxicoză difuză.

Diminuarea posibilităților adaptative ale organismului ca unul din factorii de risc a dezvoltării bolii este în legătură cu micșorarea valorilor fiziologice, posibil chiar și din cauza epuizării rezervelor funcționale [15, 16, 17].

Întrucât în calitate de sistem fiziologic de conducere, care determină posibilitățile adaptative a organismului, evidențiem sistemul cardiovascular, evident că este vorba de rezervele funcționale a acestui sistem, inclusiv și a rezervelor de reglare a lui. Din gama diversă a testelor de încărcare (efort) ne-am decis să aplicăm step-testul, datorită simplității lui de realizare și starea clinică a bolnavilor.

Pentru aprecierea rezervelor funcționale a sistemului cardiovascular am aplicat step-testul care prevedea determinarea pulsului până la și după efortul fizic. În dependență de arsenalul rezervelor inimii și mecanismelor de reglare a activității funcționale se produc modificări a funcționării sistemului circulator. În cazul unor resurse bogate de rezerve funcționale, în cazul depozitului sporit a posibilităților adaptative se estimează modificări vădite a tensiunii arteriale, mai cu seamă sistolice [18].

În stabilirea unui anumit nivel a funcționării sistemului circulator și mobilizarea rezervelor funcționale deosebit de importante se evidențiază mecanismele de reglare, starea cărora este bine reflectată de indicii variabilității ritmului cardiac [19, 20, 21]. Step-testul este unul din metodele informative de evaluare a reactivității sistemului cardiovascular la efort fizic. Dacă mecanismele de reglare nu posedă un substrat energetic al rezervelor funcționale suficient sau este prezentă insuficiență circulatorie, atunci efortul fizic în timpul probei step devine un factor stresant. Dependența dintre rezervele funcționale și activitatea mecanismelor de reglare foarte bine se exprimă în procesul de evoluție al unei boli, în cazul nostru al tireotoxicozei difuze.

Apariția și dezvoltarea tireotoxicozei difuze este însoțită de diminuarea posibilităților adaptative ale organismului [22]. Aceasta se manifestă prin micșorarea rezervelor funcționale, tensionarea mecanismelor de reglare a sistemelor funcționale și modificarea nivelului funcțional a sistemului cardiovascular.

Rezultatele testării potențialului rezervelor funcționale ale organismului la bolnavii de tireotoxicoză difuză a estimat la 49% din bolnavi un coeficient al rezervelor fiziologice de $86,3 \pm 2,35$ unități convenționale.

Acești bolnavi necesită să depună un efort nu prea mare pentru a se adapta la condițiile de existență, de relaxare. Debitul (puterea, intensitatea) rezervelor sistemului cardiovascular constituie un depozitul sigur în cazul înrăutățirii evoluției maladiei, datorită cărui fapt, nivelul ei inițial se micșorează. Activitatea curentă a organismului întotdeauna este legată de consumul rezervelor, însă în același timp se estimează și completarea lor. La bolnavi în stadiul incipient al bolii se constată variații neînsemnate a indicilor fiziologici, în limitele unui diapazon al normei (tab. 2).

Tabelul 2. Rezultate step-testului

Grupul	Gradul gravității bolii	Coeficientul rezervelor funcționale (un. conv.)
I	Foma ușoară a tireotoxicozei difuze	$86,3 \pm 2,35$
II	Inimă tireotoxică gr. I	$69,8 \pm 3,48$
	Inimă tireotoxică gr. II	$58,2 \pm 4,23$
	Inimă tireotoxică gr. III	$48,7 \pm 1,67$

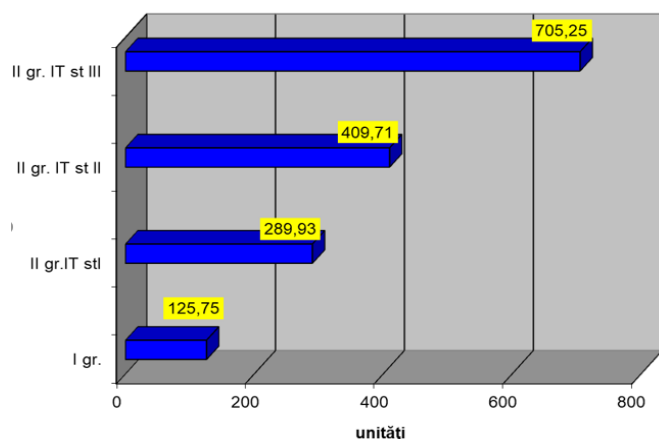


Figura 4. Indicele ce reflectă tensionarea mecanismelor de reglare a activității cardiace

După cum putem observa (fig. 4.) în timpul efortului brusc (subit) diminuează „debitul fiziologic”, se micșorează rezistența organismului la acțiunea factorilor stresogeni. Conform datelor literaturii [24] cu cât gradul de tensiune (încordare) a proceselor de reglare este mai mic la un anumit nivel de funcționare, cu atât mai mare este potențialul rezervelor funcționale. În cazul nostru indicele tensionării pentru primul grup de pacienți a fost de $125,75 \pm 75,61$, pentru reprezentanții grupului II cu I grad „inimă tireotoxică” – $289,93 \pm 99,33$, gradul II „inimă tireotoxică” – $409,71 \pm 103,66$ și gradul III „inimă tireotoxică” – $705,25 \pm 87,33$ UC (fig. 4).

Odată cu avansare gravității tireotxicozei difuze se constată creșterea gradului de tensionare (încordare) a mecanismelor de reglare, cea ce vizează diminuarea rezervelor funcționale ale organismului, ce se manifestă prin modificări cardiace. Ca consecință a hiperstimulării nervoase și endocrine în condițiile deficitului energetic și hipoxiei, inima efectuează un efort destul de încordat. În favoarea acestor date se estimează coeficientul rezervelor funcționale constatat la 19% din bolnavi cu I grad „inimă tireotoxică” și 24,5% bolnavi de gradul II „inimă tireotoxică”.

La acești bolnavi s-a stabilit un grad înalt al funcționării sistemului cardiovascular, care și atestă tensionarea mecanismelor de reglare a sistemului circulator. Diminuarea coeficientului rezervelor funcționale până la $58,2 \pm 4,23$ UC atestă diminuarea posibilităților adaptative ale organismului, respectiv micșorarea „debitului fiziologic”.

Este cunoscut, că unul din mecanismele patogene de bază a „inimii tireotoxice” este suprasolicitarea hemodinamică, sporirea funcțională, care se estimează prin intensificarea frecvenței contracțiilor cardiace mai ales la bolnavii cu gradul III „inimă tireotoxică”. La ei (7,5%) coeficientul rezervelor funcționale s-a stabilit de $48,7 \pm 1,67$ UC, ce atestă adaptarea negativă a organismului ca răspuns la progresarea bolii, probabil din cauza epuizării rezervelor funcționale.

În așa mod, în rezultatul duratei îndelungate a bolii și suprasolicitării funcționale a mecanismelor compensatorii de apărare are loc diminuarea „arsenalului” rezervelor funcționale și agravarea evoluției bolii.

Diminuarea posibilităților adaptative ale organismului ca unul din factorii determinanți ai riscului dezvoltării tireotxicozei difuze sunt în legătură cu diminuarea, probabil chiar și cu epuizarea rezervelor funcționale, ce atestă micșorarea rezistenței organismului la acțiunea factorilor stresogeni.

Concluzie

În Republica Moldova în ultimii ani, numărul bolnavilor de tireotxicoză atât în rândul populației adulților, cât și copiilor este în creștere, determinat de starea ecologică, acțiunea factorilor informaționali și factorului psihogen social. Nivelul concentrației ionilor de sodiu și potasiu în sânge în stadiile inițiale ale tireotxicozei difuze se modifică nesemnificativ (potasiu 4,65 mmol/l, sodiu 146,2 mmol/l), însă la bolnavii de tireotxicoză difuză asociată cu aritmii fibrilare (atriale, ventriculare etc.) aceste modificări sunt mai vădite. Concentrația ionilor de calciu în sânge la bolnavii de tireotxicoză difuză se modifică în dependență de gradul de gravitate al bolii și de vârstă. În toate stadiile tireotxicozei s-a constatat un conținut mărit al hormonilor tiroidieni. Odată cu evoluția tireotxicozei difuze se constată modificări în activitatea cardiacă, ce vizează sporirea gradului tensionării mecanismelor de reglare și diminuarea rezervelor funcționale ale organismului. Coeficientul rezervelor funcționale diminuat ($47,7$ UC) indică diminuarea posibilităților adaptative ale organismului și a „debitului fiziologic”. Evaluarea indicelui rezervelor funcționale, constituie una din metodele informative a prognozării stării funcționale a organismului și evoluției tireotxicozei difuze.

Bibliografie:

1. CRIVOI A., LEȘANU M., BACALOV I.U., KAHOVSKAIA I., BULIMAGA V., CIOCÂRLAN V. *Substanțe biologice active ca bază a valorificării biotehnologiilor moderne în modularea și adaptarea proceselor metabolice ale organismelor vii*. Chișinău, CEP USM, 2019, 200 p. ISBN 978-9975-149-66-2.
2. CRIVOI A., BACALOV I.U., CHIRIȚA E., DRUȚA A., BÎRSAN A., ILIEȘ A., PARA I., SUVEICĂ L., CIOCÂRLAN V. *Modularea statusului imunitar cu ajutorul principiilor bioactive naturale pentru prevenirea și profilaxia infecțiilor acute în contextul pandemiei COVID-19*. Material științifico-didactic. Chișinău, CEP USM, 2021. 148p. ISBN 978-9975-158-25-1.
3. БАЛАБОЛКИН М. И. *Патогенез аутоиммунных заболеваний щитовидной железы (лекция)*. Пробл. эндокринологии т. XXXII, 1986, N 6, с. 35-40.
4. БАЕВСКИЙ Р. М., Барсенева А. П. *Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний*. Москва, 1997, с. 19-37.
5. ГЕРАСИМОВ Г. А., МЕЛЬНИЧЕНКО Г. А., ФЕДАК И. Р. *Проблемы эндокринологии*. Россия, 1997, №1, с. 28-31.

6. AKSELROD S., MADWED J. et al. *Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. Am. J. Physiol.*, 1985, 249: H 867-75.
7. БРЕХМАН И. И., НИКИТИН Д. П. *Справочник кардиолога*. Москва, 1990, с. 122-146.
8. ГЕРАСИМОВ Г. А., ПЕТУНИНА Н. А., ПАВЛОВА Т. А., ТРУХИНА Л. В. *Проблемы эндокринологии*. Россия, 2001, №4, с. 38-40.
9. КАЛЮЖНЫЙ И.Т., СПЕСИВЦЕВА В.П., СУЛТАНОЛИЕВА Р.Б. *Диффузный токсический зоб*. Минск, 1994, с. 39-54.
10. ОЛЕЙНИК В. А., СОЛОГУБ Н. В. *Методические рекомендации практическим врачам*. Киев, 1990, с. 36-38.
11. VOLPE R., Suppressor T- lymphocyte dysfunction is important in the ptogenesis of autoimmune thiroid disease. *Thiroid* 1993, p. 345-350.
12. ЛИТВИНЕНКО А. Ф., ОЛЕЙНИК В. А. И др. *Методические рекомендации по клинко-инструментальных возможностях при диагностике «тириотоксического сердца»*. Киев, 1989, с. 19-37.
13. АЛЕКСЕЕНКО И. Ф., КУДАЕРОВ Д. К. *Популярная эндокринология*. Москва, 1996, с. 342.
14. КАЗАРЯН Г. А. АРУТЮНЯН В. М. *Диагностика и лечение заболеваний щитовидной железы*. Ереван, 1990, с. 115-118.
15. ФАДЕЕВ В. В., АБРАМОВ Н. А., ПРОКОФЬЕВ С. А., ГИТЕЛЬ С. П., МЕЛЬНИЧЕНКО И. И. *Проблемы эндокринологии*. Москва, 2005, том 4, с. 10.
16. ДЕДОВ И. И., ГЕРАСИМОВ Г. А., СВИРИДЕНКО Н. Д. *Йодифицитные заболевания*. Москва, 1999, с. 75-78.
17. АГАДЖАНЯН Н. А. *Адаптация и резервы организма*. М.: Физкультура и спорт, 1983, с.175-176.
18. ЧИРКИН А. А. *Клинический анализ лабораторных данных*. Москва, 2004, с. 23, 45-47.
19. СОЛОДКОВ А. С. *Функциональные резервы организма при адаптации к трудовой деятельности*. Москва, 2002, с. 56-78.
20. АЛИПОВ Д. А., ЗАЙЦЕВА Н. Д. «Развитие функциональных резервов организма при перекрестной адаптации// *Функциональные резервы и адаптация*» Киев, МВДУРС, 1990, с. 129-132.
21. СОЛОДКОВ А. С. *Функциональные резервы организма*. Москва, 1983, с. 68-69; 148-153.
22. КАМАТН М., FALLUM E. *Power spectral analzsis of heart rote variabilitz: a noninvasive signature of cardiac autonomic function Crit Revs Biomed Eng.*, 1993, 21: 245-311.

N. B. Subprogram de cercetare cu cifrul 011001 „Механизмеle de reglare a homeostaziei organismului și a sănătății și elaborarea procedeelor și măsurilor de menținere a ei”.

Date despre autori:

Iurie BACALOV, doctor în științe biologice, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1651-9056

E-mail: iurabacalov@mail.ru

Aurelia CRIVOI, doctor habilitat, profesor universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1917-1278

E-mail: crivoi.aurelia@mail.ru

Elena CHIRIȚA, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9717-8133

E-mail: chiritaelena30@gmail.com

Adriana DRUȚA, master în științe biologice, cercetător științific, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5961-6518

E-mail: druta.adriana@yahoo.com

IMPACTUL POLUĂRII SOLULUI ASUPRA HOMEOSTAZIEI ORGANISMULUI (Articol de sinteză)

Aurelia CRIVOI, Iurie BACALOV, Elena CHIRIȚA, Adriana DRUȚA,
Universitatea de Stat din Moldova

O importanță deosebită pentru sănătatea populației o reprezintă calitatea solului în zona de trai. Pe parcursul ultimelor decenii sunt înregistrate degradări intensive ale fondului funciar ca rezultat al gestionării incorecte a acestuia, defrișări masive, poluări cu substanțe toxice și deșeuri. Acest lucru a dus la creșterea poluării solului cu agenți patogeni, ceea ce s-a răsfrânt negativ și asupra sănătății populației. Ca rezultat în zonele unde a crescut contaminarea solului s-a majorat numărul de cazuri de morbiditatea maladiilor diareice acute și a celor parazitare. Calitatea și fertilitatea solurilor au fost grav afectate de explorările agricole mari ecologic nesuținute, bazate pe tehnologiile intensive cu folosirea excesivă a fertilizatorilor chimici, a pesticidelor și erbicidelor. În unele cazuri prejudiciile aduse mediului de activitățile antropogene sunt ireversibile. Deci degradarea mediului întotdeauna este însoțită de apariția diferitor factori cu impact negativ asupra florei, faunei și ca reacție de răspuns asupra omului.

Cuvinte-cheie: sănătate, organism uman, poluarea mediului, solul, exces, elemente chimice, pesticide.

THE IMPACT OF SOIL POLLUTION ON ORGANISM HOMEOSTASIS (A synthesis article)

The quality of the soil in residential areas is of significant importance for public health. Over the past few decades, intensive degradation of land resources has been recorded as a result of improper management, large-scale deforestation, pollution with toxic substances, and waste. This has led to an increase in soil pollution with pathogens, which has negatively affected public health. As a result, in areas where soil contamination has increased, there has been a rise in morbidity related to acute diarrheal diseases and parasitic infections. The quality and fertility of soils have been severely affected by large-scale, ecologically unsustainable agricultural practices, based on intensive technologies with excessive use of chemical fertilizers, pesticides, and herbicides. The intense exploitation of nature directly leads to the degradation of its components. Therefore, environmental degradation is always accompanied by the emergence of various factors that have a negative impact on flora, fauna, and, in response, on humans.

Keywords: health, human organism, environmental pollution, soil, excess, chemical elements, pesticides.

Introducere

Organismul uman este influențat de o mulțime de factori interdependenți de origine naturală (fizici, chimici, biologici, psihogeni) și socioeconomică (condițiile de activitate, de trai, alimentația, specificul procesului instructiv-educativ) care determină sănătatea lui. Mediul înconjurător este un factor cu un impact deosebit asupra stării de sănătate, influențând etiologia unor maladii, cum ar fi: afecțiunile respiratorii, cronice, cardiovasculare, alergice, endocrine, de metabolism și nutriție, boli psihice. În acest grup de determinanți ai stării de sănătate trebuie să se ia în considerare: calitatea aerului, a apei, solului, a alimentelor, a locului de muncă, de trai [1, 2].

Fiind unul dintre elementele principale ale mediului extern, solul și stratul său superficial – fertil influențează considerabil sănătatea și condițiile sanitare de trai al oamenilor. Insuficiența sau excesul unor elemente chimice în sol se răspândește asupra componenței produselor alimentare, apei, astfel influențând sănătatea populației. Radioactivitatea sporită a solului și a rocilor muntoase în anumite regiuni duce la creșterea radioactivității aerului, apei potabile, plantelor, sporind fondul natural al radiației ionizante.

În urma descompunerii substanțelor organice în sol se formează gaze, care, la rândul lor, poluează aerul. Aceste substanțe organice servesc ca nutriție pentru unii microbi patogeni la larvele insectelor – traficanti de boli contagioase. De asemenea, în sol se dezvoltă microorganisme, paraziți, care prezintă pericol pentru sănătate.

Solul, la fel ca aerul și apa, este un factor de mediu cu influență deosebită asupra sănătății, ce se află în strânsă corelație cu clima unei regiuni, atât prin configurația, natura și structura lui, precum și constituie un factor important în răspândirea unui număr tot mai mare de boli ca urmare a poluării sale. Impactul solului poluat asupra sănătății umane se exercită, în primul rând, ca urmare a poluării sale biologice [3]. Sănătatea solului reprezintă capacitatea acestuia de a funcționa ca un ecosistem viu care poate susține plantele, animalele și oamenii. Diferiți factori pot genera un sol sănătos, mai rezistent la dăunători, boli și care poate modifica calitatea produselor alimentare, influențând sănătatea umană.

Problema rolului solului pentru sănătatea populației a trezit interes încă din antichitate. Hipocrate în lucrarea sa „Despre aer, apă și sol”, menționa că solul este factorul principal care influențează starea de sănătate a populației. Epidemiile au fost legate de așa proprietăți ale solului precum compoziția lui chimică, nivelul apelor freatice, cantitatea substanțelor organice. Deci, toți compușii solului din punct de vedere igienic și fiziologic sunt importanți pentru sănătatea umană.

Importanța solului pentru sănătate este asigurată practic de toate elementele sistemului periodic al lui D.I.Mendeleev [4], care intră în componența lui. Unele elemente ce se conțin în sol în cantități foarte mici (microelemente), joacă un rol considerabil în apariția bolilor endemice (fluoroza, gușa endemică), etc.

Agricultura contemporană contribuie la poluarea solului cu pesticide, îngrășăminte minerale, stimulatori de creștere ai plantelor. Surse de poluare a solului sunt și sistemele de canalizare a localităților, întreprinderilor industriale, care facilitează pătrunderea în el a hidrocarburilor aromatice policiclice, apelor reziduale industriale și menajere, reziduurilor de la întreprinderile industriale și de transport.

Printre pericolele potențiale ale eliminării necontrolate de deșeuri menționăm:

- poluarea solului și apei prin infiltrarea de substanțe periculoase și contaminarea apelor de suprafață și freatice, care au efect direct asupra apei potabile. De asemenea, gropile de gunoi menajer duc și ele naștere la infiltrații care conțin materiale organice, amoniac, metale grele și alte substanțe toxice;
- emisiile de metan în atmosferă provenite de la gropile de gunoi contribuie la încălzirea globală. Formarea unui amestec exploziv de metan și aer a fost cauza multor incendii și explozii, soldate cu numeroase victime;
- cenușa generată de incineratoare este de asemenea, toxică;
- moștenirea unor terenuri contaminate prin depozitarea reziduurilor, creează probleme legislative complexe și determină riscuri serioase pentru sănătate și mediu.

Conform datelor statistice în ultimii ani formarea deșeurilor în Republica Moldova este în creștere. Dacă în anul 2001 volumul total de deșeuri menajere solide constituia 6,0 mil. m³, atunci la finele anului 2009 acest volum a constituit 45 mil. m³. Anual la depozite sunt transportate 1,5-2,0 mil. de tone de deșeuri menajere solide. Fiecare cetățean generează anual circa 450 kg de deșeuri menajere. Cantitatea de deșeuri este în continuă creștere, iar compoziția este extrem de diversă: de la resturi alimentare, materiale plastice, până la hârtie, sticlă și cenușă, ceea ce vizează înconștiența populației [5].

În ultimii ani în Republica Moldova se constată tot mai multe cazuri de emisii de dioxine și furani, poluări cu particule, hidrocarburi aromatice policiclice, compuși organici volatili, monoxid de carbon și altele, astfel încât arderea deschisă a lor prezintă un pericol pentru sănătate și mediu. Toate cele relatate impun necesitatea unor măsuri de protecție a mediului, care vor facilita îmbunătățirea calității vieții și sănătății populației. Fiecare om trebuie să realizeze și să accepte, să își asume responsabilitatea privind impactul pe care activitatea lui o are asupra planetei.

Astfel, starea mediului înconjurător este pe an ce trece tot mai îngrijorătoare atât la nivel global (stratul de ozon este mai subțire, numeroase specii de plante și animale au dispărut sau pe cale să dispară, efectul de seră se accentuează), cât și la nivel local (spațiile împădurite se reduc, solurile agricole se degradează, apa mai poluată, mormanele de deșeuri se măresc). Se poate afirma că țările cele mai dezvoltate și cele în curs de dezvoltare produc cantități mari de deșeuri și poluanți, consumă cantități mari de energie și resurse naturale.

Solul influențează asupra sănătății și condițiilor de viață ale populației indirect. În primul rând, prin plante, care sunt produse alimentare pentru oameni. În al doilea rând, prin apă pe care o îmbogățesc cu elemente chimice necesare sau o impurifică cu poluanți chimici și cu microorganisme. Solul poate transmite la om mai multe maladii infecțioase. Încă din antichitate oamenii deosebeau soluri sănătoase și nesănătoase [6]. Sănătoase se considerau localitățile de pe locuri înalte, uscate și insolate, iar nesănătoase cele situate în văgăuni reci, inundate, umede, cu ceață frecventă, unde bântuiau diferite maladii. De aceea, pentru asigurarea sănătății are o mare importanță alegerea corectă a solului pentru construirea locuințelor.

Solul este un element al mediului care prin conținutul sporit sau carențial de microelemente poate deregla sănătatea umană. Acestea provoacă schimbări ale compoziției apei și plantelor (produsele alimentare), care nimerind în organismul uman (și al animalelor), pot dezvolta unele boli endemice.

În Republica Moldova sunt răspândite mai multe boli endemice. În primul rând, în solul țării noastre conținutul de iod este scăzut. Ca rezultat conținutul de iod este redus în plante și produsele alimentare de origine vegetală, animală, în apă. În rația alimentară a locuitorilor este o carență de iod, care provoacă dezvoltarea gușei endemice, deoarece are loc o sinteza insuficientă a hormonilor tiroidieni care conțin iod [7]. În Republica Moldova deficitul de iod în organismul uman prezintă o problemă importantă a sănătății publice, manifestată prin retard mintal, diverse afecțiuni neurologice, gușă endemică. Circa 37 % din numărul copiilor de 8-10 ani au gușă palpabilă sau vizibilă, condiționată de insuficiența iodului în alimentație. Circa 90 % din consecințele carenței de iod rămân neevidențiate, manifestându-se prin avorturi spontane și nașteri premature, anomalii congenitale, mortalitate perinatală și infantilă sporită, cretinism congenital neurologic, retard în dezvoltarea fizică și mintală, capacități cognitive reduse.

Gușa endemică este răspândită în toată lumea. Conform datelor Organizației Mondiale a Sănătății, peste 1,5 miliarde de locuitori de pe Terra suferă de maladii asociate cu insuficiența de iod, 655 mln. au hiperplazia glandei tiroide, 43 mln. – retard mintal exprimat.

O altă boală endemică determinată de compoziția solului este fluoroza. Fluorul din sol trece în apa subterană, în plante, ulterior în organismul uman. În Republica Moldova sunt zone cu surplus de fluor (raioanele Fălești, Ungheni, Călărași) și zone cu carență de fluor (majoritatea raioanelor). Fluorul în exces afectează sistemul osos, facilitând fractura lor, contribuie la dezvoltarea cancerului oaselor, infertilității. Carența fluorului în sol contribuie și la dezvoltarea cariei dentare, care conform datelor OMS, se atestă la 8 din 10 moldoveni, care suferă de această boală.

Biomasa reprezintă componenta organică a naturii care conține elemente chimice naturale endogene ce se conțin, de regulă, în sol. Poate conține și substanțe exogene, ceea ce duce la intoxicarea oamenilor și animalelor care au folosit această biomasă în alimentație. O astfel de intoxicație este cea cu seleniu (selenoza). Seleniul este un biomicroelement, care normal se conține în sol și obligator trebuie să pătrundă în organismul uman, cantitatea fiziologică optimală zilnică fiind egală cu 0,05-0,2 mg [8]. Sunt plante în care se pot acumula până la 5000 mg/kg de seleniu. Folosirea acestei biomase cultivate pe solurile alcaline a provocat intoxicație la oameni și pieiri în masă ale animalelor.

În unele zone ale lumii cu un conținut carențial de seleniu în sol, în produsele vegetale, populația din aceste zone frecvent suferă de cardiopatie endemică. Boala se manifestă prin dilatarea cavităților cardiace, aritmie, decompensare cardiacă, uneori tromboembolia vaselor sangvine, ciroză hepatică, dereglări ale mușchilor scheletali cu mortalitate înaltă. Deficitul de seleniu în alimentație este un factor de risc major pentru apariția cancerului hepatic – de 5-10 ori mai mare decât în cazul consumului normal de Se. De aceea în unele țări s-au elaborat programe speciale de suplimentare a produselor alimentare cu seleniu.

În zonele cu conținut sporit în sol de microelemente (stronțiu, fier, mangan, zinc, plumb, argint, fluor) și un conținut carențial de calciu este răspândită de formarea articulațiilor șoldului și coloanei vertebrale. Este răspândită mai frecvent la copii și adolescenți. A fost constatată și o legătură între nivelul conținutului de arsen în soluri și cazurile de cancer gastric, între conținutul de molibden și cazurile de cancer de esofag. S-a demonstrat, că deficitul de microelemente esențiale contribuie la cumulara în organism și acțiunea toxică a plumbului, nichelului, cadmiului și altor microelemente. Aceasta creează condiții favorabile pentru dezvoltarea bolilor netransmisibile, inclusiv a tumorilor [9].

Teritoriile terestre sunt influențate de activitatea intensivă de producere și folosirea diferitor pesticidelor, îngrășăminte minerale, stimulatori de creștere a plantelor, cât și de pătrunderea în sol a deșeurilor industriale, apelor reziduale și reziduurilor solide. Populația, care locuiește un timp îndelungat în aceste zone, este supusă influenței nefavorabile a acestor substanțe. Ca rezultat se înregistrează un nivel înalt de morbiditate a populației, anomalii congenitale și de dezvoltare fizică și psihică. Au loc nu doar consecințe îndepărtate (intoxicații cronice) asupra stării de sănătate, dar și cazuri de intoxicații acute, în special, la efectuarea lucrărilor manuale și mecanizate pe câmpurile agricole, pe sectoarele de lângă casă, în livezi tratate cu pesticide, cât și pe terenurile poluate cu substanțe chimice exogene, provenite de la deșeurile atmosferice ale întreprinderilor industriale și reziduurile lor. Un exemplu este poluarea solului cu arsen cu manifestări de căderea părului, neurită, paralizie, dereglarea văzului, afectarea ficatului, multiple decese.

Alt exemplu este poluarea solului cu fluor și plumb din contul deșeurilor industriale, ceea ce contribuie la acumularea fluorului în plante, iar apoi la dezvoltarea fluorozii la oamenii, care se alimentează cu legumele cultivate pe acest sol. Se înregistrează dereglări ale hematopoiezei la copii, metabolismului fosforului și calciului, boli de ficat și de rinichi, gastrite acute. Legumele, cultivate pe acest sol, conțin plumb în concentrații ce depășesc de 3-5 ori limitele admisibile [10].

Poluanți ai solului sunt și nichelul, mercurul. Conținutul excesiv de nichel în sol contribuie la sporirea morbidității populației prin schizofrenie, cancer pulmonar, cancer gastric. Conținutul sporit de mercur contribuie la sporirea frecvenței morbidității populației prin maladiile sistemelor nervos și endocrin, organelor urogenitale la bărbați, reduce fertilitatea.

În urma pătrunderii plumbului în sol, ulterior și în organismul uman, se înregistrează schimbări patologice în sistemele de hematopoieză și de reproducere, în organele cu secreție internă, creșterea incidenței tumorilor de orice localizare. Efecte nefavorabile pot provoca și așa microelemente din sol ca borul, vanadiul, taliul, wolframul. În Republica Moldova în perioada anilor 2010-2014 numărul de produse de uz fitosanitar utilizate în agricultură a ajuns la 830.

În produsele alimentare de origine vegetală, în special, în struguri, castraveți, cartofi, mere, roșii, varză, sfeclă s-au găsit reziduuri de cupru în cantități de 0,25-1,0 mg/kg. Se atestă o corelație înaltă cu unele maladii ale sistemului nervos, aparatelor circulator, digestiv, intoxicații acute și cronice, boli alergice. Substanțele chimice din sol modifică calitatea produselor alimentare de proveniență vegetală, ajungând la concentrații periculoase pentru sănătatea populației [11].

Un timp îndelungat (20-25 ani) se păstrează în sol sporii microorganismelor patogene anaerobe. Printre acestea se numără agenții tetanosului, gangrenei gazoase, botulismului, dizenteriei bacteriene, holerei, salmonelozii, infecțiilor virale: hepatita A, poliomielite, bruceloză, tularemia. Infectarea oamenilor de la solul poluat poate avea loc pe diferite căi. În special, agenții patogeni ai tetanosului și gangrenei gazoase pătrund în organism prin pielea lezată (traumată) în timpul lucrărilor de câmp, activităților militare, lucrărilor de construcție. Agentul botulismului din sol ajunge pe legume, pomușoare, ciuperci și în cazul conservării acestora, se înmulțesc în masă și produc toxine. Folosirea acestor produse în alimentație poate provoca toxicoze grave, inclusiv cu sfârșit letal.

Infecțiile intestinale se transmit prin legumele și pomușoarele poluate din sol și folosite în alimentație nespălate, prin mâinile murdare după lucrările pe câmp. Prin sol poate fi transmisă și microbacteria tuberculozei, helmintiazele. Ouăle acestor helminți ajung în sol cu excrețiile umane. Ouăle de ascaride se păstrează în sol până la 7-10 ani. Maturizarea are loc în sol, după care ele devin infestante și pătrunzând în organismul omului cu legumele poluate, provoacă boală [12].

Cu praful de sol se pot răspândi agenții unui șir de boli infecțioase cum sunt micobacteriile tuberculozei, virusurile poliomielitei. Contactarea acestora are loc la inspirația prafului. Importanța epidemiologică a solului este determinată și de numărul mare de rozătoare (șobolani, șoareci) în el, care sunt sursele unor așa infecții periculoase precum rabiă, pesta, tularemia, a muștelor - transmițătoare active ale agenților infecțiilor intestinale și ale altor boli infecțioase.

Poluanții chimici includ substanțele chimice, care se introduc în sol în mod planificat, precum agrochimicalele (pesticidele, îngrășămintele minerale, stimulatorii de creștere a plantelor), iar pericolul acestora

depinde de stabilitatea lor, gradul de toxicitate, efectele alergice, mutagene, periculoase pentru sănătatea omului atât în prezent, cât și în viitor.

Producția mondială de pesticide numără peste 1000 de denumiri conform substanței active, iar pe baza lor se produc zeci de mii de preparate, în diferite combinații. În unele țări se folosește o cantitate de pesticide cu mult mai mare decât media la nivel mondial. În Republica Moldova, nivelul aplicării produselor de uz fitosanitar pe terenurile agricole a variat pe parcursul anilor 2005-2013 între 1,05-1,59 kg/ha (de 3-5 ori mai mult decât media mondială). Numărul de pesticide utilizat a crescut de la 102 în anul 2000 până la 811 în anul 2013 [13, 14]. Grupurile cu risc ridicat expuse la pesticide includ lucrătorii, care practică acest serviciu. Pesticide au fost găsite în toate probele din râurile mari cu influențe mixte de utilizare a terenurilor agricole și urbane și în 99 la sută din probele din râurile urbane. Poluarea apelor subterane cu pesticide este o problemă de nivel mondial, unde au fost găsite în medie 143 de tipuri de pesticide [15, 16].

Pe parcursul anilor 2011-2015, în Republica Moldova au fost înregistrate 707 de persoane intoxicate cu pesticide. Mai agresive sunt pesticidele clororganice și fosfororganice. Unele pesticide, ajungând din sol în organismul uman, pot genera mutații cu dezvoltarea tumorilor, avorturi spontane, scăderea fertilității. Numărul de intoxicații și dereglări patologice generate de pesticide crește din an în an. De aceea, se elaborează planuri concrete de măsuri, se prevăd activități pentru prevenirea pătrunderii pesticidelor în organismul uman.

În cadrul Facultății de Biologie și Geoștiințe s-au efectuat cercetări privind influența pesticidelor asupra sănătății solului și sănătății umane. S-a demonstrat prin experimente efectuate pe animale de laborator, că acțiunea îndelungată a pesticidelor mărește frecvența și durata dereglărilor sistemului cardiovascular, endocrin, sistemului nervos periferic, ale vaselor creierului. Pesticidele se consideră ca factori ce duc la dereglarea mecanismelor de adaptare a organismului.

Rezultatele cercetărilor evidențiază starea funcțională a sistemului simpato-adrenal, studiat în dependență de dozele pesticidelor administrate. Acțiunea pesticidelor asupra nivelului de catecolamine conduce la disbalanța aminelor, la creșterea nivelului de adrenalină și noradrenalină în țesuturile organelor studiate.

Concluzii. Solul este esențial pentru supraviețuirea noastră și a planetei. Este una dintre principalele surse de hrană și un element important al ecosistemelor. Poluarea solului afectează sănătatea și mediul, poate avea un impact negativ asupra economiei. Reducerea productivității solului poate duce la scăderea producției agricole și la costuri mai mari pentru profilaxia solului poluat. Poluarea solului poate reduce atractivitatea unei zone pentru turism și investiții, având un impact negativ asupra economiei locale. Este important să se acționeze cât mai urgent pentru a stopa acest impact distrugător.

Poluarea solului este o amenințare reală pentru sănătatea umană și a întregii planete, dar există lucruri pe care le putem face pentru a o opri, precum reducerea utilizării produselor chimice și gestionarea adecvată a deșeurilor. Este responsabilitatea fiecăruia dintre noi să acționăm acum pentru a proteja planeta. Protejarea solului ne ajută să menținem calitatea vieții și să asigurăm siguranța alimentară pentru generațiile viitoare.

Bibliografie:

1. CRIVOI, A., BUIMISTRU, B., DOMINIC, N. *Studierea reacțiilor de comportare la șobolani sub influența preparatului Decis*. În: *Mater. Științ. a corpului didactico-științifică a Universității de Stat din Moldova*. – Chișinău, 11-18 ianuarie, 1993, p. 298.
2. CRIVOI, A., LEȘANU, M., BACALOV, I., KAHOVSKAIA, I., BULIMAGA, V., CIOCÂRLAN, V. *Substanțe biologice active ca bază a valorificării biotehnologiilor moderne în modularea și adaptarea proceselor metabolice ale organismelor vii*. Chișinău, CEP USM, 2019, 200 p. ISBN 978-9975-149-66-2.
3. AȘEVSCI, V., CRIVOI, A., CHIRIȚA, E., BACALOV, I., PARA, I., MĂRJINEANU, A., et. al. *Impactul poluării asupra sănătății. Noosfera. Revistă științifică, de educație, spiritualitate și cultură ecologică*. CEP USM, 2014, Nr. 10, p. 217-227. ISSN 1857-3517.
4. <https://www.energiaregenerabila.com/tipuri-de-poluare/poluarea-solului/>. Accesat la 01.04.2024, ora 12.00.
5. ЯНУШЕВСКАЯ, Э. Б.; ПОДГОРНАЯ, М. Е. *Экологические формирования систем защиты персика, обеспечивающих устойчивость агроэкосистем к негативным эко-факторам*. В: *Научные труды. СКЗНИИСИВ*, 2013, Том 2, с. 83-93.

6. МАТЛИНА, Э. Ш.; МЕНЬШИКОВ, В. В. *Влияние фармакологических средств на обмен КА*. В: *Фармакология и токсикология*. Т. 28, № 13, 1967, с. 372.
7. ОНИЩЕНКО, Г. Г.; ПОКРОВСКИЙ, В. И. *Профилактическая медицина и эпидемиология*. - Москва: Наука, 2010, с. 394-396.
8. FRIPTULEAC, Gh. *Igiena solului și problemele de sănătate*. CEP Medicina, Chișinău, 2018, 47 p. ISBN 978-9975-82-086-8.
9. VASILACHE, N. *Evaluarea prezenței în mediu a poluanților anorganici din zone afectate de poluarea antropică*. Teza de doctorat. București, 2023, 150 p.
10. ГАНИЕВ, М. М., НЕДОРЕЗКОВ, В. Д. *Химические средства защиты растений*. - Москва: Колос, 2006, 248 с.
11. SASKIA, HOUBEN, HARM, BRINKS, *INFORMAȚII PRACTICE PRIVIND SĂNĂTATEA SOLULUI*, Best4soil. <https://best4soil.eu/videos/16/ro>. Accesat la 01.04.2024, ora 11.00.
12. JIGĂU, GH.; LEȘANU, M. *Reabilitarea ecologică a terenurilor agricole*. – Chișinău: Tipografia Bons Office, 2021, p. 200.
13. BOINCEAN, B. *Ghid practic pentru agricultura ecologică*. Editura Elan Poligraf, Chișinău, Eco-Tiras, 2016, 104 p. ISBN 978-9975-66-544-5.
14. ЮРИН, В. М., ДИТЧЕНКО, Т. И., ЯКОВЕЦ, О. Г., КРЫТЫНСКАЯ, Е. Н., БЫХОВЕЦ, А. И., ТИМОФЕЕВА, В. А. *Оценка избирательности действия пестицидов на растения (электрофизиологический метод)*. Методические указания для студентов биологического факультета. – Минск: БГУ, 2011, 68 с.
15. <https://nuseed.com/ro/sanatarea-solului/>. Publicat la 13 octombrie 2023 pe Nuseed Romania. Accesat la 25 martie 2024, ora 10.00.
16. CRIVOI, A., BACALOV, Iu., CHIRIȚA, E., DRUȚA, A., BÎRSAN, A., ILIEȘ, A., PARA, I., SUVEICĂ, L., CIOCÎRLAN, V. *Modularea statusului imunitar cu ajutorul principiilor bioactive naturale pentru prevenirea și profilaxia infecțiilor acute în contextul pandemiei COVID-19*. Material științifico-didactic. Chișinău, CEP USM, 2021, 148 p. ISBN 978-9975-158-25-1.

N. B. Raport prezentat în cadrul Seminarului științific cu participare internațională „Schimbările climatice și sănătatea solului” dedicat Zilei Mondiale a Solului din 17 decembrie 2024.

Date despre autori:

Aurelia CRIVOI, doctor habilitat, profesor universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1917-1278

E-mail: crivoi.aurelia@mail.ru

Iurie BACALOV, doctor în științe biologice, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-1651-9056

E-mail: iurabacalov@mail.ru

Elena CHIRIȚA, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9717-8133

E-mail: chiritaelena30@gmail.com

Adriana DRUȚA, master în științe biologice, cercetător științific, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5961-6518

E-mail: druta.adriana@yahoo.com

Prezentat: 24.02.2025

ПРИМЕНЕНИЕ СКАНДИНАВСКОЙ ХОДЬБЫ В РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ КАРДИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Ала ПОГОРЛЕЦКИ, Мариана КОРМАН,

Государственный Университет Молдовы

Последствия заболеваний сердечно - сосудистой системы в настоящее время носят социально - значимый характер, что связано с высоким уровнем потери трудоспособности, инвалидности и смертности населения. Представляется актуальным разработка методических подходов к организации реабилитации пациентов с заболеваниями сердечно – сосудистой системы с применением эффективных средств кинетотерапии аэробной направленности. Скандинавская ходьба как средство кардиореабилитации позволяет решить широкий спектр задач терапевтической и профилактической направленности.

В статье представлены результаты исследования по выявлению эффективности применения комплексной кинетотерапевтической программы реабилитации с включением скандинавской ходьбы для лиц с заболеваниями сердечно – сосудистой системы на поликлиническом этапе. Для оценки эффективности разработанной программы реабилитации применяли методы функциональной оценки: тест с 6-ти минутной, тест Руфье и нагрузочное тестирование на тредмиле.

Ключевые слова: *заболевания сердечно – сосудистой системы, кинетотерапия, физическая реабилитация, скандинавская ходьба, толерантность к физической нагрузке, качество жизни.*

APPLICATION OF NORDIC WALKING IN REHABILITATION OF CARDIOLOGY PATIENTS

The consequences of diseases of the cardiovascular system are currently socially significant, which is associated with a high level of disability, disability and mortality of the population. The development of methodological approaches to the organization of rehabilitation of patients with diseases of the cardiovascular system with the use of effective means of kinetotherapy of aerobic orientation seems relevant. Nordic walking as a means of cardiac rehabilitation allows solving a wide range of therapeutic and preventive tasks.

The article presents the results of the study to identify the effectiveness of the application of a complex kinetotherapeutic rehabilitation program with the inclusion of Nordic walking for persons with diseases of the cardiovascular system at the polyclinic stage. To evaluate the effectiveness of the developed rehabilitation program, functional assessment methods were used: the 6-min walk test, the Rufier test and treadmill stress testing.

Keywords: *cardiovascular diseases, physiotherapy, physical rehabilitation, Nordic walking, tolerance to physical activity, quality of life.*

Актуальность тематики исследования

На сегодняшний день лечение и реабилитация пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы (ССС) характеризуется внедрением новых прогрессивных методов. Однако проблема физической реабилитации пациентов с заболеваниями ССС остается актуальной [2]. Одним из основных проявлений декондиционирования у таких пациентов является снижение толерантности к физической нагрузке (ТФН). Это связано как с ухудшением функционального состояния ССС, так и с ослаблением скелетных мышц в результате длительного заболевания [3].

Кинетотерапия является одним из ключевых методов медицинской реабилитации. В работе с пациентами, страдающими заболеваниями сердечно-сосудистой системы (ССС), основное направление физической реабилитации — это кардиотренировки, включающие специальные циклические нагрузки [7]. Особенностью таких тренировок является выполнение физических упражнений в аэробном режиме, что находит отражение в клинических протоколах реабилитации пациентов кардиологического профиля [11, 12, 13].

Кардиотренировки могут включать пешие прогулки, дозированную ходьбу, терренкур, степ-аэробику и другие виды активности. Все эти формы кинетотерапии основаны на ходьбе, которая является естественным способом передвижения человека и наиболее доступным видом физической нагрузки. Ходьба может быть рекомендована людям всех возрастных групп, с разным уровнем физической подготовки и состоянием здоровья. При ходьбе движения цикличны, что проявляется в чередовании напряжения и расслабления мышц [2].

Скандинавская ходьба (СХ) (англ. Nordic Walking) рассматривается как метод реабилитации, который сочетает ходьбу с использованием дополнительного инвентаря в виде скандинавских палок. СХ относится к категории спортивно-прикладных упражнений циклического характера и обладает значительным оздоровительным потенциалом в реабилитации пациентов различного профиля, в том числе и в кардиореабилитации [5, 10].

Цель исследования – разработать и выявить эффективность кинетотерапевтической программы реабилитации, базирующейся на применении скандинавской ходьбы у пациентов кардиологического профиля.

Задачи исследования:

1. Изучить методические особенности применения скандинавской ходьбы в целях кардиореабилитации,
2. Разработать кинетотерапевтическую программу кардиореабилитации на восстановительном этапе реабилитации с включением скандинавской ходьбы.
3. При помощи функциональных тестов проанализировать состояние ССС у участников исследования и выявить эффективность применения разработанной программы.

Гипотеза исследования

Мы предполагаем, что кинетотерапевтическая программа, базирующаяся на применении скандинавской ходьбы для пациентов кардиологического профиля на восстановительном этапе реабилитации, окажет положительное влияние на состояние ТФН и качестве жизни.

Организация и методология исследования

Исследование проводилось на базе департамента Кинетотерапии и окупациональной терапии Института Физической Культуры и Спорт/ГУМ, г. Кишинев.

В исследовании принимали участие пять пациентов мужского пола 55-65 лет. У участников исследования в медицинских картах диагностированы заболевания ССС. Пациенты находятся под наблюдением врача - кардиолога. На момент участия в исследовании состояние пациентов стабильное, этап реабилитации - поликлинический.

Исследование было организовано поэтапно:

На первом этапе исследования осуществлялся анализ научно-методической литературы, разрабатывалась программа реабилитации, определялись методы контроля эффективности реабилитационной программы.

На втором этапе проводился педагогический эксперимент, включающий первичное и финальное тестирование пациентов, реализацию разработанной программы.

На третьем этапе проанализировали полученные результаты.

В ходе исследования применяли методы: анализ специализированной литературы, анализ медицинской документации, анамнез, педагогический эксперимент, методы функциональной оценки, применяемые в кинетотерапии.

Для оценки эффективности реализации разработанной программы реабилитации применяли следующие методы функциональной оценки [1, 4, 7, 8, 14]:

1. *тест с 6-ти минутной ходьбой* (оценка уровня физической подготовленности);
2. *тест Руфье* (оценка функционального состояния ССС и её реакция на физическую нагрузку);

3. *нагрузочное тестирование на тредмиле* - определение уровня толерантности к физической нагрузке (ТФН/MET).

Тестирование предусматривало применение ступенчато-возрастающей нагрузки в соответствии с модифицированным протоколом BRUCE (Mod BRUCE). с постепенно увеличивающейся скоростью и углом дорожки. Начальная нагрузка составила 2,7 км/ч, угол наклона 0° с последующим постепенным приростом до достижения субмаксимальной частоты сердечных сокращений (ЧСС), рассчитанной по формуле Карвонена:

$$\text{ЧСС субмакс.} = ((200 - \text{возраст}) - \text{ЧСС покоя}) * 0,6/0,8 + \text{ЧСС покоя (уд/мин)}(1)$$

Длительность каждой ступени нагрузки составила 3 минуты. При проведении теста регистрировали ЧСС, систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД) в покое, на фоне нагрузки и в период восстановления. Были выявлены пороговые значения толерантности к физической нагрузке: низкая - MET до 3.9, средняя - 4.0-6.9, высокая - 7.0-9.9 и очень высокая - более 10.0;

4. *Оценка качества жизни (КЖ)* пациентов при помощи теста SF 36.

В современной медицинской литературе используется понятие «КЖ, обусловленное здоровьем» (health-related quality of life), которое оценивает компоненты данного показателя, ассоциированные с тем или иным заболеванием, и позволяет дифференцированно определять влияние болезни и лечения на физическое, психологическое, эмоциональное состояние больного и его социальный статус [4, 6].

Для определения КЖ использовали онлайн калькулятор Short Form-36 (SF-36) Оценка здоровья онлайн [14].

Общие сведения об участниках исследования

В исследовании принимали участие 5 человек. У участников исследования в медицинских картах указаны атеросклероз, гипертензия (пограничная и I степени), сердечно - сосудистая недостаточность (С СН) 1 степени, аритмия (табл. 1).

Критериями включения в исследование являлись следующие параметры: возраст 55-65 лет (60,4 в среднем), мужской пол, кардиологический диагноз, состояние – стабильное, поликлинический этап реабилитации, функциональный класс (ФК) NYHA - I и II, отсутствие противопоказаний, разрешение лечащего врача и согласие на участие со стороны пациента.

Среди сопутствующих заболеваний у участников исследования отмечены избыточная масса тела, ожирение, гастрит и цервикалгия

При анамнезе большинство из пациентов отметили у себя следующие симптомы: сниженная работоспособность и выносливость, при незначительной нагрузке – одышка, иногда – боли в области сердца.

Таблица 1. Общие сведения об участниках исследования

№	Пол	возраст	ФК	Сопутствующие заболевания
1	М	55	I	Атеросклероз, избыточная масса тела
2		57	II	Атеросклероз, гипертензия, ожирение
3		62	I	Атеросклероз, цервикалгия
4		63	II	Атеросклероз, гипертензия
5		65	II	Атеросклероз, гипертензия, гастрит

Длительность заболевания – 5-7 лет. Пациенты регулярно проходят обследования, принимают курс медикаментозной терапии, однако рекомендации по расширению двигательной активности принимают с осторожностью. Анализируя представленные данные, можем сделать вывод, что по входным параметрам группа является выравненной.

Результаты и их обсуждение

Аргументация применения скандинавской ходьбы в кардиореабилитации

Ввиду объективных причин в кардиореабилитации предпочтение отдается методам, обеспечивающим возможность точной дозировки и контроля нагрузки, а именно – занятиям на велоэргометре, беговой дорожке и др. Тем не менее, на восстановительном этапе реабилитации программа двигательной активности может быть дополнена и другими методами, оказывающими существенное влияние на выносливость и толерантность к физической нагрузке [2, 5].

В последние годы большую распространенность приобрела скандинавская ходьба (СХ), которая является более сложным в координационном плане видом двигательной активности по сравнению с обычной ходьбой. Использование во время ходьбы специальных палок на первый взгляд повышает безопасность тренировок. Однако за счет вовлечения в движение большего количества мышц, существенно повышает энергозатратность и эффективность занятий [9]. На фоне аэробных нагрузок обеспечивается активное вовлечение в работу мышц верхнего плечевого пояса и туловища, что позволяет тренироваться в необходимой пульсовой зоне при меньшем темпе ходьбы.

Аргументом в пользу применения скандинавской ходьбы в кардиореабилитации является и тот факт, что мышцы плечевого пояса, вовлекаемые в активную работу, имеют сегментарно - рефлекторные связи с органами средостения. Таким образом происходит нормализация регулирующих систем и формирование новых моторно – висцеральных связей.

Исследования специалистов подтверждают эффективное применение в кардиореабилитации тренировок аэробного характера средней и низкой интенсивности. В этом плане СХ, не уступая традиционным видам тренировок, и являясь наиболее доступной для самостоятельных занятий, способна обеспечить большую приверженность пациентов с ИБС к лечению и вторичной профилактике.

Клинико-функциональное обоснование эффективности занятий СХ аргументировано результатами применения программ медицинской реабилитации пациентов с заболеваниями легких; сахарным диабетом 2 типа и ожирением; больных с заболеваниями опорно-двигательного аппарата и лиц с психическими расстройствами [10].

Применение скандинавской ходьбы позволяет реализовать комплексный мультидисциплинарный подход, что в результате способствует не только решению терапевтических задач, но и модификации образа жизни, коррекции факторов риска, отказу от вредных привычек и мотивации к активным занятиям.

Содержание программы реабилитации

На основе принципов построения программ реабилитации, с учетом физиологических особенностей организма пациентов была разработана программа для участников исследования, учитывающая уровень ТФН.

Программа была направлена на решение следующих задач:

1. Восстановить физические навыки и физическую работоспособность.
2. Адаптировать организм к тренирующим нагрузкам.
3. Порысать толерантность к физическим нагрузкам, укрепить сердечно-сосудистую и дыхательную систему.
4. Улучшить обмен веществ.
5. Улучшить эмоциональное состояние, повысить мотивацию к регулярным занятиям.
6. Повысить качество жизни.

Длительность программы кардиореабилитации составляла 8 недель с регулярностью занятий 3 раза в неделю. Продолжительность одного занятия составляла 60 минут. Разработанная программа включала следующие мероприятия:

1. Утренняя гигиеническая гимнастика – ежедневно, 10-15 мин, самостоятельно;
2. Основное занятие – 3 раза в неделю по 60 мин:
 - подготовительная часть – комплекс упражнений с палками для скандинавской ходьбы, 10-15 мин. Применяли упражнения в исходном положении стоя с опорой на палки – наклоны и повороты

головы и туловища, упражнения для верхних конечностей, полуприседания, разогрев голеностопного сустава и др.

- основная часть - скандинавская ходьба в парке – 30-40 мин.
- заключительная часть - дыхательная гимнастика и упражнения на растяжку– 10-15 мин.

3. Рекомендации по здоровому образу жизни и рациональному питанию.

В зависимости от полученных исходных данных нагрузочного тестирования пациентам подбирался индивидуальный режим нагрузок:

- при низкой ТФН выполняли 6-8 повторений упражнений, ходьба со скоростью 3-4 км/ч,
- при средней ТФН – 8-10 повторений, ходьба со скоростью 4-5 км/ч,
- при высокой ТФН – 10-12 повторений, ходьба со скоростью 5-6 км/ч,

В течение первой недели занятия были посвящены обучению правильной технике ходьбы. Высота скандинавской палки подбиралась с учетом роста участников исследования: рост, умноженный на коэффициент 0,6. Через 4 недели использовали коэффициент 0,66.

Оценка физической подготовленности- тест с 6-ти минутной ходьбой

Для определения физической подготовленности использовался тест с 6-ти минутной ходьбой. При первичном тестировании за 6 мин участники исследования смогли пройти от 291 до 350 м, в среднем – 318,8 м. Пройденное расстояние позволило оценить уровень физической подготовки - у одного из участников (20%) выявлен удовлетворительный уровень, и у четверых (80%)– средний.

В результате вторичного тестирования после реализации программы реабилитации показатели значительно улучшились. В среднем пройденное расстояние увеличилось с 318,8 метров до 427,6. У четверых пациентов (80%) отмечено улучшение их физического состояния и до хорошего уровня, и у одного (20 %)– до среднего.

Значительное увеличение пройденного расстояния и улучшение физической подготовленности абсолютно всех участников исследования свидетельствует о том, что предложенная программа реабилитации способствовала реализации поставленных задач.

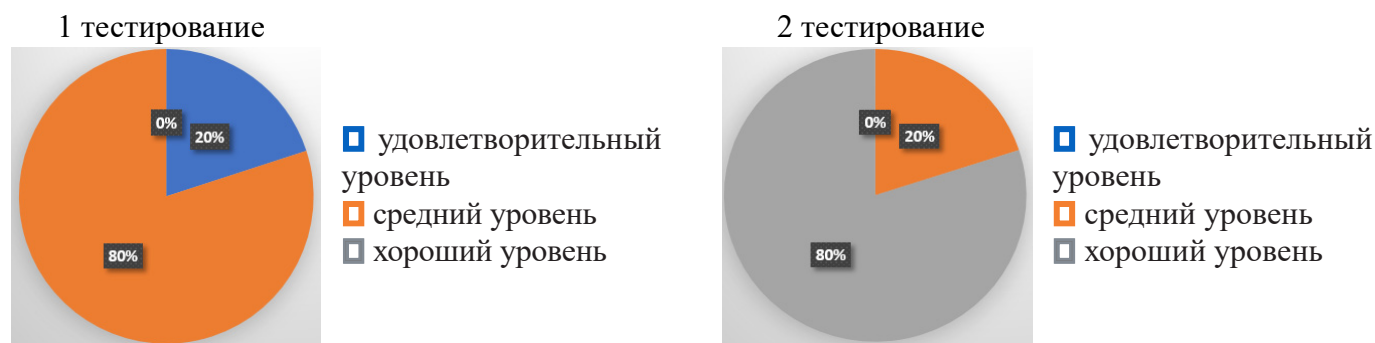


Рисунок 1. Результаты оценки уровня физической подготовленности при помощи теста с 6 – минутной ходьбой

Результаты оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы применили индекс Руфье. При первичном тестировании у всех участников исследования состояние сердечно сосудистой системы характеризуется как удовлетворительное. Средний показатель индекса Руфье равен 7,94. Результаты тестирования учитывались при составлении комплексов упражнений, нагрузки и плотности занятий. Вторичное тестирование участников исследования после двух месяцев занятий свидетельствует, что индекс Руфье уменьшился до 7,44, что соответствует тому же удовлетворительному состоянию, но в наиболее лёгкой степени.

По нашему мнению, результаты теста Руфье свидетельствуют об общей динамике положительных сдвигов в работе сердечно-сосудистой системы. Несмотря на то, что тест не выявил изменения в оценке состояния ССС, мы смогли сделать вывод о благотворном влиянии разработанной программы реабилитации.

Динамика показателей функционального статуса

Тестирование на тредмиле позволяет анализировать большой объем информации о состоянии пациентов непосредственно во время занятий – ЧСС, длительность нагрузки, реакция ССС на повышение нагрузки, время восстановления после нее, показатель толерантности к физической нагрузке – МЕТ. Эти данные были дополнены результатами измерения артериального давления (Табл. 2).

Из табл. 2 следует, что при первичном тестировании в покое у пациентов ЧСС в среднем составляла 75,8 уд/мин. Артериальное давление в покое – 134/75, 4 мм.рт.ст.

Как было выяснено в предыдущих тестах, у пациентов снижена толерантность к физической нагрузке, и их пульс при тренировочной нагрузке (60% от максимальной) – 115,7 уд/мин. При этом давление повышается до 152,6/83 мм.рт.ст. Подобный режим нагрузки пациенты способны выдержать в течение 4,2 мин. Восстановление ЧСС и АД происходило в среднем за 5,2 и 5,0 мин. Средняя скорость при этом составляла 4,3 м/мин.

Показатель МЕТ, характеризующий уровень толерантности к физической нагрузке в среднем по группе равен 3,8, что соответствует низкому уровню. Только у одного из пациентов показатель МЕТ = 4,0, что соответствует среднему уровню.

Таблица 2. Результаты оценки показателей ССС (тестирование на тредмиле)

Показатель	1 иссл	2 иссл
В покое		
ЧСС покоя, уд/мин	75,8	74,1
САД покоя, мм.рт.ст.	134,0	125,0
ДАД покоя, мм.рт.ст.	75,4	73,2
При тренировочной нагрузке (60% от максимальной)		
ЧСС, уд/мин	115,7	128,6
САД, мм.рт.ст.	152,6	150,4
ДАД, мм.рт.ст.	83,0	81,4
Время нагрузки, мин	4,2	6,5
Средн. скорость, м/мин	4,3	5,2
Восстановление		
восстановление ЧСС, мин	5,2	4,3
восстановление АД, мин	5,0	4,2
МЕТ	3,8	4,6

При вторичном тестировании отметили улучшение функционального состояния ССС и более адекватную реакцию на нагрузку.

ЧСС в покое у пациентов изменилась незначительно, в среднем составляла 73,7 уд/мин. Систолическое артериальное давление в покое снизилось на 9 единиц – до 125 мм.рт.ст. Диастолическое давление снизилось незначительно – до 74,1.

У пациентов повысилась толерантность к физической нагрузке, повысился максимальный пульс, и ЧСС при тренировочной нагрузке (60% от максимальной) составил 128,6 уд/мин. При этом давление повышается до 150,4/81 мм.рт.ст. Подобный режим нагрузки пациенты способны выдержать в течение 6,5 мин. Восстановление ЧСС и АД происходило в среднем за 4,3 и 4,2 мин. Показатель МЕТ, характеризующий уровень толерантности к физической нагрузке в среднем по группе равен 4,6, что соответствует среднему уровню.

Увеличилась дистанция, проходимая пациентами на тредмиле за 1 мин до 5,2 м/мин. Таким образом, максимальная ЧСС не лимитировала больных, и они смогли выполнить больший объем работы. Это косвенным образом свидетельствует об увеличении работоспособности как сердечно-сосудистой системы, так и увеличении общей выносливости организма.

Результаты исследования качества жизни

Изучение КЖ позволяет получить полное представление о самочувствии пациента, увидеть «целостность ситуации болезни глазами больного». Анализ субсфер позволяет детально установить, в каких областях жизни пациент испытывает выраженное неблагополучие, а какие из них являются сохраненными. Результаты теста SF-36 представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3. Результаты исследования качества жизни по опроснику SF-36

Показатель	1 иссл	2 иссл	Прирост, %
PF – физическое функционирование	48,4	54,3	12,5
RP – ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием	12,6	19,1	55,6
BP – интенсивность боли	35,3	38,7	10,5
GH – общее состояние здоровья	52,4	58,6	11,5
VT – жизненная активность	49,0	67,4	38,8
SF – социальное функционирование	55,3	59,8	10,8
RE – ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием	27,4	30,2	11,1
MH – психическое здоровье	53,4	56,9	13,2

Таблица 4. Физический и психологический компоненты здоровья – как основные показатели КЖ (опросник SF-36) у участников исследования

Показатель	1 иссл	2 иссл	Прирост, %
RH – физический компонент здоровья	36,2	42,3	16,7
MH – психологический компонент здоровья	45,3	52,1	15,6

Детальный анализ КЖ позволил установить, что у пациентов с ИБС на момент исследования наиболее значимо были нарушены показатели психологического здоровья, физического функционирования и сфера социальных взаимоотношений.

Показатели физического функционирования у участников исследования при первичном тестировании были снижены преимущественно за счёт шкал жизненной активности, энергии и физической боли, дискомфорта. Пациенты предъявляли жалобы на болевой синдром, плохое самочувствие, снижение жизненной энергии, повышенную утомляемость. Боль в области сердца воспринималась ими как препятствие для полноценной конструктивной жизнедеятельности и выполнению повседневных дел. В ходе беседы выяснялось, что у большинства пациентов чувство страха вызывала постоянная угроза возникновения боли, характерная для стенокардии. Изменения в «Психологической сфере» были обусловлены недостатком положительных и избытком отрицательных эмоций.

Следует отметить, что органические проявления соматического заболевания непосредственно влияют на качество жизни пациента, внося в его жизнь различные ограничения, в первую очередь физиологического характера. Вместе с тем и психологические изменения, которые возникают вследствие влияния болезни на психику, ограничения социального взаимодействия, первоначально также возникающие как следствие основного заболевания, но в дальнейшем способные приобрести самостоятельное развитие, естественным образом отражаются на качестве жизни больного.

При вторичном тестировании отметили прирост всех показателей.

Для более детального анализа прирост показателей выразили в процентах. Выяснили, что в основном прирост всех показателей составил 10-13%. В то же время показатель ролевого функционирования увеличился на 55%, а жизненная активность – на 38,8%.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о значительном улучшении качества жизни участников исследования по всем параметрам как следствие применения реабилитационной программы.

Заключение

Атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь и их осложнения вышли на первое место среди причин заболеваемости, потери трудоспособности, инвалидности и смертности населения в экономически развитых странах. Несмотря на многочисленные исследования в данной области, проблема комплексной кардиореабилитации в современном обществе остается актуальной. Ситуация усугубляется проблемами организации реабилитации пациентов на поликлиническом этапе, что зачастую приводит к повторной госпитализации.

Кинетотерапевтическая программа на поликлиническом этапе способствует дальнейшей реабилитации пациентов, восстановлению функций, нормализации компенсаторных процессов. Кинетотерапия оказывает патогенетическое и этиологическое действие, т.к. направлена на выработку и соблюдение здорового образа жизни, а также формирование осознанного отношения к процессу реабилитации и повышению приверженности лечению.

Выводы

1. Кинетотерапия является неотъемлемой частью комплексной реабилитации пациентов с заболеваниями ССС, позволяющей обеспечить восстановление нарушенных функций, а также уменьшить риск рецидива. Кинетотерапия направлена на выработку и соблюдение здорового образа жизни, а также осознанного отношения к здоровью. Основой реабилитационных программ являются специальные средства кардиореабилитации аэробной направленности, среди которых - скандинавская ходьба.

2. Результаты исследования свидетельствуют, что разработанная программа способствовала:

- существенному улучшению функционального состояния ССС (по тестам Руфье, с 6 – мим. ходьбой, при комплексном тестировании на тредмиле),
- повышению уровня ТФН,
- повышению качества жизни.

Библиография:

1. АРОНОВ, Д. М., ЛУПАНОВ, В. П. *Функциональные пробы в кардиологии*. 3-е изд., перераб. и доп. М.: МЕДпресс-информ; 2007, 328 с. ISBN: 5-98322-268-6.
2. БУБНОВА, М. Г., АРОНОВ, Д. М. *Кардиореабилитация: этапы, принципы и международная классификация функционирования (МКФ)*. В: *Профилактическая медицина*. 2020, 23(5):40-49.
3. ЕПИФАНОВ, В. А. *Восстановительная медицина*. Учебник. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012, 298 с.
4. КАШКИНА, Н. В., БОТАЛОВ, Н. С., НЕКРАСОВА, Ю. Э. *Изучение показателей качества жизни у больных ИБС с использованием опросника SF-36*. В: *Международный студенческий научный вестник*, 2018, № 5. <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=18667>
5. КНЯЗЮК, О., АБРАМОВИЧ, С., АМОСОВА Т. *Метод «скандинавской ходьбы» в реабилитации больных инфарктом миокарда на иркутском курорте «Ангара»*. В: *Здоровье. Медицинская экология. Наука*. 2 (56) – 2014, с. 83-86. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-skandinavskoy-hodby-v-reabilitatsii-bolnyh-infarktomiokarda-na-irkutskom-kurorte-angara-1> (дата обращения: 15.02.2025).
6. НОВИК, А. А.; ИОНОВА, Т. И.: *Руководство по исследованию качества жизни в медицине*. М.: Олма-Пресс; Издание 2-е. 320 с., 2007 г. ISBN: 978-5-373-01011.
7. ПОГОРЛЕЦКИ, Ала, КОРМАН, Мариана, ЧЕБОТАРУ, Нина. *Кинетотерапия при заболеваниях сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Кинетотерапия при заболеваниях внутренних органов. Пособие для практических работ для студентов факультета Кинетотерапии*. Chișinău: MS Logo, 2022, 132 с. ISBN: 978-9975-3541-4-1.
8. Сидоренко, Б. А., Суровов, Ю. А. *Функциональные пробы в кардиологии* // *Кардиология*, 2001, 156с.
9. ЧЕРКАСОВА, В., СОЛОМАТИНА, Н., СЫРОМЯТНИКОВА, Л., СВЕТЛАКОВА, Л. *Возможность применения скандинавской ходьбы в реабилитации пациентов, перенесших острый инфаркт миокарда*. В: *Лечебная физкультура и спортивная медицина* №2(134), 2016 г.

10. GIROLD, S. *Nordic walking versus walking without poles for rehabilitation with cardiovascular disease: Randomized controlled trial* / S. Girold [et al.] În: *Ann Phys Rehabil Med*. 2017 Jul. 60(4):223-229. DOI: 10.1016/j.rehab.2016.12.004.
11. *REABILITAREA CARDIOVASCULARĂ. Protocol clinic instituțional*. PCN – 205. MS RM, IMSP SCR „T. MOȘNEAGA” RM. Chișinău: 2024., 77 p. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://scr.md/upload/editor/PROTOCOALE_INSTITUTIONALE/reabilitare_cardiovasculara.pdf
12. *REABILITAREA CARDIOVASCULARĂ. Protocol clinic național (ediția III)*. PCN – 205. MS RM, USMF „N. TESTEMIȚANU” din RM. Chișinău, 2023, 92 p. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ms.gov.md/wp-content/uploads/2023/04/PCN-205-Reabilitarea-cardiovasculara-actualizat-MS2.pdf
13. *REABILITAREA CARDIOVASCULARĂ. Protocolul clinic standardizat pentru medicii de familie*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.crdm.md/images/ups/protocol/Reabilitarea_cardiovasculara.pdf
14. *Short Form-36 (SF-36). Оценка здоровья онлайн* // <https://healsens.com/quiz/short-form-36-sf-36-ocenka-zdorovya/>

Данные об авторах:

Ала ПОГОРЛЕЦКИ, доктор биологических наук, доцент, департамент Кинетотерапии и окупациональной терапии, Институт Физической Культуры и Спорта, Государственный Университет Молдовы.

ORCID: 0000-0002-2160-7114

E-mail: vallarann@mail.ru

Мариана КОРМАН, доктор педагогических наук, департамент Кинетотерапии и окупациональной терапии, Институт Физической Культуры и Спорта, Государственный Университет Молдовы.

ORCID: 0009-0009-1166-7197

E-mail: kineto7@mail.ru

Получено: 28.02.2025

CZU: 615:7.045

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_04](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_04)

POCALUL HYGEEI – SIMBOLISTICA, ORIGINEA ȘI RELEVANȚA ÎN MEDICINĂ

Sergiu BALACCI, Valentina CIOCHINĂ,

Universitatea de Stat din Moldova,

Ion BALAN,

Universitatea Tehnică a Moldovei

Pocalul Hygeei, simbol farmaceutic și medical recunoscut, își are originile în mitologia greacă, fiind asociat cu Hygieia, zeița sănătății și igienei, fiica lui Asclepios, zeul medicinei. Pocalul cu șarpele încolăcit simbolizează conexiunea dintre tratamentele medicamentoase și prevenirea bolilor, reflectând filosofia antică a sănătății, care pune accent pe echilibrul dintre vindecare și prevenție. Utilizat încă din Grecia și Roma Antică pe monede, statui și mozaicuri, simbolul a fost un element important în ritualurile religioase și medicale. În Evul Mediu și Renaștere, și-a păstrat semnificația, fiind reinterpretat atât religios, cât și științific. În epoca modernă, a devenit emblema profesiei de farmacist, fiind folosit în medicina umană și veterinară. Astăzi, Pocalul Hygeei rămâne un simbol al competenței farmaceutice și al angajamentului față de sănătate, consolidând încrederea publicului în profesioniștii și instituțiile din domeniul farmaceutic.

Cuvinte-cheie: Pocalul Hygeea, simbol farmaceutic, sănătate, igienă.

THE HYGEA CHALICE – SYMBOLISM, ORIGIN AND RELEVANCE IN MEDICINE

The Hygieia Bowl, a recognized pharmaceutical and medical symbol, has its origins in Greek mythology, being associated with Hygieia, the goddess of health and hygiene, daughter of Asclepius, the god of medicine. The Bowl with the coiled snake symbolizes the connection between drug treatments and disease prevention, reflecting the ancient philosophy of health, which emphasized the balance between healing and prevention. Used since Ancient Greece and Rome on coins, statues and mosaics, the symbol has been an important element in religious and medical rituals. In the Middle Ages and the Renaissance, it retained its significance, being reinterpreted both religiously and scientifically. In modern times, it has become the emblem of the profession of pharmacist, being used in human and veterinary medicine. Today, the Hygeea Bowl remains a symbol of pharmaceutical competence and commitment to health, strengthening public trust in pharmaceutical professionals and institutions.

Keywords: Hygeea Bowl, pharmaceutical symbol, health, hygiene.

Introducere

Pocalul Hygeei, cunoscut și sub denumirea de „pocalul cu șarpe”, este unul dintre cele mai vechi și semnificative simboluri asociate cu domeniul sănătății și medicinei (fig. 1). Acesta își are originile în mitologia greacă, fiind direct legat de figura zeiței Hygeea (denumită și Hygia, Hygieia, Hygiea sau Hygeia), una dintre cele cinci fiice ale lui Asclepios, zeul grec al medicinei. Hygieia, zeița sănătății și a igienei, era venerată pentru rolul său în prevenirea bolilor și promovarea unei vieți sănătoase, iar pocalul cu șarpe reflecta atât necesitatea vindecării, cât și importanța igienei în menținerea sănătății și echilibrului fiziologic. Acest simbol a evoluat de-a lungul istoriei, având un impact semnificativ nu doar în Grecia și Roma Antică, dar și în epoca medievală, renașcentistă și modernă, devenind un reper important în domeniul farmaceutic [10].

Astăzi, Pocalul Hygeei, nu mai este doar un simbol mitologic, dar și un element central în educația farmaceutică umană și veterinară. În același timp, servește ca un semn al competenței profesionale și al



Figura 1. Pocalul Hygeei

responsabilității în promovarea sănătății publice. Utilizarea acestui simbol contribuie, de asemenea, la crearea reputației și credibilității instituțiilor și profesioniștilor consolidând astfel încrederea consumatorilor în produsele și serviciile oferite de aceștia [10].

Efectuarea acestui studiu este esențială pentru a înțelege pe deplin impactul Pocalului Hygeei în contextul evoluției simbolurilor din domeniul sănătății. Analizând originile și transformările acestui simbol de-a lungul istoriei, studiul poate oferi o perspectivă valoroasă asupra modului în care elementele vizuale și mitologice pot influența percepțiile publicului despre competența și integritatea profesioniștilor din domeniul sănătății. De asemenea, cercetarea va contribui la consolidarea înțelegerii importanței educației farmaceutice umane și veterinare în formarea unui sistem de sănătate eficient și responsabil.

Material și metode

Studiul analizează semnificația și utilizarea simbolului Pocalului Hygeei în domeniul farmaceutic și medical, evidențiind rolul său în promovarea sănătății umane și veterinare. Printr-o abordare multidimensională și calitativă, combină metoda inductivă, care identifică tipare și tendințe în utilizarea simbolului cu metoda sintetică care integrează informații din surse diverse pentru a construi o imagine coerentă asupra evoluției și impactului acestuia.

Analiza literaturii de specialitate oferă o bază teoretică solidă, investigând atât originile mitologice ale simbolului, cât și reinterpretările sale moderne în promovarea sănătății publice și farmaceutice. Studiul, de natură exploratorie, urmărește noi direcții de cercetare privind dimensiunile culturale și etice ale simbolului, subliniind influența sa asupra reputației instituțiilor farmaceutice și a percepției publice asupra acestora.

Rezultate și discuții

Pocalul Hygeei, alături de toiagul lui Asclepius și Caduceu, este unul dintre cele mai recunoscute simboluri ale medicinei și farmaceuticii, având rădăcini adânci în mitologia greacă și în istoria medicală. Acest simbol reprezintă un pocal din care se înalță un șarpe, un element care reflectă atât concepte fundamentale din medicină, cât și credințele ancestrale despre sănătate și vindecare [2; 5; 12; 14; 18].

Pocalul este strâns legat de zeița Hygieia, care era venerată în Grecia antică pentru rolul său în prevenirea bolilor, menținerea sănătății și echilibrului fiziologic. Spre deosebire de tatăl său Asclepius, care simboliza arta vindecării prin intervenții medicale directe, Hygieia reprezenta principiul îngrijirii continue și al prevenției, fiind considerată protectoarea igienei și a sănătății publice [5; 11; 12; 18].

Influența sa a fost atât de puternică încât numele ei a devenit sursa termenului „*igienă*”. Derivat din cuvântul grecesc „*ὑγιεινός*” (hygieinos), care înseamnă „*sănătos*”, acest concept a fost preluat în limba latină ca „*hygiēna*” și a ajuns în limbile moderne sub forma „*igienă*”, desemnând ansamblul de practici și măsuri pentru menținerea sănătății și prevenirea bolilor.

Cultul său era strâns legat de cel al tatălui său, fiind adesea adorată în proximitatea sanctuarelor dedicate acestuia, precum celebrele sanctuare din Epidaur, Corint, Kos și Pergamon. Conform surselor antice, Hygieia și Asclepios apăreau uneori în visele pacienților care vizitau aceste temple în căutarea vindecării. Această practică, cunoscută sub numele de „*incubatio*” sau „*somnus templum*”, presupunea ca bolnavii să doarmă într-un spațiu sacru, așteptând să primească o viziune divină care să le indice tratamentul potrivit sau să le ofere vindecarea miraculoasă [2; 3; 8; 6; 9; 11].

O mențiune semnificativă a rolului zeiței Hygieia ca protectoare a sănătății apare în Jurământul lui Hipocrate, un document fundamental în etica medicală a Antichității. Acest jurământ, atribuit lui Hipocrate din Kos (cca. 460–370 î.Hr.), era rostit de medicii greci pentru a-și afirma angajamentul față de un set de principii etice și profesionale. În cadrul său, practicienii jurau pe mai multe divinități considerate protectoare ale artei vindecării, inclusiv Apollo Healer, Asclepius, Hygieia și Panacea, recunoscând autoritatea sacră a acestora asupra actului medical [6; 14]. Un fragment din jurământ, tradus din greaca veche, afirmă: „*Jur pe Apollo Healer, pe Asclepius, pe Hygieia, pe Panacea și pe toți zeii și zeițele, făcându-i martorii mei, că voi împlini, după priceperea și judecata mea, acest jurământ și acest contract*”.

Această referință demonstrează că Hygieia nu era doar o reprezentare simbolică a sănătății și igienei, dar o figură centrală în sistemul medical grecesc. Asocierea sa cu Asclepius și ceilalți zei vindecători subliniază

rolul său activ în prevenția bolilor și menținerea echilibrului fiziologic, aspecte esențiale în concepția antică despre medicină [3; 18].

Hygieia a fost asociată în tradiția religioasă greacă cu zeița Atena, reflectând o sinteză între principiile înțelepciunii și protecției divine asupra sănătății și igienei. Această conexiune cultică este atestată de surse antice, precum Pausanias, care în secolul al II-lea d.Hr. a descris prezența unor statui dedicate atât Hygeei, cât și Atenei Hygieia, amplasate la intrarea în Acropola Atenei.

Titlul „*Athena Hygieia*” reflectă venerarea Atenei ca divinitate protectoare a sănătății, un aspect subliniat de Plutarh în relatările sale despre construcția Partenonului (447–432 î.Hr.), conform căruia sculptorul Fidias a atribuit acest epitet zeiței ca o recunoaștere a rolului său în menținerea bunăstării cetății și protecția împotriva bolilor. Această asociere sugerează că atenienii percepeau sănătatea ca pe un rezultat al igienei, medicinei și ca pe o expresie a înțelepciunii și armoniei sociale guvernate de Atena.

Cultul zeiței Hygieia ca divinitate independentă nu a cunoscut o răspândire semnificativă până în perioada clasică, când a fost recunoscut oficial de oracolul din Delphi. Potrivit surselor antice, această recunoaștere a avut loc în urma devastatoarei Ciume de la Atena (430–427 î.Hr.), o epidemie care a afectat grav populația polisului în timpul războiului peloponesiac (Thucydides, Războiul peloponesiac, 2.47–2.54). În acest context, Hygieia a început să fie venerată nu doar ca o însoțitoare a lui Asclepius, dar și ca o protectoare distinctă a sănătății și prevenirii bolilor [1; 3; 11].

Ulterior, cultul său s-a extins și în lumea romană, fiind oficializat în anul 293 î.Hr., după o epidemie gravă care a afectat Roma. Conform tradiției, romanii au consultat Cărțile Sibiline și, au trimis o solie la Epidaur, centrul cultului lui Asclepius și Hygieia, pentru a aduce statuile acestora. După această perioadă, Hygieia a devenit o figură centrală în medicina religioasă romană simbolizând principiile igienei și sănătății publice.

În secolul al IV-lea î.Hr., poetul Ariphron din Sicyon a compus un imn celebru dedicat zeiței Hygieia, evidențiind importanța sa în menținerea sănătății și echilibrului uman. Acest imn reflectă poziția centrală a zeiței în cultura greacă și legătura sa cu idealurile de prevenție și vindecare în cadrul practicilor religioase și medicale ale vremii [4].

Numeroase sculpturi dedicate Hygeei au fost realizate de artiști faimoși ai Antichității, inclusiv Scopas, Bryaxis și Timotheus. Deși descrierile exacte ale acestor opere nu s-au păstrat, reprezentările iconografice supraviețuite oferă o imagine clară asupra modului în care zeița era venerată. În aceste reprezentări, Hygieia apare frecvent ca o tânără care hrănește un șarpe de mari dimensiuni, încolăcit în jurul său, sau care bea dintr-un vas ritualic.

Atributele iconografice ale Hygeei au influențat semnificativ cultul zeiței galo-romane Sirona, o divinitate a vindecării adorată în Galia și în provinciile romane occidentale. Această sinteză religioasă indică o continuitate a principiilor legate de sănătate și regenerare în diferite culturi antice [7].

În lumea romană, Hygieia a fost reinterpretată și asimilată în figura zeiței Valetudo, divinitatea sănătății personale. Totuși, există dezbateri academice cu privire la o posibilă identificare a Hygieia cu Salus, zeița romană a bunăstării publice și a siguranței statului. Deși Salus împărtășea unele atribute cu Hygieia, dovezile literare și arheologice indică faptul că cele două figuri aveau, totuși, sensuri și culturi distincte în cadrul religiozității romane. Salus era în mod frecvent asociată cu starea de bine a întregii comunități, fiind însoțită adesea de o statuie a unui om sau a unui copil sănătos, simbolizând protecția de bolile și pericolele care amenințau cetatea. În timp ce Hygieia a rămas o divinitate a sănătății individuale și a prevenției bolilor. Această diferențiere poate fi observată și în tipologia reprezentărilor lor iconografice, Hygieia fiind adesea înfățișată ca o tânără cu un șarpe, iar Salus ca o femeie cu un vas ritualic sau o palmă ridicată, simbolizând protecția și îngrijirea generală.

Aceste diferențe între Hygieia și Salus reflectă modul în care romanii și grecii înțelegeau relația dintre individ și societate în cadrul sănătății și igienei. În timp ce în Grecia accentul era pus pe prevenirea bolilor la nivel individual și pe conexiunea dintre sănătate și echilibrul divin, romanii au integrat aceste concepte în viziunea lor mai largă asupra bunăstării colective, în care protecția statului și a comunității devenea la fel de importantă ca îngrijirea personală.

Pocalul, ca simbol al zeiței Hygieia, este un element central în reprezentările iconografice ale acestei divinități grecești, care stă la baza conceptului de sănătate și igienă în mitologia greacă. Pocalul pe care îl

ține Hygieia în diverse imagini simbolizează mai multe aspecte fundamentale ale medicinei antice și ale filozofiei grecești legate de sănătate și tratamentele terapeutice.

În primul rând, pocalul reprezenta lichidele esențiale utilizate în medicina antică, cum ar fi apă, infuzii din plante sau alte soluții terapeutice. În medicina tradițională greacă, lichidele aveau un rol semnificativ în tratamentele vindecătoare, fiind administrate pentru a curăța organismul și pentru a echilibra umorile corpului, un concept esențial în teoria patologică a vremii. De exemplu, Hippocrate, „părintele medicinei”, considera că sănătatea era rezultatul unui echilibru între patru umori (sângele, flegma, bila galbenă și bila neagră), iar administrarea de lichide sau infuzii putea influența acest echilibru, având astfel un rol terapeutic esențial în tratarea diverselor afecțiuni [13].

Mai mult, pocalul simbolizează ideea de „măsură” și „moderare”, principii fundamentale ale medicinei și filozofiei grecești. Conceptul de „mesotes” (măsura) a fost un principiu moral cheie promovat de școlile filozofice grecești, inclusiv de Stoicism și Aristotel (384-322 î.Hr.), care considerau că sănătatea corpului și minții depindea de echilibrul între extreme. Pocalul, prin însăși natura sa de recipient care trebuie folosit cu moderație, reflecta această idee de echilibru între excese și insuficiență, fiind un simbol al regimului de viață sănătos și al tratamentului adecvat în funcție de nevoile corpului.

În plus, pocalul asociază procesul de vindecare cu ritualul și purificarea, întrucât în multe culturi antice, lichidele băute erau văzute nu doar ca un mijloc de tratament fizic, dar și ca un act ritualic ce purifica spiritul și corpul. În acest sens, pocalul devine un simbol al tratamentului și un simbol al sănătății integrale, care cuprinde atât dimensiunea fizică, cât și pe cea spirituală. Asocieri simbolice ale pocalului cu vindecarea pot fi găsite în multiple reprezentări iconografice, în care Hygieia apare adesea ținând pocalul sau chiar hrănind un șarpe cu conținutul acestuia.

Prin urmare, pocalul ținut de Hygieia nu este doar un obiect fizic, dar și o metonimie complexă a conceptelor fundamentale ale medicinei antice, care reflectă tratamentele terapeutice, ideile de prevenție, măsură și echilibru fiziologic, esențiale pentru menținerea sănătății. Această legătură între pocal și Hygieia subliniază o viziune integrativă asupra sănătății, unde procesul de vindecare include nu doar îngrijirea fizică, dar și o practică rațională și moderată a îngrijirii de sine. Astfel, pocalul, care simbolizează farmacia și utilizarea substanțelor terapeutice, reflecta practica medicală antică, în care lichidele medicinale erau administrate prin vase special concepute [3].

Simbolul șarpelui, un alt element important al Pocalului Hygeei, este asociat cu regenerarea și înțelepciunea. Șarpele, cunoscut pentru capacitatea sa de a-și schimba pielea, reprezenta reînnoirea și vindecarea. În același timp, veninul șerpilor avea o semnificație duală, fiind folosit atât ca remediu, cât și ca otrăvă letală, subliniind natura complexă și protecționistă a medicamentelor în medicina antică. Această dualitate reflecta complexitatea rolului Hygeei, ce promova sănătatea prin prevenire și tratament [8; 15; 16; 17; 19].

Originea exactă a simbolului Pocalului Hygeei nu este complet elucidată. Deși se știe că simbolul a fost utilizat pe monedele grecești încă din secolul V î.Hr., în orașe precum Kos și Epidauros, centre importante ale medicinei antice. Printre cele mai semnificative descoperiri arheologice se numără statuia zeiței Hygieia din Epidauros, datată în jurul secolului IV î.Hr., unde Hygeea este înfățișată cu un șarpe încolăcit în jurul unui pocal. Aceasta a fost găsită într-un sanctuar dedicat lui Asclepios și este una dintre cele mai cunoscute reprezentări ale zeiței. De asemenea, basorelieful din sanctuarul de la Kos o înfățișează pe Hygieia cu un șarpe în mâini, evidențiind legătura sa cu medicina și farmacia. Un alt exemplu semnificativ este mozaicul roman descoperit la Ostia, Italia, datând din secolul II d.Hr., care ilustrează simbolul Pocalului Hygeei pe un perete dintr-o clădire medicală. Aceste descoperiri arheologice atestă utilizarea îndelungată a simbolului în medicina antică și transmiterea sa în culturile ulterioare.

În Evul Mediu, simbolul Pocalului Hygeei a continuat să fie asociat cu medicina și farmacia, dar cu o interpretare religioasă mai pronunțată. În această perioadă, practicile de vindecare erau influențate de credințele religioase, iar Pocalul Hygeei era considerat un simbol al protecției divine asupra sănătății și al remediilor vindecătoare. În timpul Renașterii, când studiile științifice asupra anatomiei și farmacologiei au dus la o reînviere a interesului pentru medicina antică, simbolul Pocalului Hygeei a fost redescoperit și integrat în învățăturile academice despre medicina teoretică și practică. Astfel, simbolul a fost asociat nu doar cu divinitatea sănătății, dar și cu știința medicală și farmacologia modernă [6].

În perioada modernă, simbolul Pocalului Hygeei a evoluat și a fost adoptat pe scară largă ca simbol internațional al farmaciei. La începutul secolului XX, datorită diversificării și reglementării farmaciilor, acesta a devenit un element central pe sigiliile farmaciștilor și ale instituțiilor farmaceutice. Astăzi, Pocalul Hygeei, cu șarpele încolăcit, este recunoscut global ca reprezentare a profesiei de farmacist și a practicilor farmaceutice, îmbinând tradițiile medicale antice cu angajamentele contemporane față de sănătate și tratamente.

Această semnificație s-a extins și în domeniul medicinei veterinare, unde simbolul Pocalului Hygeei a căpătat o importanță deosebită. În prezent, simbolul nu mai este asociat doar cu medicina umană, dar și cu farmaceutica veterinară, subliniind utilizarea substanțelor terapeutice pentru prevenirea și tratarea bolilor la animale. Adoptat ca emblemă a profesiei de farmacist, Pocalul Hygeei simbolizează angajamentul față de tratamentele bazate pe știință și respectul pentru sănătatea animalelor. Simbolul apare și pe ambalajele medicamentelor de uz veterinar, evidențiind legătura acestora cu tratamentele sigure și eficiente.

În facultățile de medicină veterinară, acest simbol este predat ca un element esențial al tradiției și al eticii profesionale. În educația medicală veterinară, Pocalul Hygeei este folosit pentru a sublinia necesitatea unui echilibru între tratamentele farmacologice și îngrijirea generală a animalelor. De asemenea, este un simbol al angajamentului față de educația continuă în domeniul tratamentelor inovatoare și al cercetării pentru sănătatea animalelor. Prin urmare, Pocalul Hygeei este un punct de referință pentru tinerii absolvenți ai facultăților de medicină veterinară care încep să aplice cunoștințele farmaceutice în tratamentele medicale veterinare. Astfel, utilizarea sa în medicina veterinară reflectă continuitatea tradițiilor medicale și farmaceutice, punând un accent deosebit pe prevenția bolilor și bunăstarea animalelor și subliniind statutul său ca simbol al competenței și responsabilității profesionale [6].

Simbolul Pocalului Hygeei este adesea comparat cu alte simboluri asociate cu medicina, cum ar fi Toiagul lui Asclepios și Caduceul. Diferența clară dintre simboluri este importantă de înțeles, deoarece deși toate trei sunt asociate cu sănătatea și medicina, ele au semnificații distincte. Toiagul lui Asclepios, care reprezintă un șarpe încolăcit în jurul unui baston, este strâns legat de medicină și vindecare, simbolizând atât puterea vindecătoare a naturii, cât și autoritatea divină asupra sănătății. În contrast, Caduceul, simbolul lui Hermes, care prezintă doi șerpi încolăciți în jurul unui baston, este mai des asociat cu comerțul și comunicarea, dar și cu profesia de farmacist și comercianții de medicamente. Pocalul Hygeei, spre deosebire de acestea, subliniază prevenția bolilor și utilizarea substanțelor terapeutice pentru menținerea sănătății, având astfel un rol distinct în simbolistica medicală, fiind asociat atât cu farmacia, cât și cu prevenția și tratamentele sănătoase.

Utilizarea simbolului în alte culturi se reflectă diferit față de tradiția greco-romană. În medicina tradițională chineză, simboluri asociate cu sănătatea sunt folosite, dar nu există o echivalență directă cu Pocalul Hygeei. Totuși, conceptul de prevenție și de utilizare a substanțelor pentru îngrijirea sănătății este prezent și în cultura chineză. În medicina arabă, de asemenea, se pot observa influențe din tradițiile grecești, însă simbolul Pocalului Hygeei nu are o prezență dominantă în aceste culturi, deși abordările preventive sunt o parte esențială a medicinei tradiționale.

Simbolul Pocalului Hygeei joacă un rol esențial în heraldica și identitatea vizuală a sectorului farmaceutic, fiind integrat în sigiliile instituțiilor de învățământ farmaceutic și în stemele organizațiilor profesionale. În multe țări, asociațiile farmaceutice îl utilizează pentru a exprima angajamentul față de calitatea serviciilor de sănătate și protejarea intereselor publicului. Astfel, Pocalul Hygeei nu este doar un simbol al tradițiilor farmaceutice antice, dar și un element care reflectă adaptarea acestora la cerințele și valorile societății moderne, consolidând încrederea publicului în serviciile și produsele farmaceutice [6].

Concluzii

Simbolul Pocalului Hygeei, reprezintă o punte între tradițiile antice și domeniul medical modern, fiind un simbol esențial al sănătății, prevenției și farmaceuticii. Rădăcinile sale mitologice și istorice, legate de Hygeea, zeița greacă a sănătății și a igienei, subliniază importanța nu doar a tratamentelor curative, dar și a prevenirii bolilor, o filozofie ce continuă să fie relevantă astăzi în medicina umană și medicina veterinară.

Evoluția simbolului de-a lungul secolelor, de la Grecia și Roma Antică până la utilizarea sa modernă, reflectă progresul în înțelegerea și aplicarea științei medicale și farmaceutice. Pocalul Hygeei, a fost adoptat nu doar în contextul uman, dar și în medicina veterinară, simbolizând angajamentul față de sănătatea animalelor și utilizarea remediilor terapeutice cu responsabilitate.

Relevanța culturală și științifică a simbolului rămâne puternică, fiind asociată cu educația continuă, etica profesională și utilizarea rațională a medicamentelor. Astăzi, Pocalul Hygeei, continuă să fie un simbol al încrederii în știința medicală, promovând sănătatea publică, protejarea vieții și îmbunătățirea calității acesteia.

Bibliografie:

1. ASTON, E. *Asclepius and the legacy of Thessaly*. The Classical Quarterly, 2004, 54(1), pp.18-32. DOI: 10.1093/cq/54.1.18.
2. BAKKER, E. *Asclepius and Healing Rituals in Antiquity: The Temple of Asclepius in Epidaurus*. Journal of Ancient Religious Practices, 2000, vol. 13, no. 1, pp. 72-89.
3. BEUMER, M. A Woman's Touch. Hygieia, Health and Incubation. Journal of History of Sciences and Technology/DVT - Dejiny ved a techniky, 2022, 1-2 pp. 25-55. <https://doi.org/10.70391/7e6.1-2.b>.
4. BOWDEN, H. *Mystery Cults of the Ancient World*. Thames&Hudson, 2023, 320 p. ISBN-10: 0500297274.
5. CASTRO, W. L., ARIAS, C. U. *A review of the principle mythical gods in ancient greek medicine*. Gac Med Mex. 2014, 150(3), pp. 377-385.
6. EDELSTEIN, E. J., & EDELSTEIN, L. *Asclepius: Collection and Interpretation of the Testimonies*. Johns Hopkins University Press, 1998, 1, 782 p.
7. GREEN, M. *Exploring the World of the Druids*. Thames & Hudson, 1997, 192 p. ISBN 10: 050005083X.
8. LÉVI-STRAUSS, C. *The Structural Study of Myth*. Journal of American Folklore. 1963.76(301), pp. 328-336.
9. LIWETSKA-GARSTECKA, A. *The role of Incubation in Ancient Greek Asklepieions*. Athens Journal of History, 2024, vol. 10, pp. 323-344. ISSN: 2407-9677.
10. MCVAUGH, M. *Medicine Before the Plague: Practitioners and Their Patients in the Crown of Aragon*. Princeton University Press, 1993, 1285-1345. ISBN 0521412358.
11. MICHAEL, T. Compton, *The Association of Hygieia with Asklepios in Graeco-Roman Asklepieion Medicine*. Journal of the History of Medicine and Allied Sciences, 2002, 57(3), pp. 312-329. <https://doi.org/10.1093/jhmas/57.3.312>.
12. NORMAN, N. J. *Asklepios and Hygieia and the Cult Statue at Tegea*. American Journal of Archaeology, 1986. 90(4), pp. 425-430. DOI: 10.2307/506027. disponibil <https://www.jstor.org/stable/506027>.
13. NUTTON, V. *Hellenistic and Roman Medicine*. Cambridge University Press, 2018, pp. 316-344.
14. ANAGIOTIDOU, O. *Asclepius' Myths and Healing Narratives: Counter-Intuitive Concepts and Cultural Expectations*. Journal Open Library of Humanities, 2016, 2(1):p.e6. DOI:10.16995/olh.34. Disponibil: <https://olh.openlibhums.org/article/id/4415/>.
15. RAMOUTSAKI, I. A., HANIOTAKIS, S., TSATSAKIS, A. M. *The snake as the symbol of medicine, toxicology and toxinology*. Vet Hum Toxicol 2000, 42(5), pp. 306-8. PMID: 11003127.
16. RETIEF, F. P.; CILLIERS, L. *Snake and staff symbolism, and healing*. S Afr Med J. 2002, vol. 92, no.7, pp. 553-556.
17. RODRÍGUEZ PÉREZ D. *The Meaning of the Snake in the Ancient Greek World*. Arts. 2020, vol. 10, no. 1, pp. 1-26. <https://doi.org/10.3390/arts10010002>.
18. STEGER, F. *Asclepius*. Amsterdam University Press, 2024, 170 p. ISBN: 9789048562923.
19. WILCOX, R. A., WHITHAM, E. M. *The symbol of modern medicine: why one snake is more than two*. Ann Intern Med. 2003, 138(8), pp. 673-677. DOI: 10.7326/0003-4819-138-8-200304150-00016.

Date despre autori:

Sergiu BALACCI, dr., Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-9961-6806

E-mail: sergiobalacci@gmail.com

Valentina CIOCHINĂ, dr., conf. cerc., Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-0741-505X

E-mail: valentina.ciochina@gmail.com

Ion BALAN, dr. hab., conferențiar universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei.

ORCID: 0000-0002-5431-6057

E-mail: balanion@rambler.ru

Prezentat: 02.03.2025

CZU: [612 + 591.1]:378(478)(092)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_05](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_05)

**PROCESUL SINUOS DE ÎNFIINȚARE ȘI ORGANIZARE
AL CATEDREI DE FIZIOLOGIE A OMULUI ȘI ANIMALELOR
LA FACULTATEA DE BIOLOGIE ȘI PEDOLOGIE
DE LA UNIVERSITATEA DE STAT (1946-1960)**

Daniela HADÎRCA,

Universitatea de Stat din Moldova

Prezentul studiu realizează o analiză a procesului de creare și organizare a centrelor de cercetare și formare a specialiștilor în cadrul Catedrei de Fiziologie a Omului și Animalelor de la Facultatea de Biologie și Pedologie a Universității de Stat din Chișinău în perioada 1946-1960. Știința fiziologică în spațiul RSS Moldovenești a cunoscut un parcurs dificil din cauza conjuncturii istorice și ideologice, iar controlul ideologic a fost foarte pregnant atât în procesul de organizare, cât și cel de predare, ceea ce a influențat nemijlocit calitatea studiilor și a dezvoltării ca știință a fiziologiei. Studiul prezintă și succinte date biografice ale primelor cadre didactice, a procesului de dotare materială a catedrei și primele succese ale educației universitare în domeniul fiziologiei omului și animalelor.

Cuvinte-cheie: *catedră, fiziologie umană și animală, proces de organizare, ideologie, regim comunist.*

**THE WINDING PROCESS OF ESTABLISHING AND ORGANIZING
THE DEPARTMENT OF HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY AT
THE FACULTY OF BIOLOGY AND PEDODOLOGY
AT THE STATE UNIVERSITY (1946-1960)**

The present study analyzes the process of creating and organizing research centers and training specialists within the Department of Human and Animal Physiology at the Faculty of Biology and Pedology of the Chisinau State University during the period 1946-1960. Physiological science in the Moldavian SSR experienced a difficult course due to the historical and ideological context, and ideological control was very significant in both the organizational and teaching processes, which directly influenced the quality of studies and the development of physiology as a science. The study also presents brief biographical data of the first teaching staff, the process of equipping the department and the first successes of university education in the field of human and animal physiology.

Keywords: *department, human and animal physiology, organizational process, ideology, communist regime.*

Fiziologia umană este știința care studiază funcțiile organelor, sistemelor și relațiile dintre ele. Această știință analizează minuțios dezvoltarea normală și funcționarea organismului uman, soliditatea sa în raport cu mediul extern, comportament adaptiv în procesele emoționale și de gândire [2, p. 149-153]. Știința fiziologică în spațiul basarabean a cunoscut un parcurs dificil din mai multe cauze: *istorice* – teritoriul aflându-se sub diverse administrații (țaristă, română, sovietică) ceea ce s-a reflectat nemijlocit asupra dezvoltării tuturor științelor, *educaționale* – lipsa specialiștilor în domeniu și a unor instituții de cercetare (școli, universități, laboratoare), *ideologice* – implicarea politicului, în special în perioada sovietică, și din cauza convingerilor științifice (uneori eronate) ale unor fiziologi (cu precădere sovietici) se creau impedimente serioase în analiza și consultarea studiilor occidentale. Fiziologia, ca toate domeniile științei în Basarabia, a avut un caracter dezechilibrat în perioada secolului XIX – începutul secolului XX [6, p. 5-16], când era un amalgam de elemente, cercetarea era făcută de diletanți sau profesori din învățământul secundar laic și duhovnicesc [6, p. 7]. Majoritatea absolvenților își continuau studiile în centrele de învățământ din Imperiul Rus și un număr foarte mic puteau să acceadă la universitățile din Occident. Un debut firav de discuții pe subiecte ale fiziologiei în gubernie a fost odată cu crearea la 1904 a Societății Naturaliștilor și Amatorilor de Științe Naturale din Basarabia, care aduna medici, fiziologi, botaniști, chimiști, fizicieni, geologi din

contingentul local [6, p. 11]. A urmat perioada interbelică când s-au făcut eforturi pentru a integra știința din Basarabia cu cea din România, respectiv au fost deschise primele instituții de învățământ superior din regiune. Însă în perioada interbelică au prevalat studiile și cercetările în domeniile socio-umane. După reanexarea repetată a Basarabiei (1940 și 1944) de către URSS a fost demarat procesul de organizare a unor instituții științifice și de învățământ specializate în Chișinău: în octombrie 1944 Institutul Agricol „M. V. Frunze” (reînființat din octombrie 1940 pe baza Facultății de Științe Agricole, 1933); 1 decembrie 1944 Institutul Pedagogic de Stat „Ion Creangă” (creat din 16 august 1940); în octombrie 1945 este deschis Institutul de Medicină; din 1 octombrie 1946 este fondată Universitatea de Stat din Chișinău, redenumită Universitatea de Stat „V. I. Lenin”; la 12 iunie 1946 Baza Moldovenească de Cercetare Științifică a AȘ a URSS (viitoarea Academie de Științe a RSSM) [6, p. 13]. Începuturile sectorului instituțional a creat premise pentru organizarea, dezvoltarea pe domeniile ale științei. În primele decenii postbelice s-a pus accent în procesul de creare pe determinarea direcțiilor științifice prioritare și pregătirea specialiștilor calificați, desigur totul aflându-se sub un control absolut ideologic din partea statului.

Catedra de Fiziologie a Omului și Animalelor din cadrul Facultății de Biologie de la Universitatea de Stat „V. I. Lenin” din Moldova cu sediul în Chișinău (în continuare Universitatea de Stat), a cunoscut o traiectorie spinoasă în procesul de organizare, dotare și dezvoltare științifică. Încă din primii ani de la fondarea Universității de Stat, catedra respectivă figura în unele rapoarte ale rectorului, iar în unele era lipsă. Explicația rezidă din lipsa cadrelor didactice permanente, dificultăți de ordin ideologic, confruntări între oamenii de știință și pseudo-savanții, aliați ai regimului. Abia către 1950 catedra din prezentul studiu este inclusă în rapoartele și documentele partinice. Pentru a explica unele momente din istoria creării Catedrei de Fiziologie Umană și Animală de la nou-creata Universitate de Stat este necesar de a face o retrospectivă analitică a dezvoltării științei fiziologice în URSS.

Fiziologia în URSS

Perioada anilor 20 – 40 ai secolului XX începe cu o ediție extinsă a prelegerilor clasice ale lui fiziologul rus Iv. Pavlov despre fiziologia digestiei și se încheie cu cel de-al XV-lea Congres Internațional al Fiziologilor desfășurat în 1935, prezidat de însuși Pavlov [10, c. 190-191]. Ivan Pavlov (1849-1936) a fost medic și fiziolog rus, laureat al Premiului Nobel pentru Medicină (1904). El a fost primul care a demonstrat empiric existența unei conexiuni minte-corp, arătând modul în care variabilele mentale și emoționale pot influența procesele fizice ale corpului. A explorat, de asemenea, rolul personalității și al temperamentului în reacțiile fiziologice.

Aria școlilor științifice în domeniul fiziologiei s-a extins semnificativ în cursul anilor 30, sub oblăduirea academicianului Iv. Pavlov. Aceasta a fost perioada de glorie a școlilor fiziologice sovietice, generând apariția unor noi direcții promițătoare, care au oferit o varietate de școli: școala L. A. Orbeli, I. P. Anohin și L. S. Parin, N. A. Rozhansky [10, c. 190-191].

Perioada dramatică pentru știința fiziologică din URSS începe la sfârșitul anilor 40 – începutul anilor 50 ai sec. XX. Este una dintre cele mai sumbre, tulbure perioadă din istoria școlilor fiziologice în URSS. Cauza exclusivă au fost condițiile politice, ideologice și sociale care, deși, nu au nimic în comun cu știința, au reușit să se infiltreze, astfel radiind istoria și realizările anterioare, paralizând activitățile școlilor fiziologice din întreaga Uniune pentru mulți ani.

După cel de-Al Doilea Război Mondial, în anul 1947, a avut loc primul Congres al Fiziologilor, Farmacologilor și Biochimistilor din întreaga Uniune de unde au fost apreciate diversitatea, bogăția și realizările școlilor fiziologice [10, p. 214]. Cu toate acestea în anii următori au avut loc trei mari evenimente care vor afecta semnificativ știința fiziologică din URSS. Primul a fost sesiunea din august 1948 a Academiei Sovietice de Științe Agricole, care a avut consecințe nefaste asupra dezvoltării științelor biologice în URSS [11]. Genetica ca știință, precum și cercetătorii, care se ocupau cu studii în domeniu, au fost discreditați și concediați, inițiator al acestui proces fiind pseudo-savantul T. D. Lîsenko [11].

Lîsenko s-a prezentat cu un referat „Despre situația în știința biologică sovietică” în care susținea un șir de teorii absurde în domeniul biologiei, defăima și diminua importanța geneticii universale și sovietice [8, p. 23-47]. Pentru a întări deciziile luate în cadrul sesiunii din 1948, au fost organizate reuniuni comune ale Academiei de Științe a URSS și Academiei de Științe Medicale a URSS (28 iunie – 4 iulie

1950), apoi între 11 și 15 octombrie 1950 întâlnirea dintre reprezentanți ai prezidiului Academiei de Științe Medicale a URSS și Societatea comunității neuropatologilor și psihiatrilor, cunoscute ulterior ca „Sesiunile Pavlov” [7], de la fiziologul rus Iv. Pavlov. În cadrul acestor sesiuni un grup de cercetători, adepți înflăcărați ai regimului sovietic (A. G. Ivanov-Smolenskii, K.M. Bîkov, I. P. Razenkov ș.a.) au acuzat celălalt grup de savanți „de abatere de la învățăturile Pavlov” (L. A. Orbeli, L. S. Ștern, P. K. Anohin ș.a.) [7]. Acele sesiuni (considerate ulterior ca fiind rușinoase) au proclamat legitimitatea unei singure direcții în fiziologie – a învățăturilor lui Pavlov - discreditând astfel numele acestui mare savant timp de mulți ani.

Consecințele acelor sesiuni au fost dezastruoase pentru circa 20 de ani pentru științele din URSS: biologie, fiziologie, citologie, virologie, genetică și botanică. Aceste științe au fost practic izolate de cercetările internaționale și au fost luate sub un control absolut al ideologiei și politicului sovietic. De asemenea un număr impunător de savanți au fost concediați sau retrogradați (ca exemplu L. Orbeli, P. Anohin), dar au fost și arestați (în cazul profesorului L. Ștern).

Renașterea fiziologiei sovietice a început abia către sfârșitul anilor <50, când unii cercetători au avut curajul să conteste dezideratele celor trei ședințe cu concepții absurde.

Evoluția fiziologiei ca știință în URSS a influențat direct dezvoltarea acesteia în Republica Sovietică Socialistă Moldovenească.

Fiziologia în RSSM

În aceste condiții sub incidența controlului absolut al ideologiei comuniste a fost cuprinsă și Facultatea de Biologie a Universității de Stat, cu precădere Catedra de Fiziologie a Omului și Animalelor. Conform Hotărârii biroului de partid al organizației Universității, s-a decis întreruperea colaborării cu șeful de catedră V. P. Kolonii [4, p. 311], întrucât acesta nu asigura corect procesul de predare și s-a compromis printre studenți și profesori [4, p. 339]. Aceiași soartă a avut-o și cadrul didactic V. A. Sinelșcikov [4, p. 341], care fusese adus la facultate de către șeful de catedră demis, V. P. Kolonii.

V. A. Sinelșcikov a fost absolvent al Facultății de Biologie a Universității de Stat din Leningrad (1931-1935), specialitatea genetică [1, f. 2, 4], iar între anii 1935-1942 a activat în calitate de asistent și lector la Catedra de Biologie și Parazitologie a Institutului de Medicină Pediatrică din Leningrad [1, f. 8].

Urmare a „sesiunilor Pavlov” la 29 decembrie 1950 a fost organizată o ședință a biroului de partid al organizației primare a Universității de Stat [4, p. 341]. La ședința respectivă a fost analizat raportul șefului Catedrei de Fiziologie a Omului și Animalelor. Raportul prevedea restructurarea activității Catedrelor de Fiziologie a Omului și Animalelor și Zoologie în conformitate cu hotărârile sesiunii comune a Academiei de Științe a URSS și Academiei de Științe Medicale a URSS. Scopul ședinței a fost de a „combate influența Occidentului asupra fiziologiei sovietice” [4, p. 341]. Toate discuțiile au fost direcționate critic la adresa angajaților catedrei, care „își îndeplinesc anevoios deciziile luate în cadrul sesiunilor celor două academii” [4, p. 341], insuficient și-au organizat cursurile conform principiilor biologiei miciuriene și studiilor academicianului Pavlov [4, p. 342]. Cercetările științifice ale colectivului catedrei au fost evaluate ca fiind nesatisfăcătoare.

Biologia sau agrobiologia miciuriană a fost o școală pseudo-științifică care a înflorit în prima jumătate a secolului al XX-lea în URSS, iar ideile acesteia se răsfrângeau și asupra geneticii și fiziologiei umane și animale. Principiile agrobiologiei miciuriene sunt: 1) condițiile de viață ale plantelor și animalelor afectează ereditatea acestora; 2) anumite modificări ale condițiilor de viață pot provoca anumite schimbări ale eredității; 3) prin schimbarea conștientă a condițiilor de viață – „procesul de creștere” – a plantelor și animalelor, omul poate obține modificări direcționate ale caracteristicilor lor moștenite; 4) unele caracteristici dobândite sunt moștenite; 5) este posibilă transmiterea extra-cromozomială a caracteristicilor ereditare. Școala s-a dezvoltat sub conducerea lui T. D. Lîsenko și, de fapt, nu are o relație directă cu Iv. Miciurin.

Iv. Miciurin (1855-1935) a fost un botanist rus, specializat pe selecția pomilor fructiferi și autor al metodelor de încrucișare între plante care cresc în zone geografice diferite. Biologul susținea că mediul are o influență importantă asupra eredității organismelor, în special în unele stadii de dezvoltare a plantelor și la hibridi. De asemenea, Iv. Miciurin susținea posibilitatea formării hibridilor prin altoire și a respins inițial legile lui Mendel, în opinia sa, acestea erau valabile doar în condiții speciale [9]. Cu toate acestea, Miciurin nu a creat niciodată un sistem biologic general și nu a absolutizat influența mediului asupra eredității.

Chiar mai mult, în urma studiilor și analizelor ulterioare, Iv. Miciurin a acceptat învățăturile lui Mendel și a susținut că experimentele pe care le-a efectuat pentru a respinge legile mendeliene, au confirmat de fapt veridicitatea acestora [9].

În cadrul ședinței biroului de partid s-a hotărât ca planurile de studiu, tematica lucrărilor de an, licență și cercetările angajaților catedrei să fie elaborate în conformitate cu principiile biologiei miciiurine și studiile academicianului Pavlov [4, p. 342].

Printre cele mai mari critici aduse colaboratorilor catedrei se regăsesc în Hotărârea biroului de partid al organizației a Universității de Stat [4, p. 309]. În prezenta hotărâre este profund analizată activitatea Catedrei de Fiziologie a omului și Animalelor, fiind aduse remarci referitoare la dezvoltarea insuficientă a procesului de învățământ, iar cele mai aprigi blamări au fost îndreptate către activitatea neproductivă de instruire a metodelor marxist-leniniste [4, p. 310]. Șeful de catedră V.P. Kolonii și subalternii săi I. Sinelșikov și M. Kahana nu îndeplinesc normele elaborate la sesiunea BACXHИJI (Academia Sovietică de Științe Agricole „V. I. Lenin”), nu cunosc concepțiile anti-Pavlov ale academicienilor Iv. S. Beritov și L. Ștern [4, p. 311], de asemenea, în procesul de instruire nu aduc analize critice acestor teorii anti-științifice [4, p. 310]. De asemenea cursurile, care le predau aceiași didactici I. Sinelșikov și M. Kahana, sunt elaborate subiectiv, ignorându-se principiile istorice și partinice în știință și nu demonstrează lupta lui Lenin cu așa-numitul idealism fiziologic [4, p. 310], iar geniala lucrare a lui Lenin „Materialism și empiriocriticism” nu este recomandată studenților [4, p. 310].

La aceeași ședință s-a decis ca Laboratorul Fiziologiei a Animalelor, formate între 1949-1950 în cadrul Catedrei de Darwinism, să fie reorganizat și inclus în Catedra de Fiziologie a Omului și Animalelor [4, p. 343].

În rezultatul reorganizării, Catedra de Fiziologie a Omului și Animalelor trebuia completată cu cadre didactice competente, astfel schimbările au fost următoarele: din 1 septembrie 1950 asistentul Gh. Nica va ocupa o funcție deplină, din noiembrie 1950 profesorul I. Vul devenea șef de catedră, iar doctorul în științe medicale M. Kahana a fost transferat, din decembrie 1950, ca angajat de bază [4, p. 343], anterior acesta activând la mai multe spitale din Chișinău.

La ședința biroului de partid din 29 decembrie 1950 s-a decis organizarea și dotarea Catedrei de Fiziologia Omului și Animalelor. Astfel au fost alocate încăperi cu diferite destinații, după cum urmează [4, p. 347]:

1. auditoriu pentru predarea cursurilor pentru 60 persoane de 60 m²;
2. laborator pentru lecții practice pentru 16 studenți – 2 camere a câte 48 m² și 96 m²;
3. cameră pentru petrecerea studiilor individuale ale studenților absolvenți pentru 16 studenți – 48 m²;
4. sală preoperatorie – 12 m²;
5. sala operatorie pentru 3 locuri – 54 m² (3 nivele de 3x4 m);
6. clinica pentru 12 câini (locuri) – 48 m²;
7. uscătoria și spălătoria pentru animale – 12 m²;
8. camera pentru reflexe condiționate – 9x5 m – 2 camere a câte 90 m²;
9. încăpere pentru cercetări electrofiziologice – 24 m²;
10. preparatoria și laboratorul – 24 m²;
11. camera pentru cercetări științifice (pentru angajații catedrei) – 49 m²;
12. depozit – 24 m²;
13. cabinet pentru profesori – 10 m²;
14. cameră pentru asistenți – 15 m².

Încăperi pentru animale destinate experimentelor [4, p. 348]:

1. Vivariu mic pentru 25 de câini, 30 de iepuri, 35 de găini, 25 guzgani albi, 25 purceluși de mare, 100 șoareci albi, 50 porumbei.

2. Acvariu mic pentru 1500 de broaște.

3. Încăpere pentru preparatorul șef și depozit pentru vivariul mic.

4. Vivariu mare cu bucătărie pentru pregătirea hranei animalelor pentru 50 de câinii, 200 iepuri, 200 de găini, 100 de guzgani albi, 100 de porcușori de mare, 100 de șoareci albi, 100 de porumbei.

5. Acvariu mare de 5000 broaște.

Catedra urma a fi dotată cu: mobilă (o masă de chimie, 10 dulapuri de laborator, 20 mese de laborator, 100 scaune de laborator, tehnică pentru camera reflexelor condiționate, dulap oscilografic și hotă) și aparate

și dispozitive (oscilograf – 2, cronaximetru – 2, electrocardiograf – 2, galvanometre cu oglindă – 2, ampermetre și miliampermetre, voltmetre și milivoltmetre, bobine pe inducție, chimograf ș.a. – totul în sumă de 120 mii ruble, inventar mărunț în sumă de 20 mii ruble) [4, p. 348].

În aceeași hotărâre s-au luat decizii privind responsabilități de instruirea politică la Catedra de Fiziologie a Omului și Animalelor [4, p. 348] și în alte centre de studii din țară:

1. Predarea lecțiilor pe teme fiziologice, în special pe subiectul fiziologiei Pavlov – I. Vul, M. Kahana, Gh. Nica;

2. Consultații și demonstrații ale studiilor practice ale cercetătorului Pavlov cu scopul de a introduce cercetările în creșterea animalelor – asistentul Gh. Nica;

3. Instruirea profesorilor de la școala profesională de zootehnie cu studiile Pavlov – asistentul Gh. Nica;

4. Lecții demonstrative pentru elevii claselor 9-10 din școlile nr. 1 și 4 – profesorul M. Kahana și asistentul Gh. Nica;

5. Realizarea lecțiilor și stagiilor de calificare pentru profesorii de biologie cu cunoașterea fiziologiei Pavlov – I. Vul, M. Kahana, Gh. Nica;

6. Întărirea relațiilor cu publicul prin răspândirea cunoștințelor politice și științifice. Cum ar fi:

- „Moartea și învierea organismului” (cu demonstrarea unui film) – I. Vul;

- „Pavlov – marele fiziolog rus” – I. Vul;

- „Viața și activitatea primului fiziolog mondial I.P. Pavlov” – M. Kahana;

- „Metoda rece de creștere a animalelor tinere a unor animale a unor animale de fermă” – Gh. Nica,

- „Regulatori și stimulatori de viață în lumina învățurii Miciurin-Lîsenko” – M. Kahana.

Ridicarea nivelului ideologic și politic la catedră [4, p. 348]:

- Participarea profesorului I. Vul la lucrările cursului de filosofie de la catedra de filosofie;

- Docentul M. Kahana va audia primul curs de marxism-leninism de la universitate;

- Asistentul Gh. Nica va audia cursul doi de marxism-leninism de la universitate.

La ședința din 29 decembrie 1950 a biroului de partid a organizației primare a Universității de Stat au fost minuțios analizate neajunsurile activității catedrei și enumerate în hotărâre [4, p. 349], pentru a fi remediate în viitorul apropiat. Printre neajunsurile identificate se numără:

1. Studenții anului V nu au primit suficientă pregătire pentru anumite sectoare ale fiziologiei, atât în domeniul teoriei, cât și practicii. Cursul special pe fiziologia digestiei nu a fost predat, iar pe domeniul fiziologiei neuro-musculare au fost realizate doar 36 de ore. (Dat fiind faptul că Iv. Pavlov a obținut premiul Nobel pentru cercetările sale în domeniul fiziologiei digestiei, toate facultățile de biologie din URSS, inclusiv Universitatea de Stat din Chișinău, puneau accent în predarea cursurilor asupra fiziologiei digestiei.);

2. Subiectele unor teme de cercetare ale studenților nu au fost schimbate și nu corespund cu hotărârile sesiunii celor două academii. (Se face din nou referire la ședința din 1948 a Academiei de Științe a URSS și Academiei de Științe Medicale a URSS.).

Subiectele de cercetare nu au avut o bază practică suficientă. Cauza acestei lipse a fost generată și de lipsa dotărilor tehnice. De asemenea studenții nu au făcut cunoștință cu studiile școlii Vvedenskii. (N. E. Vvedenskii 1852-1922 - a fost fiziolog rus, care a studiat probleme de fiziologie generală și electrofiziologie, a studiat tiparele de răspuns ale țesuturilor vii la diverse iritații. Unul dintre fondatorii școlii fiziologice rusești. Pentru prima dată a descris reacțiile locale ale nervului la multe influențe fizice și chimice de intensitate semnificativă. El a creat doctrina proceselor de excitație și inhibiție. A explicat doctrina parabiozei. A descoperit fenomenul perielectrotonului. Meritele fiziologului rus erau pe alocuri hiperbolizate și impuse expres în programele de studiu.);

3. Cu toate că sunt puse în aplicarea practică studiile fiziologiei lui Pavlov, din cauza absenței condițiilor necesare, studenții nu au posibilitatea de a învăța corect îngrijirile postoperatorii pentru animalele operate și să însușească dinamica anumitor procese fiziologice;

4. Studiile asupra reflexelor condiționate sunt realizate într-un mediu primitiv de cercetare și adună un număr restrâns de studenți;

5. Lipsa dispozitivelor nu dau posibilitatea studenților din anul III să lucreze în mod individual asupra studiilor practice;

6. Metodele de lucru la catedră nu sunt dezvoltate.

7. Munca ideologică și politică cu personalul catedrei este realizat insuficient.

Concluziile ședinței biroului de partid din 29 decembrie 1950 au fost următoarele [4, p. 349]:

1. Programele pentru cursul comun de fiziologie a omului și a animalelor, cursurile speciale, practicile (mare și mică) să fie refăcute în concordanță cu hotărârile sesiunii comune (n.r. celor două academii);

2. Pentru lecțiile practice ale studenților și lucrărilor experimentale în domeniul activității nervoase este indispensabil:

- Dotarea urgentă a camerei pentru reflexe condiționate;
- Dotarea vivariului mic;
- Dotarea urgentă a clinicii pentru operarea animalelor;
- Dotarea pentru studiile în domeniul digestiei;

3. Pentru lecțiile practice ale studenților și experimentelor în domeniul fiziologiei neuro-musculare este indispensabilă echiparea cu aparate necesare (oscilograf, cronaximetru, electrocardiograf, bobine pe inducție, chimograf). Toate condițiile enumerate sunt capitale și pentru îndeplinirea cercetărilor științifice ale angajaților catedrei;

4. Pentru a stimula cercetarea individuală a studenților în practică este nevoie de a echipa catedra cu dispozitive pentru fiecare domeniu al fiziologiei;

5. Pentru a extinde cercetările demonstrative la lecții este nevoie de a îndeplini hotărârile sesiunii comune, prin angajarea la catedră a unui asistent.

În anul 1951 Catedra de Fiziologie a Omului și Animalelor, parte a Facultății de Biologie și Pedologie număra trei cadre didactice, dintre care doar unul dintre ei avea titlul științific de doctor [5, p. 96-97], acesta fiind I. Vul. După plecarea din funcție a lui V.P. Kolonii, șef de catedră este numit I. Vul, care a organizat și a asigurat buna funcționare a catedrei. Ilia Vul s-a născut în Jitomir, Imperiul Țarist, după absolvirea Institutului de Medicină din Odesa (1928) se angajează în calitate de colaborator la Institutul creierului din Sankt Petersburg. Către sfârșitul anilor 30 activează la Institutul de Medicină din Sankt Petersburg, apoi conduce catedra de fiziologia omului de la Institutul de Medicină din Krasnoyarsk. Își susține teza de doctor pe tema „Activitate nervoasă mai mare în ontogeneză”. În anii când este înființată Universitatea de Stat din Chișinău este trimis aici, unde va conduce din 1950 până în 1958 Catedra de Fiziologie a Omului și Animalelor a Facultății de Biologie și Pedologie. Profesorul universitar, doctor în științe medicale, Ilia Vul a depus eforturi ca să formeze și să atragă specialiști la catedră.

Unul dintre cei mai de seamă discipoli ai lui Ilia Vul, a fost Mareș Kahana care a realizat studii asupra sistemului nervos, cercetări privind activitatea bioelectrică a diferitor scoarțe cerebrale și a hipotalamusului [5, p. 187]. Mareș Kahana s-a născut la Iași (1901), unde și absolvă Facultatea de Medicină (1926). În anii de studenție se angajează la clinica de neuropsihiatrie „Socola”. În anii '30 activează în calitate de doctor la spitalul de neuropsihiatrie la spitalul din Târnăveni, România. În anii '40 vine la Chișinău unde va activa până în 1948 medic-endocrinolog. Între anii 1948-1949 este numit șef al Catedrei Fiziologia Omului și Animalelor, dar la scurt timp este înlocuit cu V.P. Kolonii. Anume studiile realizate în cadrul catedrei au contribuit la elaborarea și susținerea tezei de doctor a conferențiarului M. Kahana în 1962 [5, p. 187], cu titlul „Studiul mecanismelor corticoviscerale care reglează funcția tiroidiană”. Kahana este autor a 10 monografii în domeniul fiziologiei umane.

Un alt discipol a lui Ilia Vul și colaborator a lui Mareș Kahana a fost conferențiarul Gh. Nica, care a stabilit și a descris procesul formării activității motorice în ontogeneză [3, p. 68]. Gh. Nica vine la catedră în 1950, fiind apreciat ca un bun specialist, cu abilități deosebite ale tehnicii chirurgicale conform metodei Pavlov [4, p. 343].

Până în 1960 structura didactico-științifică a catedrei nu a suferit modificări, păstrând același număr de profesori. În 1960 este creată Facultatea de Educație Fizică, în cadrul căreia este transferată și reformată în Catedra Anatomia și Fiziologia Omului [5, p. 102]. Între anii 1965-1966 Catedra Anatomia și Fiziologia Omului însumează un număr de 8 cadre didactice, dintre care 5 bărbați și 3 femei, doar 3 aveau titlul de doctor, nici un profesor și un singur conferențiar [5, p. 104].

Catedra de Fiziologie a Omului și Animalelor din cadrul Universității de Stat va traversa în următorii ani etape de cotitură, cu noi procese de instituționalizare, optimizare și dezvoltare. Repercusiunile primilor ani de

formare se vor face resimțiți și în perioadele premergătoare, iar faptul că la conducerea catedrei va veni Boris Melnic, schimbările vor fi vizibile, anume prin rezultatele ce vor fi obținute de către colaboratori și studenți.

Concluzii

Știința fiziologică în spațiul basarabean a avut parte de vicisitudinile împrejurărilor istorice, care s-au răsfrânt asupra dezvoltării acestui domeniu. Prima fază progresivă, a început odată cu înființarea Catedrei de Fiziologie a Omului și Animalelor în cadrul Facultății de Biologie și Pedologie a Universității de Stat. Analiza procesului de organizare și evoluție a catedrei scoate în evidență carențele, impedimentele și încercările la care a fost supusă. Normele ideologice comuniste au planat activitatea științifică a catedrei, însoțite de hotărâri ale biroului de partid ale universității, care erau mereu coercitive. Cercetările fiziologice, precum și activitatea didactică erau verificate cu minuțiozitate, iar abaterile de la doctrină erau penalizate, fie prin atenționări, fie prin concedieri. Sub auspiciul ideologic au apărut și dezvoltat pseudo-științe în domeniul fiziologiei, care nemijlocit influențau transformările și cursul de cercetare pe teritoriul întregii Uniuni Sovietice, inclusiv RSSM. Astfel, în perioada 1946-1960, chiar dacă s-au pus bazele procesului de formare a științei fiziologice, a fost cea mai anevoioasă etapă, pentru că a cunoscut un puternic control din partea politicului și a încetinit evoluția acesteia.

Bibliografie:

1. *Arhiva Științifică Centrală a Academiei de Științe a Moldovei (AȘCAȘM)*, F. 1, inv.3, d. 276, f. 2, 4, 8.
2. Crivoi, A., Bacalov, I., Chirița, E. ș.a., „Formarea competențelor profesionale ale studenților la disciplina Fiziologie umană din cadrul Facultății de Biologie și Pedologie a Universității de Stat din Moldova”, în *lucrările Conferinței „The use of modern educational and informational technologies for the training of professional competences of the students in higher education institutions”*, Republica Moldova, 7-8 decembrie 2018, p. 149-153.
3. Crivoi A., Bacalov I., Chirița E. ș.a., „Fiziologia umană și animală ca știință în Republica Moldova: practici și oportunități de colaborare”. *Buletin Științific. Revista de Etnografie, Științele Naturii și Muzeologie*, nr. 34(47)/2021, pag. 68-78, ISSN 1857-0054.
4. Eremia, Ion (coordonator), „Istoria Universității de Stat din Moldova în documente și materiale”, vol. I, Chișinău, CEP USM, 2018, pag. 740, ISBN 978-9975-142-72-4.
5. Eremia, Ion (coordonator), „Istoria Universității de Stat din Moldova”, Chișinău, 2016, p. 529, ISBN 978-9975-71-823-3.
6. Jarcuțchi, I., Manolache, C., Xenofotov, I., „Știința în Republica Moldova”, în *Enciclopedia. Revistă de Istorie a Științei și Studii Enciclopedice*, nr. 1(4) 2013, p.11, ISSN 9771857365703.
7. Аршавский, М. А., *О сессии двух Академий // Репрессированная наука*. Выпуск 2. СПб.: Наука, 1994, с.239-242, <https://ihst.ru/projects/sohist/books/os2/239-242.htm>, consultat, 26.08.2024.
8. Конашев, М. Б., „Лысенкоизм как «белое пятно» в «социальной истории науки». Часть 3. в зеркале энциклопедий и справочников”. *Sociology of Science an Technology*, 2018, volume 9, nr. 2, p. 23-47.
9. Леонов, В., *Долгое прощание с лысенковщиной*. N-T.ru, Электронная библиотека. Наука и техника. Дата публикации: 15 августа 1999 года, <https://n-t.ru/tp/in/dpl02.htm>.
10. Ноздрачев, А. Д., Поляков, Е. Л., Вовенко, Е.П., Есауленко Е. Э., *Столетний юбилей Физиологического общества имени И. П. Павлова Российской Академии Наук*, Москва, 2017, ISBN 978-5-9500445-2-6.
11. Струнников, В. Шамин, А., „Лысенко и лысенковщина: особенности развития отечественной генетики”. „Скепсис” 18 martie 2008, https://scepsis.net/library/id_1794.html.

Date despre autor:

Daniela HADÎRCA, doctorandă, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0001-1188-1080

E-mail: dnastas@gmail.com

Prezentat: 02.03.2025

CZU: 591.69:636.597(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_06](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_06)

INFESTAȚII CU SPECII DE MALOFAGI LA RAȚE (*ANAS PLATYRHYNCHOS DOMESTICUS* L.) DIN ZONA DE CENTRU A REPUBLICII MOLDOVA

Maria ZAMORNEA, Dumitru ERHAN, Ștefan RUSU, Olesia GLIGA,

Universitatea de Stat din Moldova

Investigațiile cu privire la stabilirea diversității agenților parazitari la rațe (*Anas platyrhynchos domesticus* L.) au fost efectuate pe parcursul anului 2024.

Au fost recoltate 57 de eșantioane biologice din diverse gospodării particulare din zona de Centru a Republicii Moldova. Au fost identificate șase specii de malofagi, care aparțin la clasa Insecta, 3 familii (Trinotonidae, Philopteridae, Menoponidae) și 4 genuri (*Anatoecus*, *Anaticola*, *Trinoton*, *Menopon*). S-a stabilit extensivitatea (EI) și intensitatea infestației (II) cu următoarele specii de malofagi: *Anatoecus icterodes* EI – 7,0%, II – 2 – 4 ex., *Anatoecus dentatus* EI – 13%, II – 7 ex., *Anaticola crassicornis* EI – 14,0%, II – 10 – 57 ex., *Anaticola anseris* EI – 2,0%, II – 1,0 – 2,0 ex., *Trinoton querquedulae* EI – 5,0%, II – 2 – 4 ex. și cu specia *Menopon obscurum* EI – 4,0%, II – 2 – 9 ex. S-a stabilit, că speciile de malofagi înregistrate la palmipedele domestice (rațe) din familia Anatidae sunt comune la unele specii de păsări sălbatice de apă.

Cuvinte-cheie: rațe, infestații, ectoparaziți, malofagi, extensivitate, intensitate.

INFESTATIONS WITH MALOPHAGUS SPECIES IN DUCKS (*ANAS PLATYRHYNCHOS DOMESTICUS* L.) FROM THE CENTRAL AREA OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Investigations to establish the diversity of parasitic agents in ducks (*Anas platyrhynchos domesticus* L.) were carried out during 2024.

In the Central area of the Republic of Moldova, from various private households, 57 biological samples have been collected. Malophagus species (six species) have been identified, belonging to the class Insecta, 3 families (Trinotonidae, Philopteridae, Menoponidae) and 4 genera (*Anatoecus*, *Anaticola*, *Trinoton*, *Menopon*). The extensiveness (EI) and intensity (II) of infestation with the following malophagous species: *Anatoecus icterodes* EI – 7,0%, II – 2 – 4 ex., *Anatoecus dentatus* EI – 13%, II – 17 ex., *Anaticola crassicornis* EI – 14,0%, II – 10 – 57 ex., *Anaticola anseris* EI – 2,0%, II – 1,0 – 2,0 ex., *Trinoton querquedulae* EI – 5,0%, II – 2 – 4 ex. and with species *Menopon obscurum* EI – 4,0%, II – 2 – 9 ex., were determined. It has been established that the species of malophagous recorded in domestic palmipeds (ducks) of the family Anatidae are common in some species of wild waterfowl.

Keywords: ducks, infestation, ectoparasites, malophagous, extensiveness, intensity.

Introducere

Avicultura este o ramură importantă, prin faptul că permite creșterea mai multor specii de păsări domestice (rațe, găște, găini curci, bibilici, prepelițe) și semidomestice (fazani, potârniche, struți), ce oferă crescătorilor posibilitatea să aleagă specia cea mai potrivită, în raport de condițiile oferite și cererea pieții de consum [1].

Pe plan mondial, carnea de pasăre a câștigat o poziție importantă în raport cu alimentele de origine animală, datorită calităților nutritive și a costurilor reduse de obținere și procesare, comparativ cu alte surse de proteine de origine animală [2].

Prezența bolilor parazitare este neglijată de cele mai multe ori, cu toate că infestațiile pot fi fatale pentru pui și păsările slăbite. Prevalența și intensitatea infestațiilor pot fi influențate de numeroși factori, precum distribuția gazdelor intermediare, rata lor de infestație, numărul de ouă și larve infestante. Unii autori remarcă că galinaceele sunt mai receptive la infestare cu malofagi decât palmipedele [3].

Datele numeroase, privind invaziile păsărilor domestice, demonstrează că ele sunt, de obicei, parazitare

concomitent cu diferite specii de paraziți. Ecto- și endoparaziții păsărilor sunt răspândiți în toate unitățile avicole, indiferent de sistemele de exploatare: intensiv, parțial intensiv sau tradițional [4].

Conform datelor din literatura parazitologică, păsările sunt infestate concomitent cu numeroase specii de zooparaziți. Practic, la vârsta de peste câteva săptămâni, sunt permanent poliparazitate. Bolile parazitare, prin particularitățile nișei ecologice a agenților cauzali, prin particularitățile evolutive a entităților determinate, îndeosebi prevalența ridicată, pierderile economice însemnate și caracterul zoonotic al multora dintre ele, impun „o luptă antiparazitară” continuă. Această luptă se realizează prin controlul parazitologic și prin eradicarea parazitozelor [5].

Unii autori relevă, că malofagii nu numai că reduc rezistența organismului la boli, dar sunt purtători de viruși și rucheți, dar și gazde intermediare pentru tenii, filarii [6]. De aceea este important de evidențiat comunitățile parazitare ale păsărilor domestice și sălbatice, ceea ce este una din problemele actuale ale parazitologiei și ecologiei contemporane [8].

Material și metode

Investigațiile cu privire la stabilirea diversității agenților parazitari la rațe (*Anas platyrhynchos domesticus* L.), au fost efectuate pe parcursul anului 2024. Au fost recoltate 57 de eșantioane biologice din diverse gospodării particulare din zona de Centru a Republicii Moldova. Recoltarea probelor s-a efectuat individual și în grup. Ectoparaziții au fost colectați de pe păsări vii, conform unui procedeu nou, care este mai informativ [9] și metodei speciale de examinare și colectare a ectoparaziților la păsări [10]. Materialul colectat a fost examinat ulterior cu ajutorul lupei MBC-9 (ob.14x2) și a microscopului Novex Holland B ob. 20-40 WF 10x din 20mm, în laboratorul de Parazitologie și Helminnologie al Institutului de Zoologie, USM.

Rezultate obținute și discuții

În rezultatul studiilor parazitologice efectuate pe parcursul a mai multor ani s-a stabilit, că atât păsările domestice și sălbatice, cât și mamiferele sunt infestate cu diverși agenți parazitari, cu malofagi (cca 300 de specii). Trebuie de menționat faptul, că la păsările domestice au fost înregistrate parazitarea din 18 specii de malofagi (Tabelul 1) [11].

Tabelul 1. Diversitatea speciilor de malofagi la păsările domestice din Republica Moldova

№d/o	Specii de paraziți	Gazda
	MALOFAGI	
1.	<i>Cuculotogaster heterographus</i> (Nitzsch, 1866)	Găini (+), curci (++)
2.	<i>Chelopistes meleagridis</i> (Linnaeus, 1758)	Găini (+), curci (+++), picheri (+++)
3.	<i>Eomenacanthus stramineus</i> (Nitzsch, 1818)	Găini (+++), curci (+)
4.	<i>Goniocotes gallinae</i> (De Geer, 1778)	Găini (+++)
5.	<i>Goniocotes maculatus</i> (Taschenberg, 1882)	Găini (+), picheri (++)
6.	<i>Goniodes dissimilis</i> (Nitzsch, 1818)	Găini (+)
7.	<i>Menopon gallinae</i> (Linnaeus, 1758)	Găini (+++)
8.	<i>Menacanthus cornutus</i> (Schomer, 1913)	Găini (++)
9.	<i>Menacanthus pallidulus</i> (Neumann, 1912)	Găini (+)
10.	<i>Lipeurus caponis</i> (Linnaeus, 1758)	Găini (+)
11.	<i>Anaticola crassicornis</i> (Scopoli, 1763)	Rațe (+++), găște (+++)
12.	<i>Anatoecus dentatus</i> (Scopoli, 1763)	Rațe (++) , găște (+++)
13.	<i>Anatoecus icterodes</i> (Nitzsch, 1818)	Rațe (++) , găște (++)
14.	<i>Bonomiella columbae</i> (Emerson, 1957)	Porumbei (+)
15.	<i>Campanulotes compar</i> (Burmeister, 1838)	Porumbei (++)

16.	<i>Columbicola columbae</i> (Linnaeus, 1758)	Porumbei (+++)
17.	<i>Hochorstiella lata</i> (Piaget, 1880)	Porumbei (+)
18.	<i>Neocolpocephalum turbinatum</i> (Denny, 1842)	Porumbei (++)

Legendă: (+++) – infestare masivă; (++) – infestare moderată; (+) – infestare slabă

În rezultatul cercetărilor parazitologice efectuate pe parcursul anului 2024 la palmipelele domestice rațe (*Anas platyrhynchos domesticus* L.) s-a stabilit că ele sunt infestate cu diverse specii de agenți parazitari periculoși. S-a stabilit infestarea palmipedelor domestice din familia *Anatidae* (rațe) cu 6 specii de malofagi, care taxonomic aparțin la clasa Insecta, 3 familii (Trinotonidae, Philopteridae, Menoponidae) și 4 genuri (*Anatoecus*, *Anaticola*, *Trinoton*, *Menopon*).

Prevalența infestării cu ectoparaziți la rațe domestice (*Anas platyrhynchos domesticus* L. 1758) din zona de Centru a Republicii Moldova a constituit din următoarele specii de malofagi: *Anatoecus icterodes* (Nitzsch, 1818), EI – 7,0%, II – 2 – 4 ex., *Anatoecus dentatus* (Scopoli, 1773), EI – 13%, II – 17 ex., *Anaticola crassicornis* (Scopoli, 1763), EI – 14,0%, II – 10 – 57 ex., *Anaticola anseris* (Linnaeus, 1758), EI – 2,0%, II – 1,0 – 2,0 ex., *Trinoton querquedulae* (Linnaeus, 1758), EI – 5,0%, II – 2 – 4 ex. și specia *Menopon obscurum* (Piaget, 1880), EI – 4,0%, II – 2 – 9 ex. (Tabelul 2).

Tabelul 2. Prevalența infestării cu malofagi la rațe din zona de Centru a R. Moldova

№d/o	Specii de ectoparaziți	EI, %	II, ex.
MALOFAGI			
1.	<i>Anatoecus icterodes</i> (Nitzsch, 1818),	7,0	2-4
2.	<i>Anatoecus dentatus</i> (Scopoli, 1763),	13,0	17,0
3.	<i>Anaticola crassicornis</i> (Scopoli, 1763),	14,0	10-57
4.	<i>Anaticola anseris</i> (Fabricius, 1805)	2,0	1-2
5.	<i>Trinoton querquedulae</i> (Linnaeus, 1758)	5,0	2-4
6.	<i>Menopon obscurum</i> (Piaget, 1880)	4,0	2-9

Din speciile stabilite la rațe, cel mai înalt nivel de infestare cu malofagi a fost înregistrat cu speciile: *Anaticola crassicornis* (14,0%) și *Anatoecus dentatus* (13,0%) (fig. 1).

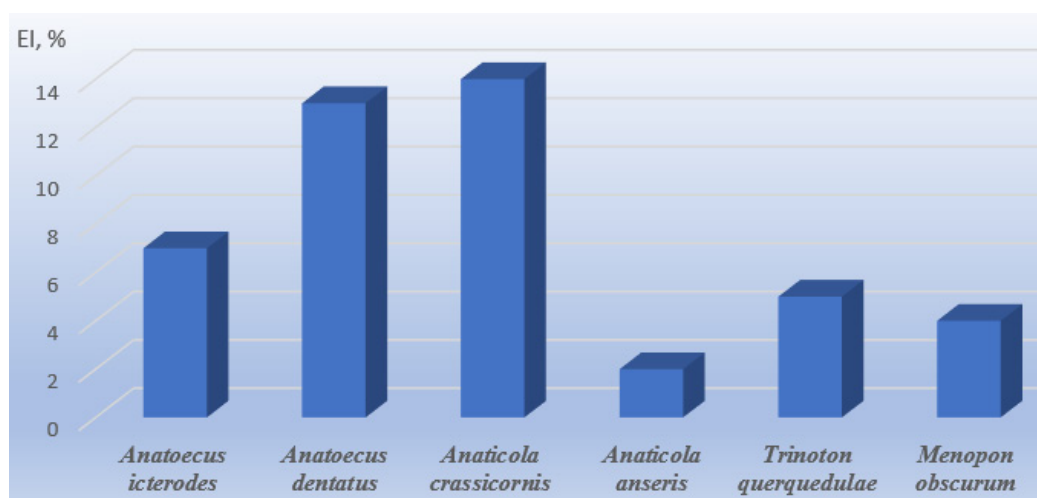


Figura 1. Extensivitatea infestării cu malofagi la rațe (*Anas platyrhynchos domesticus* L.)

Cel mai scăzut nivel de infestare a fost cu speciile de malofagi *Anaticola anseris* (2,0%) și *Menopon obscurum* (4,0%).

Totodată, s-a înregistrat, că speciile de malofagi stabilite la palmipelele domestice din familia *Anatidae* (rațe) sunt comune la mai multe specii de păsări sălbatice de apă și pot servi în calitate de gazdă pentru acești agenți parazitari periculoși (tab. 3).

Tabelul 3. Specii de malofagi la rațe domestice specifice și comune pentru alte specii de păsări sălbatice acvatice

Nr. ctr.	Specia parazitului	Gazda	
		Specifici	Comuni
1.	<i>Anatoecus icterodes</i> (Nitzsch, 1818)	gâscă domestică, rață domestică	Rață cu cap castaniu, rață fluierătoare, rață lingurar, rață pestriță, rață moțată, rață mică, rața mare
2	<i>Anatoecus dentatus</i> (Scopoli, 1773)	rață domestică	Rață cu cap negru, rață cu cap castaniu, rață fluierătoare, rață lingurar, rață pestriță, rață moțată, rață sulițar, rață mică
3	<i>Anaticola crassicornis</i> (Scopoli, 1763)	rață domestică, gâscă domestică	Rață cu cap castaniu, rață fluierătoare, rață lingurar, rață pestriță, rață sulițar, rață moțată, rață mică, rața mare, rața mandarin
4	<i>Anaticola anseris</i> (Linnaeus, 1758)	gâsca domestică	Rață domestică, gâscă sălbatică, lebedă
5	<i>Menopon obscurum</i> (Piaget, 1880)	rață domestică	Gâsca domestică
6	<i>Trinoton querquedulae</i> (Linnaeus, 1758)	rață domestică	Gâsca domestică, rață mică, rață sulițar, rață moțată, rață cu cap castaniu

Așadar, cercetările parazitologice efectuate contribuie la ameliorarea producției de carne și ouă, diminuarea morbidității, mortalității și costurilor tratamentelor prin dezvoltarea și aplicarea a unei strategii de control parazitologic integrat.

Concluzii

1. S-a stabilit, prevalența infestării cu ectoparaziți la rațe domestice (*Anas platyrhynchos domesticus* L. 1758) din zona de Centru a Republicii Moldova, care a constituit din următoarele specii de malofagi: *Anatoecus icterodes* (Nitzsch, 1818), EI – 7,0%, II – 2 – 4 ex., *Anatoecus dentatus* (Scopoli, 1773), EI – 13%, II – 17 ex., *Anaticola crassicornis* (Scopoli, 1763), EI – 14,0%, II – 10 – 57 ex., *Anaticola anseris* (Linnaeus, 1758), EI – 2,0%, II – 1,0 – 2,0 ex., *Trinoton querquedulae* (Linnaeus, 1758), EI – 5,0%, II – 2 – 4 ex. și specia *Menopon obscurum* (Piaget, 1880), EI – 4,0%, II – 2 – 9 ex.

2. Speciile de malofagi stabilite la rațe (*Anas platyrhynchos domesticus* L) din familia *Anatidae* sunt comune la mai multe specii de păsări sălbatice de apă și servesc ca gazde pentru acești agenți parazitari periculoși.

Bibliografie:

1. USTUROI, M. G. *Study of certain factors influencing meat production in Ross-308 chicken hybrid*. Scientific Papers-Animal Science Series. Iasi, 2015, vol. 64, p.114-116
2. FLETCHER D. L. Poultry meat quality. *World Poultry Science Journal*, 2002, no.58(2), p. 131-145. DOI:10.1079/WPS20020013
3. ȘUTEU, I., COZMA, V. *Parazitologie clinică veterinară*. Edit Risoprint, Cluj-Napoca, 2007, Vol. 2, 349 p. ISBN 973-656-632-3.
4. ZAMORNEA, Maria „Diversitatea parazitozelor la păsările domestice și modificările morfofiziologice la *Gallus gallus domesticus* după tratamentul antiparazitar”. Teză de doctor în biologie. Chișinău: 2009, 126 p.
5. MITREA, I. *Controlul parazitologic – concept biologic, medical și economic*. Scientia Parasitologica. Cluj-Napoca, 2002, vol. 1, p. 79-89.

6. JOHNSON, K. P. & CLAYTON, D. H. *The biology, Ecology and Evolution of Chewing Lice*. In: *The Chewing Lice: World Checklist and Biological Overview*. Illinois Natural History Survey Special Publication 24, 2003, pp. 1-25.
7. АКБАЕВ, Р. М. Видовой состав и сезонная численность пухопереедов возбудителей маллофагоза кур // *Ветеринария*, 2010, №10, с. 31-32
8. ТОДЕРАШ, И. и другие. Роль птиц и эктопаразитов в поддержании, возобновлении и возможном появлении новых очаговых зоонозных инфекций. *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*, 2008, nr 2, p. 4-10. ISSN 1857-2103.
9. INSTITUTUL DE ZOOLOGIE AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI. *Procedeu de colectare a ectoparaziților de la păsări: brevet de invenție: brevet MD nr. 3441, .G2 Inventatori: LUNCAȘU, M., ZAMORNEA, M. Publ. 2007.12.31, BOPI nr. 12/2007.*
10. ДУБИНИНА, М. Н. *Паразитологическое исследование птиц*, 1955. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 157 с.
11. ЛУНКАШУ, М., ЕРХАН, Д., РУСУ, С., ЗАМОРНЯ, М. *Пухоеды (insecta: Mallophaga) домашних и диких птиц Молдавии и западных областей Украины*. Chișinău, 2008, 376 p. ISBN 978-9975-62-214.

N. B.: *Investigațiile au fost realizate cu suportul proiectului instituțional – Program de Stat cu tema: „Diversitatea artropodelor hematofage, a zoo- și fitohelminților, vulnerabilitatea și strategiile de tolerare a factorilor climatici, elaborarea și implementarea procedurilor inovative de control integral al speciilor de interes comunitar”, cu cifra: 20.80009.7007.12 F și a Subprogramului cu cifra 010701 „Evaluarea structurii și funcționării biocenozelor, habitatelor acvatice și terestre sub influența factorilor biotici și abiotici în contextul asigurării securității ecologice și bunăstării populației” din cadrul USM.*

Date despre autori:

Maria ZAMORNEA, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, cercetător științific coordonator, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8987-3390

E-mail: mariazamornea@gmail.com

Dumitru ERHAN, doctor habilitat în științe biologice, profesor cercetător, membru de onoare al Academiei de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu-Șișești” din România, cercetător științific principal, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-9722-4382

E-mail: dumitruerhan@yahoo.com

Ștefan RUSU, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, șeful Laboratorului de Parazitologie și Helminnologie, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-3322-9173

E-mail: rusus1974@yahoo.com

Olesea GLIGA, doctor în științe biologice, cercetător științific coordonator, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-4917-5156

E-mail: oleseagliga@gmail.com

Prezentat: 18.02.2025

FACTORI INTRIN- ȘI EXTRINSECI CU IMPACT SANOGEN ȘI DISSANOGEN ASUPRA PROCESULUI DE ABSORBȚIE A NUTRIENȚILOR ÎN INTESTINUL SUBȚIRE

Vladimir ȘEPTIȚCHI, Ana LEORDA,

Universitatea de Stat din Moldova

Pe baza unei analize cuprinzătoare a literaturii de specialitate moderne și a propriilor date experimentale au fost identificați factori intrinseci cu caracter sanogen și dissanogen la nivelul elementelor celulare și organelor care asigură direct absorbția nutrienților în intestinul subțire, precum și la nivelul reglării nervoase și hormonale a acestui proces și factori extrinseci. Factori extrinseci cu caracter sanogen: alimentația sanogenă; expunerea periodică de scurtă durată la factori de stres de menajare; consumul regulat de nutrienți, care contribuie la prevenirea și corectarea tulburărilor de digestie și absorbție; activitate fizică moderată; menținerea bacteriocenozei intestinale în stare sanogenă. Factori extrinseci cu caracter dissanogen: nerespectarea principiilor alimentației sanogene, în special în ontogeneza postnatală timpurie; expunerea periodică la stres excesiv; activitate fizică redusă sau în exces; expunerea la factori, care dereglează compoziția bacteriocenozei intestinale; consumul cronic de alcool; infecții virale și bacteriene, care contribuie la dezvoltarea gastroenteritelor.

Cuvinte-cheie: *absorbția nutrienților, intestin subțire, factori intrinseci, factori extrinseci, alimentație sanogenă, reglare nervoasă, reglare hormonală.*

INTRINSIC AND EXTRINSIC FACTORS WITH SANOGENIC AND DYSSANOGENIC IMPACT ON THE PROCESS OF NUTRIENT ABSORPTION IN THE SMALL INTESTINE

Based on a comprehensive analysis of modern specialized literature and our own experimental data we identified intrinsic factors of sanogenic and dissanogenic nature at the level of cellular elements and organs that directly ensure nutrient absorption in the small intestine, as well as at the level of nervous and hormonal regulation of this process, and extrinsic factors. Extrinsic factors of sanogenic nature: sanogenic nutrition; periodic short-term exposure to gentle stress factors; regular consumption of nutrients that help prevent and correct digestive and absorption disorders; moderate physical activity, maintaining intestinal bacteriocenosis in a sanogenic state. Extrinsic factors of a dissanogenic nature: failure to comply with the principles of sanogenic nutrition, especially in early postnatal ontogenesis; periodic exposure to excessive stress; decreased or excessive physical activity; exposure to factors that deregulate the composition of the intestinal bacteriocenosis; chronic alcohol consumption; viral and bacterial infections that contribute to the development of gastroenteritis.

Keywords: *nutrient absorption, small intestine, intrinsic factors, extrinsic factors, sanogenic nutrition, nervous regulation, hormonal regulation.*

Introducere

O condiție necesară pentru dezvoltarea metodelor de formare direcționată și menținere a stării morfofuncționale a unui anumit sistem este identificarea unităților structurale și funcționale ale diferitelor funcții, mecanismele de formare și reglare ale acestora în diferite condiții de activitate ale organismului uman, identificarea diversilor factori intrin- și extrinseci implicați în formarea și reglarea funcțiilor, determinarea limitelor de sanogenitate și patogenitate a influenței acestora [1-4]. Acest lucru se referă direct și la sistemul digestiv. Intestinul subțire este unul dintre cele mai importante compartimente ale tractului gastrointestinal (TGI), implicat în digestia și absorbția nutrienților și joacă, de asemenea, un rol important în funcția endocrină și apărarea imună a organismului.

Rezultate și discuții

Capacitatea digestivă și de absorbție a intestinului uman este strâns legată de caracteristicile și rata metabolică a fiecărui individ. Pentru a asigura absorbția, peretele intestinal posedă unele zone anatomice, grație cărora suprafața de absorbție crește prin intermediul a trei structuri:

1. Pliuri sau creste ale mucoasei intestinale;

2. Vilozități, excrescențe în formă de degete de 0,5–1,0 mm lungime, acoperite cu celule absorbante ale mucoasei (enterocite) care măresc capacitatea de absorbție a intestinului mamiferelor cu o rată metabolică mai mare;

3. Enterocitele au pe membrana apicală excrescențe suplimentare asemănătoare degetelor – microvilozități, care alcătuiesc membrana marginii „în perie” a enterocitelor. Aceste caracteristici măresc aria de absorbție a intestinului uman la 200 m². Fiecare vilozitate este alimentată de o arteriolă și drenată de o venulă și un canal limfatic. Venulele se scurg în vena portă hepatică și transportă nutrienți solubili în apă. Canalele limfatice fac parte din sistemul limfatic și transportă produse insolubile în apă ale digestiei și absorbției grăsimilor în ductul toracic și apoi în vena subclaviculară. Acest fapt denotă, că majoritatea lipidelor din dietă evită metabolismul de „prim pasaj” de către ficat și mai întâi sunt metabolizate de țesuturile periferice. Sângele irigă abundent (500 ml/min) intestinul prin numeroase artere mici, care se ramifică din arcul arterei mezenterice. Acest sânge curge prin vena portă către ficat, care reglează aportul de nutrienți către periferie prin vena hepatică în vena cavă inferioară. Doar un sfert din acest sânge alimentează submucoasa, membranele musculare și serosae, iar restul merge în stratul de mucus, care manifestă un metabolism foarte activ (deci, necesită un aport bun de oxigen), unde nutrienții absorbiți sunt rapid diluați și îndepărtați în vena portă, prevenind astfel apariția oricăror sarcini osmotice mari. În unele privințe intestinul se comportă ca un „pre-ficat” deoarece: metabolizează cantități semnificative de glucoză și aminoacizi din dietă; transformă și descompune complet arginina și nucleotidele alimentare; detoxifică medicamentele și toxinele din alimente prin acțiunea enzimelor citocromului P450 mucoasei și a UDP-glucoziltransferazelor și sulfotransferazelor; dislocă toxinele înapoi în lumenul intestinal prin acțiunea transportorilor membranari, cărora le poate fi atribuit rolul de asigurare a rezistenței multiple la medicamente (transportori ai glicoproteinei P și *ATP-binding cassette*) [5-13]. Organul principal de absorbție a nutrienților este intestinul subțire, cu toate acestea, o cantitate mică de glucoză, peptide și aminoacizi este absorbită în cavitatea bucală, iar o cantitate mică de acizi grași cu lanț scurt, apă și alcool etilic este absorbită în stomac. În colon are loc absorbția de acetat, propionat, butirat, acizi grași dicarboxilici și cei cu lanț scurt, apă, magneziu și calciu sub formă de săpunuri – săruri ale acizilor grași [6, 7]. Nutrienții absorbiți trebuie să depășească patru bariere pentru a ajunge în fluxul sanguin [6, 12]: 1) stratul de mucus – o barieră de difuzie destul de subțire în intestinul subțire; 2) membrana apicală a enterocitelor, care necesită proteine de transport pentru moleculele solubile în apă; 3) enterocitul – o barieră metabolică care poate metaboliza nutrienții; 4) membrana bazolaterală, care necesită din nou proteine de transport pentru moleculele solubile în apă. Pe lângă proteinele de transport, absorbția este îmbunătățită prin compartimentarea metabolică în enterocit, ceea ce previne metabolismul excesiv (de exemplu, doar 10% din glucoza absorbită). Cea mai mare parte a absorbției substanțelor dizolvate are loc prin membrana enterocitelor (transcelulară), dar o parte are loc prin joncțiunea strânsă dintre enterocite (paracelulară). În prezent, au fost identificați principalii transportatori intestinali, au fost introduse denumiri ale sistemelor de transport, ale proteinei de transport și denumirea genei pentru această familie de transportatori ai substanțelor solubile. Trebuie remarcat faptul, că procesul de identificare a transportatorilor și a genelor acestora a fost dificil. În primul rând, sistemele au fost clasificate în funcție de capacitatea lor de a transporta substraturile în mod competitiv, cu afinitate scăzută sau înaltă. Următorul pas a fost studiul expresiei în ovocite, care nu posedă funcții de transport. Apoi, proiectul „Genomul Uman” a făcut posibilă depistarea corespunderii fiecărui transportor unei anumite gene [5, 12]. Deși transportă substraturi diferite, acestea posedă multe caracteristici structurale comune. Au regiuni de aminoacizi hidrofobi, care se pot plia în elice și grupându-se cuprind membrana, formând un „por” prin care substraturile pot fi transportate. Părți ale proteinei (care poartă adesea un polimer de zahăr) se găsesc în afara membranei și pot acționa ca un receptor de semnalizare pentru a permite altor compuși să controleze viteza de transport a substratului de bază. Alternativ, proteina de transport poate fi asociată cu o altă proteină reglatoare care poate însoți trans-

portorul în membrană și, astfel, modulează capacitatea de transport [12, 14]. Transportul poate fi fie pasiv, permițând concentrației de nutrient transportat să atingă echilibrul pe ambele părți ale membranei, fie activ, ceea ce permite atingerea unei concentrații mai mari pe o parte a membranei decât pe cealaltă. Transportorii pasivi sunt cei, care funcționează printr-un mecanism de difuzie facilitată, precum și canalele ionice, care permit transportul unei substanțe dizolvate prin membrană în orice direcție. Prin urmare, transportul are loc după gradientul de concentrație (așa-numitul „transport descendent”). Acumularea materialului transportat în celula intestinală poate rezulta fie din metabolizarea ulterioară într-un compus, care nu traversează membrana (de exemplu, vitamina B₆ se acumulează intracelular prin fosforilarea la fosfat de piridoxal), fie prin legarea de proteinele citosolice (de exemplu feritina, care leagă fierul). Transportorii activi sunt sisteme care transportă substanțe împotriva gradientului de concentrație, asociate fie cu utilizarea directă a ATP-ului (transportatori de tip P), fie cu cotransportul unui ion de-a lungul gradientului său de concentrație (simporterii, care transportă două substanțe dizolvate în paralel). Utilizarea directă a ATP-ului implică fosforilarea proteinei de transport, permițându-i acesteia să transporte una sau mai multe molecule dintr-o substanță nutritivă într-o singură direcție; transportul nutrientului determină defosforilarea proteinelor, închizând astfel porii. Simporterii folosesc, de obicei, gradientul de ioni de sodiu prin membrană, deși unele sisteme utilizează gradientul ionilor de hidrogen. Gradientul ionic este creat de ATPazele membranare, care pompează ioni prin membrană. Absorbția glucozei și a unor aminoacizi în intestin este efectuată de către simporterii sodiu [5, 6, 8, 12]. Absorbția nutrienților transportați activ în intestinul subțire este electrogenă. Astfel, calea de bază pentru transportul glucozei alimentare din lumenul intestinal la enterocite este cotransportorul Na⁺/glucoză (SGLT1), deși transportorul de glucoză de tip 2 (GLUT2) poate juca, de asemenea, un anumit rol. Potențialul membranal al celulelor epiteliale ale intestinului subțire este important pentru reglarea activității SGLT1. Menținerea potențialului membranal depinde în principal de activitatea canalelor cationice și a transportorilor. Potențialul membranal este controlat în primul rând de activitatea canalelor K⁺-tensio-dependente (Kv). Reducerea activității canalelor Kv prin utilizarea inhibitorilor acestora duce la depolarizarea membranei [15, 16]. În studii, efectuate la Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie al Universității de Stat din Moldova, a fost depistat rolul important al calciului în reglarea absorbției glucozei în intestinul subțire, iar concentrația optimă ai ionilor de calciu în enterocit reprezintă una dintre condițiile necesare pentru menținerea procesului de absorbție a glucozei în limite sanogene. S-a stabilit, că calciul afectează absorbția glucozei prin modificarea nivelului activității funcționale a sistemului activ de transport Na⁺-dependent, mediat de transportorul SGLT1 [17-19]. Tot mai multe dovezi sugerează, că calciul citosolic ([Ca²⁺]cyt) poate regla absorbția de glucoză prin reglarea GLUT2 și SGLT1 [20, 21]. Rolul canalelor de calciu în procesul absorbției glucozei în celule a fost demonstrat *in vitro* [22]. Funcționarea sistemului de transport activ în intestinul subțire este reglată de proteinkinazele A (PKA) și C (PKC), 8-Br-cAMP, fosfoinozitol-3-kinază, proteinkinaza activată de mitogen (ERK, p38), serină-treonin kinaza, proteina de răspuns la stres oxidativ tip 1 (OXSR1), SPS1 – legată de kinază bogată în prolină/alanină (SPAK), proteinkinaza activată de AMP (AMPK), kinaza 3 inductibilă de glucocorticoizi (SGK3), calea de semnalizare NF-κB, peptida 2 asemănătoare glucagonului, insulină, leptină, starea de foame, conținutul de carbohidrați în dietă [23-31]. Reglarea difuziei facilitate în membrana apicală a enterocitelor include: SGLT1, PKC, fosfatidilinozitol-3-kinaza, căile de semnalizare a proteinkinazei activată de mitogen (ERK, p38), peptida 2 asemănătoare glucagonului, diabetul, starea de foame, statutul energetic al celulei intestinale, conținutul alimentar de carbohidrați [24, 29, 32]. Un rol important în dezvoltarea și formarea intestinului, inclusiv a sistemelor sale digestive și de transport, precum și reglarea activității acestora în organismul matur aparține anumitor hormoni și factori hormonal. Reglarea hormonală a dezvoltării și activității intestinului subțire este extrem de complexă și nu este pe deplin înțeleasă [33-36]. Însă este cunoscut, că include o mulțime de hormoni, factori hormonal de creștere și factori de transcripție. Aceștia sunt, în particular, hormonii cortexului suprarenal, glandei tiroide, factorul de creștere epidermică (EGF), factorul de creștere transformator β (TGFβ), factorii de creștere asemănătoare insulinei I și II (IGF-I și IGF-II), factorul de creștere a hepatocitelor (HGF), peptida 2 asemănătoare glucagonului (GLP-2). Receptorii pentru toți acești inductori hormonal sunt prezenți în intestinul fătului, omului adult și a rozătoarelor [28, 37]. Principalul factor hormonal în maturizarea intestinului subțire la om este considerat a fi cortizonul, al cărui nivel crește la sfârșitul sarcinii,

iar la șobolani – corticosteronul. Până în prezent, opiniile cercetătorilor despre rolul corticosteroizilor în reglarea absorbției monozaharidelor în intestinul subțire rămân extrem de controversate. S-a constatat, în special, că administrarea perorală de dexametazonă crește intensitatea transportului de glucoză în intestinul subțire al șoarecilor, fiind însoțită de o creștere a expresiei ARNm a transportorului de glucoză Na⁺-dependent [38]. Alți autori concluzionează, că glucocorticosteroizii nu afectează componenta activă a transportului glucozei, mediată de transportorul SGLT1, dar stimulează procesul de absorbție a fructozei în intestinul subțire, fapt, care totuși nu se corelează cu nivelul de expresie al ARNm GLUT5 [39]. În același timp, o serie de studii au constatat o scădere semnificativă a transportului de glucoză în jejun sub influența injectării cu dexametazonă [40, 41]. Reducerea absorbției intestinale a glucozei sub influența dexametazonei este asociată fie cu o scădere a expresiei ARNm SGLT1 [32, 36], fie cu suprimarea componentei de absorbție a glucozei, mediată de transportorul GLUT2 [40]. Autorii unuia dintre studii au observat o creștere a absorbției fructozei în ileonul șobolanilor, dar o scădere a absorbției acesteia în jejun, care în ambele cazuri nu s-a corelat cu nivelul de exprimare a ARNm a transportorilor de fructoză GLUT2 și GLUT5 [41]. Există dovezi, că administrarea dexametazonei femelelor care alăptează crește intensitatea transportului de glucoză la puii lor în timpul alăptării, dar determină o scădere a absorbției acestei monozaharide atunci când puii de șobolan trec la alimentația definitivă [42]. La studierea efectului corticosteroizilor în experimente cronice *in vivo*, folosind inhibitori ai transportorilor SGLT1 și GLUT2 la Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, s-a constatat că dexametazona în doze care depășesc 0,2 mg/kg inhibă componenta Na⁺-dependentă a absorbției libere a glucozei la 50 de min după administrare, dar crește viteza de absorbție a fructozei [43]. Pe baza acestor date, dexametazona are efecte diferite asupra sistemelor de transport activ și pasiv din intestinul subțire. Studiile reglării hormonale a absorbției carbohidraților în intestinul subțire, realizate în cadrul Institutului de Fiziologie și Sanocreatologie denotă, că catecolaminele joacă un rol important în reglarea absorbției glucozei [44-46]. S-a stabilit, că adrenalina și precursorul său norepinefrina, fiind administrate în doze mici (0,05 și 0,1 mg/kg), cresc viteza de absorbție a glucozei, iar în doze mari (1 și 2 mg/kg) inhibă procesul de transport. S-a depistat, că efectul stimulator al adrenalinei asupra absorbției glucozei este mediat de receptorii β-adrenergici, iar efectul inhibitor – de receptorii α-adrenergici (atât α₁, cât și α₂); efectul stimulator al norepinefrinei este mediat de una dintre subclasele de receptori α-adrenergici, iar efectul inhibitor este mediat de receptorii α₁-adrenergici. S-a constatat, că dopamina și precursorul său L-DOPA reduc viteza de absorbție a glucozei, iar efectul L-DOPA nu este realizat în cazul când conversia sa în dopamină în țesuturile periferice este blocată de benserazidă. Păstrarea efectului dopaminei în condiții de blocare preliminară a receptorilor α- și β-adrenergici și eliminarea acestuia prin blocarea receptorilor dopaminergici cu domperidonă indică în mod convingător rolul dopaminei în reglarea absorbției glucozei în intestinul subțire în calitate de mediator inhibitor. În consecință, spre deosebire de corticosteroizi, care sunt inductori puternici ai sintezei carbohidrazelor și au efecte lente asupra aparatului de digestie membranară a carbohidraților, catecolaminele, nefiind inductori ai sintezei enzimelor enterocitelor sau transportatori, provoacă efecte stimulatorie rapide asupra activității sistemelor de transport ale glucidelor. Până în prezent, nu este suficient studiată importanța uneia dintre cele mai eficiente peptide reglatoare ale TGI – serotonina în reglarea absorbției carbohidraților [47, 48]. În experimentele *in vivo*, efectuate la Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, s-a constatat că serotonina manifestă efect stimulator asupra procesului de absorbție a glucozei în intestinul subțire, atât prin mecanism endocrin, cât și paracrin prin activarea sistemului de transport activ al glucozei, mediat de transportorul SGLT1 [43, 49]. Mai târziu a fost confirmat rolul important al serotoninei în reglarea absorbției glucozei [50]. Intensitatea digestiei membranare și absorbției carbohidraților depinde, în mare măsură, de modificările nivelului plasmatic de insulină, unul dintre principalii reglatori ai metabolismului carbohidraților în organism. Până în prezent, întrebarea cu privire la natura și mecanismele influenței insulinei asupra procesului de absorbție a carbohidraților în intestinul subțire în diferite condiții rămâne controversată [34, 39, 51, 52]. Unii autori au demonstrat în experimente *in vivo* și *in vitro*, că o creștere a nivelului de insulină din sânge duce la intensificarea absorbției glucozei și galactozei [53-56]. Potrivit unor autori, intensificarea absorbției acestor monozaharide în condiții de hiperinsulinemie acută este mediată de o creștere a numărului de transportori SGLT1 în membrana apicală a enterocitelor ca urmare a translocării lor din rezervorul aparatului Golgi. Alți cercetători consideră, că mecanismul

de influență al insulinei asupra procesului de transport al monozaharidelor este asociat cu excitarea nervilor colinergici, care transmit un semnal către receptorii muscarinici, ceea ce duce în cele din urmă la o modificare a nivelului intraenterocitar al cAMP [52, 57]. Rămâne actuală și ipoteza, privind intensificarea componentei active a transportului glucidelor în intestinul subțire sub influența insulinei, mediată de o creștere a permeabilității membranei apicale a enterocitelor pentru ionii de clor, provocând creșterea nivelului electrochimic – forța motrice a transportului Na^+ -dependent [58]. Odată cu aceasta, au fost obținute date, privind absorbția afectată a carbohidraților în intestinul subțire la oameni și șobolani în condiții ale nivelurilor foarte ridicate de insulină în sânge (de 4 ori mai mare decât în mod normal) [26, 59]. Conform mai multor autori, hipoinsulinemia depistată la administrarea de streptozotocină și în condiții de diabet aloxan, duce la stimularea absorbției glucozei în intestinul subțire, asociată cu o creștere a nivelului de exprimare a mRNA-ului transportor de glucoză, cauzată de hiperglicemia prelungită [26, 60]. În studii efectuate la Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie s-a constatat, că în starea de stres apar modificări semnificative în absorbția nutrienților în intestinul subțire. Astfel, la stres de menajare viteza de absorbție a glucozei crește, iar la stres excesiv are loc o scădere semnificativă a absorbției de glucoză, al cărei grad este proporțional cu puterea factorului de stres și depinde de durata acțiunii sale, în timp ce absorbția fructozei crește. În condiții de stres excesiv pe termen scurt are loc o modificare a naturii curbei cinetice a absorbției glucozei și a constantelor cinetice ale transportului acesteia: o scădere bruscă (de peste 3 ori) a vitezei maxime de transport (J_{max}), o creștere (de 1,5 ori) a constantei vitezei absorbției nesaturate (K_d), o scădere semnificativă a coeficientului de eficiență (J_{max}/K_t) al transportului activ de glucoză (de peste 3 ori). În condiții de stres psiho-emoțional cronic, apar modificări semnificative în absorbția monozaharidelor în intestinul subțire: absorbția de glucoză scade începând cu a 7-a zi de stres, ceea ce duce în cele din urmă la o reducere de două ori a aportului acesteia în mediul intern al organismului; absorbția fructozei este stimulată în stadiul inițial (7-15 zile), iar în stadiul final (30-45 zile) este suprimată. Dereglarea absorbției glucozei în condiții de stres cronic este cauzată de o suprimare bruscă a componentei active de transport mediată de SGLT1, precum și, în stadiul final, de o reducere a componentei pasive a transportului mediat de GLUT2 și, concomitent, are loc stimularea transportului paracelular, care compensează parțial scăderea absorbției de glucoză în condiții de stres [61]. Un rol important în procesele de digestie și absorbție a nutrienților îl exercită bacteriocenoza intestinului subțire. Compoziția normală a florei microbiene contribuie la asigurarea absorbției nutrienților în limite sanogene în timp ce creșterea bacteriană excesivă provoacă tulburări în absorbția nutrienților în intestinul subțire [9, 62, 63]. Datele obținute în cadrul Institutului de Fiziologie și Sanocreatologie denotă, că factorii nutritivi în perioada ontogenezei postnatale timpurii provoacă modificări adaptative semnificative în funcționarea sistemelor de transport ale intestinului subțire, care pot persista pe toată perioada vieții, joacă un rol determinant în formarea nivelului de activitate funcțională al aparatului de absorbție a carbohidraților în intestin [64].

Concluzii

Analiza literaturii de specialitate, precum și a datelor proprii, privind procesul de absorbție a nutrienților în intestinul subțire și reglarea acestuia, ne-au permis să identificăm următorii factori intrinseci care influențează procesul de absorbție a nutrienților în intestinul subțire:

I. Factori intrinseci cu caracter sanogen:

1. La nivelul elementelor celulare și organelor care asigură direct absorbția nutrienților în intestinul subțire:

a) nivelul optim al expresiei ARNm a proteinelor de transport ale membranelor apicale și bazolaterale ale celulei intestinale, absența deteriorării ADN-ului; b) corespondența nivelului expresiei ARNm determinat epigenetic și activității sistemelor de transport ale intestinului subțire cu caracteristicile nutriționale în ontogeneză; c) caracteristicile structurale și funcționale optime ale proteinelor de transport și ale proteinelor reglatoare ale acestora, absența perturbărilor în procesul de fosforilare/defosforilare a proteinelor de transport; d) nivelul optim și determinat fiziologic al proceselor metabolice în celula intestinală; e) starea sanogenă a barierei de difuzie a epiteliului intestinal subțire; f) concentrația optimă a Na^+ , K^+ -ATPazei și ATP în celula intestinală; g) caracteristicile structurale și funcționale optime ale proteinelor receptorului,

reticulului endoplasmatic, aparatului Golgi, membranei și joncțiunilor strânse dintre celulele intestinale; h) nivelul optim de expresie și concentrare a enzimelor intracelulare proteinkinazele A și C, 8-Br-cAMP, fosfoinozimid-3-kinaza, căile de semnalizare ale proteinkinazei activate de mitogen (ERK, p38), serin-treoninkinaza, proteina de răspuns la stres oxidativ tip 1 (OXSR1), kinaza bogată în prolină/alanină legată de SPS1 (SPAK), proteinkinază activată de AMP (AMPK), kinaza 3 inductibilă de glucocorticoizi (SGK3), căile de semnalizare NF-kB, peptidă glucagonopeptidă-2; i) niveluri optime de ioni de sodiu, potasiu, hidrogen, clor și calciu în celula intestinală; k) activitate motorie coordonată și optimă a intestinului subțire și vilozităților mucoasei acestuia;

2. La nivelul reglării nervoase și hormonale a absorbției nutrienților în intestinul subțire, bacteriocenoza:

a) nivelul normal de expresie în straturile intestinului subțire al receptorilor care percep diverse substanțe biologice active; b) concentrația optimă a corticosteroizilor în plasma sanguină (în special într-un stadiu incipient al dezvoltării ontogenetice); c) concentrații plasmatice optime de catecolamine, serotonină, hormoni tiroidieni, insulină, colecistochinină, leptine, factor de creștere epidermică (EGF) și peptidă YY (PYY); d) starea funcțională sanogenă a ficatului, nivelul optim al sintezei acizilor biliari; e) concentrația optimă în plasma sanguină a substanțelor biologice active, care reglează funcția motrică a intestinului subțire; f) stare periodică de stres de menajare de scurtă durată; g) starea sanogenă a structurilor nervoase la nivelul sistemului nervos central și al sistemului nervos metasimpatic; h) compoziția calitativă și cantitativă a microflorei intestinului subțire determinată evolutiv.

II. Factori intrinseci cu caracter disanogen:

1. La nivelul elementelor celulare și organelor care asigură direct digestia în intestinul subțire:

a) scăderea exprimării ARNm a proteinelor de transport ale membranelor apicale și bazolaterale ale celulei intestinale, afectarea ADN-ului; b) discrepanță între nivelul de exprimare a ARNm determinat epigenetic și activitatea sistemelor de transport ale intestinului subțire cu caracteristicile nutriționale în ontogeneză; c) alterarea caracteristicilor structurale și funcționale ale proteinelor de transport și ale proteinelor reglatoare ale acestora, prezența perturbărilor în procesul de fosforilare/defosforilare a proteinelor de transport; d) scăderea sau creșterea nivelului proceselor metabolice în celula intestinală; e) starea disanogenă a barierei de difuziune a epiteliului intestinal subțire; f) concentrația redusă de Na^+ , K^+ -ATPază și ATP în celula intestinală; g) alterarea caracteristicilor structurale și funcționale ale proteinelor receptorului, reticulului endoplasmatic, aparatului Golgi, membranei și joncțiunilor strânse dintre celulele intestinale; h) scăderea sau creșterea nivelului de expresie și concentrație a enzimelor intracelulare proteinkinazele A și C, 8-Br-cAMP, fosfoinozimid 3-kinaza, căile de semnalizare a proteinkinazei activate de mitogen (ERK, p. 38), serin-treoninkinaza, proteina de răspuns la stres oxidativ tip 1 (OXSR1), kinaza bogată în prolină/alanină legată de SPS1 (SPAK), proteinkinaza activată de AMP (AMPK), kinaza 3 inductibilă de glucocorticoizi (SGK3), căile de semnalizare NF-kB, peptida glucagonopeptidă-2; i) scăderea sau creșterea nivelului de ioni de sodiu, potasiu, hidrogen, clor și calciu în celula intestinală; k) activitate motorie necoordonată și alterată a intestinului subțire și vilozităților mucoasei acestuia, tranzit intestinal mai lent;

2. La nivelul reglării nervoase și hormonale a digestiei în intestinul subțire:

a) nivelul redus de expresie în straturile intestinului subțire al receptorilor care percep diverse substanțe biologice active; b) scăderea sau creșterea concentrației de corticosteroizi în plasma sanguină (în special într-un stadiu incipient al dezvoltării ontogenetice); c) scăderea sau creșterea concentrațiilor plasmatice ale catecolaminelor, serotonină, hormonilor tiroidieni, insulinei, colecistochininei, leptinei, factorului de creștere epidermică (EGF) și peptidei YY (PYY); d) starea funcțională disanogenă a ficatului, nivelul optim al sintezei acizilor biliari; e) scăderea sau creșterea concentrației în plasma sanguină a substanțelor biologice active, care reglează funcția motrică a intestinului subțire; f) starea de stres excesiv și cronic; g) starea disanogenă a structurilor nervoase la nivelul sistemului nervos central și al sistemului nervos metasimpatic; h) creșterea excesivă bacteriană în intestinul subțire; i) prezența obezității.

Analiza literaturii de specialitate, precum și a datelor proprii, privind procesul de absorbție a nutrienților în intestinul subțire și reglarea acestuia a făcut posibilă identificarea următorilor factori extrinseci care influențează procesul de transport în intestinul subțire:

I. Factori extrinseci cu caracter sanogen:

a) alimentația sanogenă, care nu permite un exces sau o reducere semnificativă a anumitor substanțe nutritive, prevede utilizarea în comun a nutrienților compatibili, nu permite utilizarea produselor care provoacă suprasolicitarea aparatului secretor al pancreasului și ficatului, în special, în ontogeneza postnatală timpurie, ținând cont, de asemenea, și de caracteristicile constituționale și individuale ale metabolismului; b) expunerea periodică de scurtă durată la factori de stres de menajare sau moderat, inclusiv abținerea pe termen scurt de la alimente sau consumul anumitor macronutrienți; c) consumul regulat de nutrienți, care contribuie la prevenirea și corectarea tulburărilor de digestie și absorbție legate de stres în intestin; d) activitate fizică moderată, adecvată vârstei și sexului, inclusiv seturi de exerciții care vizează menținerea limitelor sanogene ale activității motorii ale TGI, aderarea la principiile unui stil de viață fiziologic argumentat; e) consumul regulat de nutrienți, care ajută la menținerea bacteriocenozei intestinale în stare sanogenă.

II. Factori extrinseci cu caracter dissanogen:

a) nerespectarea principiilor alimentației sanogene, inclusiv un exces semnificativ sau o reducere a anumitor substanțe nutritive, consumul comun de nutrienți incompatibili, consumul de produse care provoacă suprasolicitare a aparatului secretor al pancreasului și ficatului, în special în ontogeneza postnatală timpurie, fără a ține cont caracteristicile constituționale și individuale ale metabolismului; b) expunerea periodică acută sau cronică la factori stresori excesivi, inclusiv abținerea prelungită de la alimente sau consumul anumitor macronutrienți; c) activitate fizică redusă sau activitate fizică excesivă, necorespunzătoare vârstei și sexului, nerespectarea principiilor unui stil de viață fiziologic argumentat; d) administrarea de antibiotice și alți factori, care contribuie la perturbarea compoziției bacteriocenozei intestinale; e) consumul cronic de alcool; f) infecții virale și bacteriene, care contribuie la dezvoltarea gastroenteritelor.

Bibliografie:

1. ФУРДУЙ, Ф. И., ЧОКИНЭ, В. К., ФУРДУЙ, В. Ф. и др. *Элементарная структурно-функциональная единица сокращения, базальная и оперативная морфо-функциональные системы ритмической активности сердца*. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științe biologice și chimice*, 2003, №1(290), с. 34-42.
2. ФУРДУЙ, Ф. И., ЧОКИНЭ, В. К., ВУДУ, Л. Ф. и др. *Механизмы регуляции системы внешнего дыхания в саногенных условиях. Сообщение 1. Современное представление о механизмах регуляции функции респираторной системы. Элементарная морфо-функциональная единица вдоха и выдоха*. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*, 2006, №3(300), с. 4-17.
3. ФУРДУЙ, Ф. И., ЧОКИНЭ, В. К., ФУРДУЙ В. Ф. и др. *Трактат о научных и практических основах санокреатологии. Том 1. Проблема здоровья. Санокреатология. Потребность общества в ее развитии*. Chișinău: Tipografia AȘM, 2016, 228 с.
4. ЧОКИНЭ, В. К. *Факторы, нарушающие саногенические механизмы деятельности сердца и их классификация*. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științe biologice și chimice*, 2003, №1(290), с. 4-17.
5. KIELA, P. R., GHISHAN, F. K. *Physiology of Intestinal Absorption and Secretion*. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*. 2016, Apr; 30 (2), p. 145-159.
6. GRIMBLE, G. K. *The physiology of nutrient digestion and absorption*. Geissler, C and Powers, H, (eds.) Hum Nutr Oxford Univer Press: Oxford, United Kingdom. 2017, p. 68-94.
7. DUCA, F. A., WAISE, T. M. Z., PEPPLER, W. T. et al. *The metabolic impact of small intestinal nutrient sensing*. *Nat Commun*. 12, 903, 2021.
8. SHAO, C. *Understanding Nutrient Absorption: The Vital Role of the Digestive System*. *Anat Physiol*. 2023, vol. 13, p. 421.
9. DELBAERE, K., ROEGIERS, I., BRON, A. et al. *The small intestine: dining table of host-microbiota meetings*. *FEMS Microbiology Reviews*. Vol. 47, Issue 3, May 2023, fuad022.
10. COLLINS, J. T., NGUYEN, A., BADIREDDY, M. *Anatomy, Abdomen and Pelvis, Small Intestine*. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024, Jan.
11. BASILE, E. J., LAUNICO, M. V., SHEER, A. J. *Physiology, Nutrient Absorption*. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK597379>.

12. WEINBERG JENNIFER, L. *Navigating Nutrient Absorption: Functional Medicine for Optimal Digestion*. Rupa, Inc. Made with. 2024, <https://www.rupahealth.com/post/navigating-nutrient-absorption-functional>.
13. OVERDUIN, T. S., PAGE, A. J., YOUNG, R. L. et al. *Adaptations in Gastrointestinal Nutrient Absorption and its Determinants During Pregnancy in Monogastric Mammals: A Scoping Review*. *Nutr Rev.* 2025 Mar 1;83(3):e1172-e1196.
14. MCQUILKEN SHONA, A. *Digestion and absorption, Anaesthesia Intensive Care. Medicine*. 2021, vol. 22. Is. 5, p. 336-338.
15. WANG, J. Y., WANG, J., GOLOVINA, V. A. et al. *Role of K⁺ channel expression in polyamine-dependent intestinal epithelial cell migration* *J. Ph. Cell.* 2000, vol. 278, p. 303-314.
16. SILVER, K., LITTLEJOHN, A., THOMAS, L. et al. *Inhibition of Kv channel expression by nsoids depolarizes membrane potential and inhibits cell migration by disrupting calpain signaling*. *Biochem. Pharmacol.* 2015, vol. 98, p. 614-628.
17. SHEPTITSKIĬ, V. A., GUSKA, N. I. *Ca²⁺-dependent glucose absorption in the small intestine of rats under head-down tilt stress*. *Fiziologicheskii Zhurnal Imeni I. M. Sechenova*, 1996, vol. 82, p. 125-130.
18. ШЕПТИЦКИЙ, В. А. *Ca²⁺-зависимое всасывание глюкозы в тонкой кишке*. *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*, 2018. Nr. 1(334), p. 49-60.
19. ШЕПТИЦКИЙ, В.А., ПОЛЯКОВА, Л.Д., БУРОВЕНКО, И. Ю. *Роль кальция в регуляции всасывания моносахаридов в тонкой кишке. В: Биогеохимические инновации в условиях коррекции техногенеза биосферы: труды Международного биогеохимического Симпозиума*. Тирасполь. 2020, том. 1, с. 338-351.
20. CHRISTAKOS, S., DHAWAN, P., AJIBADE, D. et al. *Mechanisms involved in vitamin D mediated intestinal calcium absorption and in non-classical actions of vitamin D*. *Steroid. Biochem. Mol. Biol.* 2010, vol. 121, p. 183-187.
21. CHEN, L., TUO, B., DONG, H. *Regulation of Intestinal Glucose Absorption by Ion Channels and Transporters*. *Nutrients*. 2016, vol. 8(1), p.43.
22. БОБКОВ, Д. Е., ЛУКАЧЕВА, А. В., КЕБЕР, Л. В. и др. *Роль кальциевых каналов в регуляции поглощения глюкозы в клеточной in vitro модели поляризованного кишечного эпителия*. *Цитология*, 2024, том 66, №2, с. 150-160.
23. ALEXANDER, A. N., CAREY, H. V. *Involvement of PI 3-kinase in IGF-I stimulation of jejunal Na⁺-K⁺-atpase activity and nutrient absorption*. *Physiol. Gastrointest*, 2001, vol. 280, p. G222-G228.
24. GHEZZI, C., LOO, D. D. F., WRIGHT, E. M. *Physiology of renal glucose handling via SGLT1, SGLT2 and GLUT2*. *Diabetologia*, 2018, vol. 61, p. 2087-2097.
25. SANO, R., SHINOZAKI, Y., OHTA, T. *Sodium-glucose cotransporters: Functional properties and pharmaceutical potential*. *J Diabetes Investig.* 2020, vol. 11(4), p. 770-782.
26. ZHU, H., CAI, H., WANG, X. et al. *Sodium-glucose co-transporter 1 (SGLT1) differentially regulates gluconeogenesis and GLP-1 receptor (GLP-IR) expression in different diabetic rats: a preliminary validation of the hypothesis of SGLT1 bridge as an indication for surgical diabetes*. *Ann Transl Med.* 2022, Is.10(8), p.481.
27. LI, Y., THELEN, K. M., FERNÁNDEZ, K. M. et al. *Developmental alterations of intestinal SGLT1 and GLUT2 induced by early weaning coincides with persistent low-grade metabolic inflammation in female pigs*. *J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2022, vol.1, 322(3), p.G346-G359.
28. NAKAMURA, C., ISHIZUKA, N., YOKOYAMA, K. et al. *Regulatory mechanisms of glucose absorption in the mouse proximal small intestine during fasting and feeding*. *Sci Rep.* 2023, vol. 13: 10838.
29. SOCHA-BANASIAK, A., SAKOWICZ, A., GAJ, Z., KOLEJWA, M. et al. *Intestinal fructose transporters GLUT5 and GLUT2 in children and adolescents with obesity and metabolic disorders*. *Advances in Medical Sciences.* 2024, vol. 69. Is. 2, p. 349-355.
30. TUMMINIA, A, AUSILIA, M. L., MARIA L. A. et al. *The SGLT-1/SGLT-2 dual inhibitor canagliflozin has positive effects on glucose trends, targets and variability in late dumping syndrome following gastrectomy: A case report*. *Journal of Clinical and Translational Endocrinology: Case Reports*. 2024, vol. 31:100163.
31. MATHEW, D., DAVIDSON, S., YELLON, D. *The SGLT family—sodium-glucose transporters with roles beyond glucose and the kidney*. *J Cell Mol Med.* 2024, vol. 28, e18152.
32. LI, Y., CAI, H.Y., LIU, G.H. et al. *Effects of stress simulated by dexamethasone on jejunal glucose transport*. *Poult Sci.* 2009, vol. 88(2), p. 330-337.

33. SHIRAZI-BEECHEY, S P., MORAN, A. W., BATCHELOR, D. J. et al. *Glucose sensing and signalling; regulation of intestinal glucose transport*. *Proc Nutr Soc*, 2011, 70(2):185-193.
34. CHAN, L. K., LEUNG, P. S. *Multifaceted interplay among mediators and regulators of intestinal glucose absorption: potential impacts on diabetes research and treatment*. *Physiol Endocrinol Metab*. 2015, vol. 309(11), p. 887-899.
35. EOM, Y. S., WILSON, J. R., BERNET, V. J. *Links between Thyroid Disorders and Glucose Homeostasis*. *Diabetes Metab J*. 2022. Mar, vol. 46 (2), p.239-256.
36. ZHANG, J. et al. *A two-front nutrient supply environment fuels small intestinal physiology through differential regulation of nutrient absorption and host defense*. *Cell*. 2024, vol. 187. Is. 22, p. 6251- 271.
37. LOVSHIN, J., DRUCKER, D. J. *Synthesis, secretion and biological actions of the glucagon-like peptides*. *Pediatr Diabetes*. 2000,1, p. 49-57.
38. REICHARDT, S. D. et al. *Glucocorticoids enhance intestinal glucose uptake via the dimerized glucocorticoid receptor in enterocytes*. *Endocrinol*. 2012, vol. 153(4), p. 1783-1794.
39. GROMOVA, L. V., FETISSOV, S. O., GRUZDKOV, A. A. *Mechanisms of Glucose Absorption in the Small Intestine in Health and Metabolic Diseases and Their Role in Appetite Regulation*. *Nutrients*. 2021, Jul 20, vol. 13(7), p. 2474.
40. SHEPHERD, E. J. et al. *Stress and glucocorticoid inhibit apical GLUT2-trafficking and intestinal glucose absorption in rat small intestine*. *J. Physiol*. 2004, vol. 560, p. 281-290.
41. THIESEN, A. et al. *Dietary lipids alter the effect of steroids on the transport of fructose following intestinal resection in rats*. *Dig. Dis. Sci*. 2008, vol. 53(8), p. 2126-2139.
42. DROZDOWSKI, L., THOMSON, A. *Intestinal hormones and growth factors: Effects on the small intestine*. *Gastroenterol*. 2009, vol. 15(4), p. 385-406.
43. ШЕПТИЦКИЙ, В. А., ГУСКА, Н. И., БОЦАН (ЧЕБАН), Л. Н. *Быстрые изменения всасывания моносахаридов в тонкой кишке под влиянием гормональных факторов. Тезисы докладов V международной конференции, посвященной 100-летию В.Н.Черниговского. Ст.-Петербург, 2007, с. 359-360.*
44. ШЕПТИЦКИЙ, В. А. *Роль катехоламинов в перестройках мембранного гидролиза и всасывания углеводов в тонкой кишке при кратковременном стрессе и пути реализации их эффектов*. *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științe biologice și chimice*, 2003, №2(291), p. 54-69.
45. ШЕПТИЦКИЙ, В. А. *Изучение механизмов всасывания моносахаридов и его модификации в различных условиях как одна из фундаментальных проблем теории санокреатологического питания. Современные проблемы физиологии и санокреатологии. Сборник научных трудов, посвященный академику АНМ Ф. И. Фурдуй в связи с 70-летием со дня рождения. Кишинев. 2005, с. 243-254.*
46. NAMOLOVAN, L., JITARI, Y., SHEPTITSKII, V. *The role of dopamine in the regulation of glucose absorption in the small intestine*. *Clinical Nutrition*. 2008, vol. 3, p. 66-67.
47. CARLSON, D., POULSEN, H., SEHESTED, J. *Influence of weaning and effect of post weaning dietary zinc and copper on electrophysiological response to glucose, theophylline and 5-HT in piglet small intestinal mucosa*. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol*. 2004, vol. 137, no. 4, p. 757-765.
48. FREEMAN, S. L., GLATZLE, J., ROBIN, C.S. et al. *Ligand-induced 5-HT3 receptor internalization in enteric neurons in rat ileum*. *Gastroenter*. 2006, vol. 131, p. 97-107.
49. ШЕПТИЦКИЙ, В. А., ГУСКА, Н. И., ЧЕБАН, Л. Н. и др. *Роль гормональных факторов в быстрых изменениях всасывания моносахаридов в тонкой кишке. Тезисы XIV Межд. конгресса. Парентеральное и энтеральное питание. Москва. 2011, с. 58.*
50. MARTIN, A. M., YOUNG, R. L., LEONG, L. et al. *Diverse Metabolic Roles of Peripheral Serotonin*. *Endocrinology*. 2017, vol. 158. Issue 5, p. 1049-1063.
51. ZAHEDI, ASL.S., ALIPOUR, M. *The effects of insulin on glucose and fluid transport in the isolated small intestine of normal rats*. *Life Sci*. 2007, vol. 81(1), p. 26-30.
52. MERINO, B., FERNÁNDEZ-DÍAZ, C.M., CÓZAR-CASTELLANO, I. et al. *Intestinal Fructose and Glucose Metabolism in Health and Disease*. *Nutrients*. 2020, vol. 12, p. 94.
53. TORMO, M.A., MARTINEZ, I. M., ROMERO DE TEJADA, A. et al. *Morphological and enzymatic changes of the small intestine in an n0-STZ diabetes rat model*. *Exp. Clin Endocrinol. Diabetes*. 2002, vol. 110(3), p. 119-123.

54. TORMO, M. A., GIL-EXOJO, I., ROMERO DE TEJADA, A. et al. *White bean amylase inhibitor administered orally reduces glycaemia in type 2 diabetic rats*. *Br. J. Nutr.* 2006, vol. 96(3), p. 539-544.
55. MACE, O. J., MORGAN, E. L., AFFLECK, J. A. et al. *Calcium absorption by Cav1.3 induces terminal web myosin II phosphorylation and apical GLUT2 insertion in rat intestine*. *J. Physiol.* 2007, vol. 580, p.605-616.
56. COLLIE NATHAN, L. *Hormonal Regulation of Intestinal Nutrient Absorption in Vertebrates*. *American Zoologist*. 2015, vol. 35. Issue 6, p. 474-482.
57. DEBNAM, E. S., CHOWRIMOOTO, G. *Insulin induced hypoglycaemia and sugar transport across the brush border and basolateral membranes of rat jejunal enterocytes*. *Eur. J. Clin. Invest.* 1993, vol. 23, no. 8, p. 480-485.
58. STUMPEL, F., SCHOLTKA, B., JUNGERMANN, K. *Stimulation by portal insulin of intestinal glucose absorption via hepatoenteral nerves and prostaglandin E2 in the isolated, jointly perfused small intestine and liver of the rat*. *Ann N.-Y. Acad. Sci.* 2000, vol.915, p. 111-116.
59. SHARP, P. A., SRAI, S. R. S., DEBNAM, E. S. *Insulin treatment of diabetic rats causes rapid changes in SGLT1-mediated glucose uptake at the jejuna brush-border membrane and basolateral membrane (BLM)*. *J. Physiol. Proc.* 1995, vol. 482, p. 23-24.
60. SERHAN, M. F., KREYDIYYEH, S. I. *Insulin down-regulates the Na⁺/K⁺ ATPase in enterocytes but increases intestinal glucose absorption*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 2010, vol. 167(2), p. 228-233.
61. ШЕПТИЦКИЙ, В. А. *Особенности всасывания глюкозы и фруктозы в тонкой кишке при стрессе*. *Бюлетин АȘМ. Științele vieții*. 2017, nr. 3(333), p. 64-76.
62. YUJIA, J. et al. *Amino acid utilization allows intestinal dominance of Lactobacillus amylovorus*. *The ISME Journal*. 2022, 16.11, p. 2491-2502.
63. SHEALY, N., BALTAGULOV, M., BYNDLOSS, M. *A long journey to the colon: The role of the small intestine microbiota in intestinal disease*. *Mol. Microbiol.* 2024, vol. 122, p. 304-312.
64. ФУРДУЙ, Ф. И., ШЕПТИЦКИЙ, В. А., ЧЕБАН, Л. Н. *Всасывание глюкозы в тонкой кишке в условиях диет с различным содержанием углеводов в раннем постнатальном онтогенезе*. *Инфекция, иммунитет и фармакология*, 2019, № 2, с. 353-354.

N. B.: *Articolul a fost elaborat în cadrul subprogramului: 011001 – Mecanisme de reglare a homeostaziei organismului și a sănătății și elaborarea procedurilor și măsurilor de menținere a ei.*

Date despre autori:

Vladimir ȘEPTIȚCHI, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, cercetător științific principal, USM, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6306-7021>

E-mail: septitchi@mail.ru

Ana LEORDA, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, cercetător științific coordonator, USM, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2923-8843>

Email: leorda-ana64@mail.ru

Prezentat: 06.03.2025

INFESTAREA CU SPECII DE ECTOPARAZIȚI COMUNI ȘI SPECIFICI LA PALMIPEDELE DOMESTICE DIN FAMILIA ANATIDAE (RAȚE, GÂȘTE) DIN REPUBLICA MOLDOVA

Maria ZAMORNEA, Dumitru ERHAN, Ștefan RUSU, Oleg CHIHAI,

Universitatea de Stat din Moldova,

Rezultatele cercetărilor parazitologice obținute la palmipelele domestice din familia *Anatidae* (rațe, gâște) efectuate pe perioada anului 2024 au demonstrat, că ele sunt infestate cu 11 specii de agenți parazitari care aparțin la 2 clase (*Insecta*, *Arachnida*), 5 familii (*Trinotonidae*, *Phloptoridae*, *Menoponidae*, *Dermanyssidae*, *Argasidae*) și 7 genuri (*Anatoecus*, *Anaticola*, *Trinoton*, *Menopon*, *Lipeurus*, *Dermanyssus*, *Argas*). Totodată, s-a stabilit, că unele din speciile înregistrate la palmipelele domestice (rațe, gâște) sunt comune și la galinacee domestice și sălbatice (găini, fazani, prepelițe, porumbei), precum și la palmipelele sălbatice acvatice. Specia *Trinoton anserinum* parazitează la multe specii de păsări sălbatice de apă, inclusiv lebede și gâște, și servește ca gazdă intermediară în ciclul de viață al nematodei *Sarconema eurycerca*, care provoacă o infecție cardiacă și ulterior moartea lor. Specia *Argas persicus* stabilită la gâște este periculoasă și transmite numeroși agenți patogeni (*Borrelia anserina*) la animale, inclusiv la oameni.

Cuvinte-cheie: rațe, gâște, ectoparaziți, malofagi, specifici.

INFESTATION WITH COMMON AND SPECIFIC ECTOPARASIS SPECIES IN DOMESTIC PALMIPEDS FROM THE ANATIDAE FAMILY (DUCKS, GEESE) IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA

The results of parasitological research obtained on domestic palmipeds from the *Anatidae* family (ducks, geese) carried out during 2024 demonstrated that they are infested with 11 species of parasitic agents belonging to 2 classes (*Insecta*, *Arachnida*), 5 families (*Trinotonidae*, *Phloptoridae*, *Menoponidae*, *Dermanyssidae*, *Argasidae*) and 7 genera (*Anatoecus*, *Anaticola*, *Trinoton*, *Menopon*, *Lipeurus*, *Dermanyssus*, *Argas*). At the same time, it has been established that the species recorded in domestic palmipeds (ducks, geese) are also common in some domestic and wild gallinaceous species (chickens, pheasants, quails, pigeons), as well as in wild aquatic palmipeds. The species *Trinoton anserinum* parasitizes many species of wild waterfowl, including swans and geese, and serves as an intermediate host in the life cycle of the nematode *Sarconema eurycerca*, which causes a heart infection and subsequent death. The species *Argas persicus* established in geese is dangerous and transmits numerous pathogens (*Borrelia anserina*) to animals, including humans.

Keywords: ducks, geese, ectoparasites, malophagous, specific.

Introducere

În Republica Moldova, carnea de pasăre a câștigat o poziție foarte importantă între alimentele de origine animală ale oamenilor, datorită atât calităților sale nutritive, cât și a costurilor reduse, în comparație cu alte surse de proteină de origine animală [1].

Prezența bolilor parazitare este neglijată de cele mai multe ori, cu toate că infestațiile pot fi fatale la pui și păsările slăbite. Prevalența și intensitatea infestațiilor pot fi influențate de numeroși factori, precum distribuția gazdelor intermediare, rata lor de infestație, numărul de ouă și larve infestante. Unii autori remarcă că dintre păsări, galinaceele, în general, sunt mai receptive la infestare cu malofagi, decât palmipelele [2].

Unii autori relevă că ectoparaziții colectați de la palmipelele domestice sau captive pot furniza informații importante cu privire la apariția, prevalența și interacțiunile gazdă-ectoparazit de la populațiile sălbatice [3, 4].

Totodată, s-a stabilit că malofagii pot provoca efecte negative și probleme de sănătate a păsărilor domestice și sălbatice, prin diminuarea sporului zilnic în greutate, calitatea penelor, precum și prin scăderea

aptitudinii gazdelor sălbatice în ceea ce privește selecția naturală și supraviețuirea lor. Malofagii pot servi și ca vectori sau gazde intermediare ale altor specii de paraziți [5].

Se cunoaște, că specia *Trinoton anserinum* parazitează la multe specii de păsări sălbatice de apă, inclusiv lebede și gâște, și servește în calitate de gazdă intermediară în ciclul de viață al *Sarconema eurycerca*, nematod din familia *Filarioidea*, care provoacă o infecție cardiacă și ulterior moartea lor [6, 7].

De asemenea, specia *Argas persicus* este cel mai important ectoparazit al păsărilor domestice și sălbatice, inclusiv și omului [8]. Această specie este un rezervor natural pentru *Borellia anserina*, de asemenea, sunt purtători ai bacteriei spirochete *Borrelia anserina*, care provoacă spirochetoza aviară, una dintre cele mai grave boli, care afectează industria păsărilor de curte și cele sălbatice. Pe lângă păsările domestice, *A. persicus* poate parazita pe oameni [9].

Unii autori relevă că genul *Borrelia* a fost împărțit în *Borrelia* spp., care poate provoca boala Lyme (LD) și *Borrelia* spp., poate provoca febră recidivă (RF). Distribuția genului *Borrelia* s-a extins din cauza unor factori precum schimbările climatice, modificările în utilizarea terenurilor și mobilitatea sporită a oamenilor și a animalelor. În consecință, există o necesitate tot mai mare pentru o strategie One Health care să identifice componentele cheie din ciclul de transmitere a *Borrelia* prin monitorizarea interacțiunilor om-animal-mediul [10].

Din datele obținute, autorii relevă, că este evident schimbul de ectoparaziți între păsările domestice și sălbatice. Acest lucru se aplică păsărilor de vânat, gâște și rațe, care sunt infestate cu specii de ectoparaziți comune, ce parazitează la rațele și gâștele domestice. Schimbul de malofagi poate avea loc și în locurile în care păsările se alimentează împreună [11].

Totodată, monitorizarea infestației cu ectoparaziți face posibilă prezicerea apariției unei anumite parazitotoze și dezvoltarea în timp util a măsurilor de prevenție [12].

Unii autori relevă, că bolile parazitare, prin particularitățile nișei ecologice a agenților cauzali, prin particularitățile evolutive a entităților determinate, îndeosebi prevalența ridicată, pierderile economice însemnate produse și de caracterul zoonotic al multora dintre ele, impun „o luptă antiparazitara” continuă. Această luptă se realizează prin controlul parazitologic și prin eradicarea parazitozelor [13].

Material și metode

Investigațiile, cu privire la stabilirea diversității agenților parazitari la gâște și rațe au fost efectuate în perioada anului 2024. S-au recoltat 249 de eșantioane biologice din diverse gospodării particulare din Republica Moldova. Recoltarea probelor s-a efectuat individual și în grup. Ectoparaziții au fost colectați de pe păsări vii, conform unui procedeu nou, care este mai informativ [14] și metodei speciale de examinare și colectare a ectoparaziților de la păsări după Dubinina M. [15].

Materialul colectat a fost examinat ulterior cu ajutorul lupei MBC-9 (ob.14x2) și la microscop Novex Holland B ob. 20-40 WF 10x Din/20mm în laboratorul de Parazitologie și Helminnologie al Institutului de Zoologie, USM.

Rezultate și discuții

În rezultatul cercetărilor parazitologice efectuate pe parcursul anului 2024 la palmipelele domestic, rațe (*Anas platyrhynchos domesticus* Linnaeus, 1758) și gâște (*Anser anser domesticus* Linnaeus, 1758) s-a stabilit că ele sunt infestate cu diverși agenți parazitari periculoși.

S-a stabilit infestarea palmipedelor domestice din familia *Anatidae* (rațe, gâște) cu 11 specii de agenți parazitari, care aparțin la 2 clase (*Insecta*, *Arachnida*), 5 familii (*Trinotonidae*, *Phlopteridae*, *Menoponidae*, *Dermanyssidae*, *Argasidae*) și 7 genuri (*Anatoecus*, *Anaticola*, *Trinoton*, *Menopon*, *Lipeurus*, *Dermanyssus*, *Argas*) (tabelul 1).

Tabelul 1. Structura taxonomică a speciilor de ectoparaziți stabilite la rațe și gâște

Nr. d/o	Specia parazitului	Familia	Genul
1.	<i>Anatoecus icterodes</i> (Nitzsch, 1818),	Phlopteridae	Anatoecus
2.	<i>Anatoecus dentatus</i> (Scopoli, 1773),	Phlopteridae	Anatoecus

3.	<i>Anaticola crassicornis</i> (Scopoli, 1763),	Phlopteridae	Anaticola
4.	<i>Anaticola anserinum</i> (Linnaeus, 1758)	Phlopteridae	Anaticola
5.	<i>Trinoton querquedulae</i> (Linnaeus, 1758)	Trinotonidae	Trinoton
6.	<i>Trinoton anserinum</i> (Fabricius, 1805)	Trinotonidae	Trinoton
7.	<i>Menopon obscurum</i> (Piaget, 1880)	Menoponidae	Menopon
8.	<i>Lipeurus caponis</i> (Linnaeus, 1758)	Phlopteridae	Lipeurus
9.	<i>Anatoecus adustus</i> (Nitzsch in Giebel, 1874)	Phlopteridae	Anatoecus
10.	<i>Dermanyssus gallinae</i> (De Geer, 1778).	Dermanyssidae	Dermanyssus
11.	<i>Argas persicus</i> (Oken, 1818).	Argasidae	Argas

La rațele domestice (*Anas platyrhynchos domesticus*) au fost stabilite infestarea cu 6 specii de malofagi: *Trinoton querquedulae* (Linnaeus, 1758), EI-1,0%, II-1-2 ex., *Anatoecus icterodes* (Nitzsch, 1818), EI-1,0%, II 2-4ex., *Anatoecus dentatus* (Scopoli, 1773), EI-12%, II-19ex., *Anaticola crassicornis* (Scopoli, 1763), EI 16,0%, II-12-429ex., *Anaticola anseris* (Linnaeus, 1758), EI-6,0%, II-2,0ex., *Menopon obscurum* (Piaget, 1880), EI-3,0%, II-2-7ex. și o specie de acarieni gamazizi – *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778), EI-11,0%, II-17,0 ex.

La găște (*Anser anser domesticus*) au fost stabilite infestarea cu 10 specii parazite: 8 specii de malofagi *Trinoton querquedulae* (Linnaeus, 1758), EI-13,0%, II 1-2ex., *Trinoton anserinum* (Fabricius, 1805), EI-7,0%, II 1-4ex., *Anatoecus icterodes* (Nitzsch, 1818), EI-17,0%, II-2-15ex., *Anaticola crassicornis* (Scopoli, 1763), EI - 15%, II 2-8ex., *Anaticola anseris* (Linnaeus, 1758), EI-26,0%, II-9,0 ex., *Anatoecus adustus* (Nitzsch in Giebel, 1874), EI- 4,0%, II 1-2ex., *Menopon obscurum* (Piaget, 1880), EI 8,0%, II 2-9ex., *Lipeurus caponis* (Linnaeus, 1758), EI 10,0%, II 1-6 ex), o specie de acarieni gamazizi *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778) EI 14,0%, II 2-18 ex) și o specie de căpușe argazide *Argas persicus* (Oken, 1818), EI 12,0%, II 4-9 ex.).

Totodată, s-a stabilit că speciile înregistrate la palmipelele domestice, rate și găște, sunt comune la unele specii de galinacee domestice și sălbatice, precum și la palmipelele sălbatice acvatic (tabelul 2).

Tabelul 2. Specii de ectoparaziți comuni și specifici la palmipele domestice rate, găște sălbatice acvatic

Invazia	Gazda	
	specifici	comuni
Familia Trinotonidae		
<i>Trinoton querquedulae</i> (Linnaeus, 1758)	gâscă domestică	rață domestică, rață – mare, rața – cârâitoare, rață – mică, rață – sulițar, rață – moțată, rață – cu – cap – castaniu
<i>Trinoton anserinum</i> (Fabricius, 1805)	gâscă domestică	lebedă – de – vară, lebedă – de-iarnă, gâscă – cenușie, gâscă – cu – cioc – scurt, gâscă – de – vară
Familia Philopteridae		
<i>Anatoecus adustus</i> (Nitzsch in Giebel, 1874)	gârliță – mare, gâscă – de – vară	gâscă domestică
<i>Anatoecus dentatus</i> (Scopoli, 1773)	rață domestică	gâscă domestică, rață – cu – cap – negru, rață – cu – cap – castaniu, rață – fluierătoare, rață – lingurar, rață – pestriță, rață – moțată, rață – sulițar, rață – mică, fereastră – mare
<i>Anaticola anseris</i> (Linnaeus, 1758)	gâscă domestică	rață domestică

<i>Anatoecus icterodes</i> (Nitzsch, 1818)	gâscă domestică, rață domestică	rață – cu – cap – castaniu, rață – fluierătoare, rață – lingurar, rață – pestriță, rață – moțată, rață – mică, rață – mare, rață – sulițar.
<i>Anaticola crassicornis</i> (Scopoli, 1763)	gâscă domestică, rață domestică	rață – cu – cap – castaniu, rață – fluierătoare, rață – lingurar, rață – pestriță, rață – sulițar, rață – moțată, rață – mică, rață – mare, rață – mandarin.
<i>Lipeurus caponis</i> (Linnaeus, 1758)	găină, fazan, prepeliță, porumbel	gâscă domestică.
Familia Menoponidae		
<i>Menopon obscurum</i> (Piaget, 1880)	rață domestică	gâscă domestică.
Familia Dermanyssidae		
<i>Dermanyssus gallinae</i> (De Geer, 1778);		rață, gâscă, găină, curcă, picheri, fazan, prepeliță, porumbel.
Familia Argasidae		
<i>Argas persicus</i> (Oken, 1818)		rață, gâscă, găină, curcă, picheri, fazan, prepeliță, po- rumbel.

Specia de malofagi *Lipeurus caponis* este comună pentru galinaceele domestice și sălbatice (găini, fazani, prepelițe, porumbei).

Specia *Trinoton anserinum* parazitează la multe specii de păsări sălbatice de apă, inclusiv la lebede și gâște, și servește ca gazdă intermediară în ciclul de viață al speciei de nematod *Sarconema eurycerca*, din familia *Filarioidea*, care provoacă o infecție cardiacă și ulterior moartea lor.

Specia de căpușe gamazide *Dermanyssus gallinae* servește ca gazdă la mai multe specii de păsări și mamifere domestice și sălbatice, inclusiv omului. Specia *Argas persicus* stabilită la gâște este periculoasă și transmite numeroși agenți patogeni (*Borrelia anserina*) la animale, inclusiv și la oameni.

Așadar, rezultatele cercetărilor parazitologice complexe obținute relevă că palmipelele domestice au un nivel sporit de infestare cu diverși agenți parazitari din ecosistemele naturale și antropizate din diverse zone geografice ale Republicii Moldova. Aceste rezultate demonstrează despre participarea agenților parazitari la menținerea lanțului epizootic, care au un rol important la infestarea păsărilor domestic și sălbatice migratoare.

Întrucât combaterea agenților parazitari este greu de realizat și foarte costisitoare, măsurile de profilaxie sunt eficiente și economice. Totodată, măsurile de biocontrol pot minimaliza răspândirea agenților parazitari.

Concluzii

1. S-a stabilit, că palmipelele domestice, rațe (*Anas platyrhynchos domesticus*) și gâște (*Anser anser domesticus*) sunt poliparazitate cu diverși agenți parazitari, care taxonomic au fost distribuite în clasele *Insecta* și *Arachnida*, în 5 familii (*Menoponidae*, *Trinotonidae*, *Phloptoridae*, *Dermanyssidae*, *Argasidae*) și 7 genuri (*Trinoton*, *Anatoecus*, *Anaticola*, *Menopon*, *Lipeurus*, *Dermanyssus*, *Argas*).

2. La rațe domestice (*Anas platyrhynchos domesticus* Linnaeus, 1758) au fost stabilite infestarea cu 6 specii de malofagi (*Trinoton querquedulae* (Linnaeus, 1758), *Anatoecus icterodes* (Nitzsch, 1818), *Anatoecus dentatus* (Scopoli, 1773), *Anaticola crassicornis* (Scopoli, 1763), *Anaticola anseris* (Linnaeus, 1758), *Menopon obscurum* (Piaget, 1880).) și o specie de acarieni gamazizi *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778).

3. La gâște (*Anser anser domesticus* Linnaeus, 1758) au fost stabilite infestarea cu 10 specii de paraziți: 8 specii de malofagi *Trinoton querquedulae* (Linnaeus, 1758), *Trinoton anserinum* (Fabricius, 1805), *Anatoecus icterodes* (Nitzsch, 1818), *Anaticola crassicornis* (Scopoli, 1763), *Anaticola anseris*

(Linnaeus, 1758), *Anatoecus adustus* (Nitzsch in Giebel, 1874), *Menopon obscurum* (Piaget, 1880)), *Lipeurus caponis* (Linnaeus, 1758) o specie de acarieni gamazizi *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778) și o specie de căpușe argazide *Argas persicus* (Oken, 1818).

4. S-a stabilit, că specia *Lipeurus caponis* este comuna pentru galinaceele domestice și sălbatice. Specia *Trinoton anserinum* parazitează la multe specii de păsări sălbatice acvatice, inclusiv lebede și gâște și servește ca gazdă intermediară în ciclul de viață al nematodului *Sarconema eurycerca*, din familia Filarioidea. Specia de căpușe argazide *Argas persicus* transmite numeroși agenți patogeni (*Borrelia anserina*) la animale, inclusiv și la oameni; iar pentru specia *Dermanyssus gallinae* ca gazde servesc mai multe specii de păsări și mamifere sălbatice, inclusiv omul.

Bibliografie:

- VRANCEAN, C. Rolul și importanța produselor avicole în alimentația umană. In: *Revistă teoretico-științifică*. 2013, nr. 1, p. 158-162.
- ȘUTEU, I., COZMA, V. Parazitologie clinică veterinară. Edit Risoprint, Cluj-Napoca. 2007. vol. 2, 349 p. ISBN 973-656-632-3.
- CLAY T, HOPKINS GHE. Notes on the Rudow collection of Mallophaga at Hamburg. *Mitt Hamburg Zool Mus Inst.* 1955. p.:49–73. [Google Scholar]
- CASTRESANA, L., TOTARIO, A., MATEO, P. M. Study of the ectoparasitic mallophaga of Anatidae (Insecta, Mallophaga) in the Iberian Peninsula: identification, biometric characteristics and biological aspects. *Zool Baetica*, 1999, p.63–86. [Google Scholar]
- JOHNSON, JP, CLAYTON, DH. The biology, ecology, and evolution of chewing lice. In Price RD, Hellenthal RA, Palma RL, Johnson KP, Clayton DH eds, *The Chewing Lice: World Checklist and Biological Overview*. Springfield, Illinois, USA. Illinois Natural History Survey, 2003. pp. 449–476
- MICHALSKI, M. M. R. GAŁĘCKI, R., SIEDLECKA, K. First Report of *Sarconema Eurycerca* (Filarioidea) in Mute Swan (*Cygnus Olor*) in Poland – the Case Report. *Helminthologia*, 2019, 56(1):62–65. DOI: 10.2478/helm-2018-0042
- COHEN, S, GREENWOOD, MT, FOWLER, JA. The louse *Trinoton anserinum* (Amblycera: Phthiraptera); an intermediate host of *Sarconema eurycerca* (Filarioidea: Nematoda), a heartworm of swans. *Med Veter Entomol*, 1991, p. 101–110. DOI: 10.1111/j.1365-2915.1991.tb00527.x. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
- MOUSA, TAVASSOLI, ZAHRA REZANEJAD SABEGHI, BEHNAZ GHORBANZADEH, SHOKOOFEH SHAMSI, JAFAR ARJMAND AND MOSTAFA GOLABI. The underwater survival of adult and larval stages of *Argas persicus* (Acari: Argasidae). *Persian Journal of Acarology*, 2015, vol. 4, No. 2, pp. 213–22.
- LISBÔA, R. S., R. C. TEIXEIRA, C. P. RANGEL, H. A. SANTOS, C. L. MASSARD, and A. H. FONSECA. „Avian Spirochetosis in Chickens following Experimental Transmission of *Borrelia Anserina* by *Argas (Persicargas) Miniatus*”. *Avian Diseases*. U.S. National Library of Medicine, June 2009. Web. 15 Apr. 2017.
- MYRTO KOUTANTOU, MICHEL DRANCOURT, EMMANOUIL ANGELAKIS. Prevalence of Lyme Disease and Relapsing Fever *Borrelia* spp. in Vectors, Animals, and Humans within a One Health Approach in Mediterranean Countries. *Pathogens* 2024, 13(6), 512. <https://doi.org/10.3390/pathogens13060512>
- ЛЯХОВА, О. М. Пухоеды (Mallophaga, Insecta) на птицах в Центральном Предкавказье. *Паразитология*, 2010. Т. 44, вып. 5, с. 461-474.
- ЛЯХ, Ю. Г. Е. А. СУХОЦКАЯ, С. Серый гусь (*Anser anser*) – представитель охотничьих перелетных птиц Беларуси и его экологическая роль в распространении инвазионных болезней. *Экологические проблемы XXI века: Материалы 19-й международной научной конференции*, 23–24 мая 2019. Минск, Республика Беларусь. Ч. 2, с. 170-173. ISBN978-985-7224-33-3. <http://elib.bsu.by/handle/123456789/231353>
- MITREA, I. Controlul parazitologic - concept biologic, medical și economic. *Scientia Parasitologica*. Cluj-Napoca, 2002. vol. 1, p. 79-89.
- INSTITUTUL DE ZOOLOGIE AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI. Procedeu de colectare a ectoparaziților de la păsări: brevet de invenție: brevet MD nr. 3441, .G2 Inventatori: LUNCAȘU, M., ZAMORNEA, M. Publ. 2007.12.31, BOPI nr. 12/2007.
- ДУБИНИНА, М. Н. Паразитологическое исследование птиц, 1955, М.-Л.: Изд-во АН СССР, 132 с.

N. B.: Investigațiile au fost realizate cu suportul proiectului instituțional – Program de Stat cu tema: „Diversitatea artropodelor hematofage, a zoo- și fitohelminților, vulnerabilitatea și strategiile de tolerare a factorilor climatici, elaborarea și implementarea procedeeelor inovative de control integral al speciilor de interes comunitar”, cu cifra: 20.80009.7007.12 F și a Subprogramului cu cifra 010701 „Evaluarea structurii și funcționării biocenozelor, habitatelor acvatice și terestre sub influența factorilor biotici și abiotici în contextul asigurării securității ecologice și bunăstării populației” din cadrul USM.

Date despre autori:

Maria ZAMORNEA, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, cercetător științific coordonator, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8987-3390

E-mail: mariazamornea@gmail.com

Dumitru ERHAN, doctor habilitat în științe biologice, profesor cercetător, membru de onoare al Academiei de Științe Agricole și Silvici „Gheorghe Ionescu-Șișești” din România, cercetător științific principal, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-9722-4382

E-mail: dumitruerhan@yahoo.com

Ștefan RUSU, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, șeful Laboratorului de Parazitologie și Helminnologie, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-3322-9173

E-mail: rusus1974@yahoo.com

Oleg CHIHAI, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5881-072

E-mail: olegchihai@yahoo.com

Prezentat: 03.03.2025

ВЛИЯНИЕ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ

Ирина КОЛОМИЕЦ,

Государственный университет Молдовы

Выполнен обзор по влиянию земного магнетизма на биологические системы. Обзор включает сведения о физической природе магнетизма, а также о характеристиках магнитного поля Земли, порождающих его геологических процессах и физических явлениях на внешней границе магнитосферы. Рассмотрено проявление магнетизма на химическом уровне с учетом физической природы диа-, пара- и ферромагнетизма. Соответствующая классификация химических элементов сопровождается сведениями об их биологической функции. Рассмотрены классы соединений, входящих в состав живых систем и потенциально способных к взаимодействию с магнитосферой, и обосновывается особая роль в этом координационных соединений. Рассмотрены особенности взаимодействия входящих в состав живых систем диа-, пара- и ферромагнетиков с магнитным полем, причем особое внимание уделено рассмотрению основных фактов и гипотез, касающихся механизмов магниторецепции.

Ключевые слова: *магнитное поле, магнито-, электромагнито-, фоторецепция, парамагнетики, диамагнетики, ферромагнетики, координационные соединения, фотон, биологические системы.*

INFLUENCE OF THE GEOMAGNETIC FIELD ON LIVING ORGANISMS

The influence of terrestrial magnetism on biological systems is reviewed. The review is preceded by information on the physical nature of magnetism, as well as on the characteristics of the Earth's magnetic field, the geological processes that generate it, and physical phenomena at the outer boundary of the magnetosphere. The manifestation of magnetism at the chemical level and the physical nature of dia-, para-, and ferromagnetism are considered. The corresponding classification of chemical elements is accompanied by information on their biological function. The classes of compounds that are part of living systems and are potentially capable of interacting with the magnetosphere are considered, and the special role of coordination compounds is substantiated. The features of the interaction of dia-, para-, and ferromagnets that are part of living systems with a magnetic field are considered, with special attention paid to the main facts and hypotheses concerning the mechanisms of magnetoreception.

Keywords: *magnetic field, magnetic-, electromagnetic-, photoreception, paramagnets, diamagnets, ferromagnets, coordination compounds, photon, biological systems.*

Введение

Напряжённость земного магнитного поля за последние 22 года уменьшилась в среднем на 1,7 %, а в некоторых регионах, – например в южной части Атлантического океана, – на 10 %. Как показали данные передаваемые спутниками Swarm, запущенными Европейским космическим агентством (European Space Agency, ESA), наибольший уровень снижения геомагнитного поля наблюдается в Западном полушарии. Резкое падение напряженности магнитного поля Земли в перспективе может привести к инверсии южного и северного магнитных полюсов. [1]. И хотя по данным палеонтологии [2], массовых вымираний было значительно меньше чем инверсий и не всегда инверсия полюсов была причиной вымирания, падение напряженности магнитного поля создает значительные риски для жизнедеятельности растений, животных и людей [3]. В связи с этим, особую актуальность приобретают исследования влияния электромагнитных полей на животные и растительные организмы. Цель данной работы сводилась к инвентаризации и анализу литературных данных, как по природе магнитного поля, так и по механизмам его взаимодействия с биологическими системами.

2. Методы и объекты исследования

В ходе метаанализа применяли метод последовательных паттернов (SP – sequence pattern), заключающийся в обнаружении закономерностей или серии событий, происходящих в определенной

последовательности [4]. Методологической основой исследований был системный подход [5]. В качестве объекта исследования рассматривались биологические системы на всех уровнях организации – от глобальном до квантового. Визуализация результатов осуществлялась при помощи пакета программ Excel.

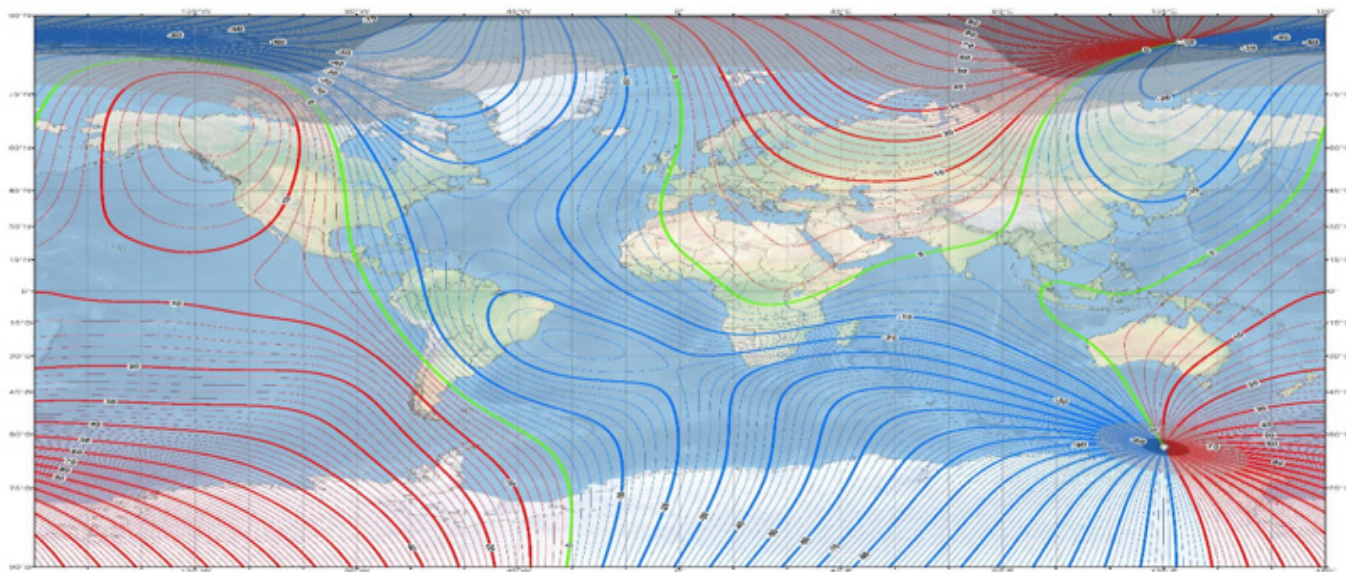
3. Результаты и обсуждение

3.1. Природа внешнего магнитного поля Земли.

Хотя современный уровень развития науки значительно расширяет базу эмпирических данных о взаимодействии электромагнитных полей с биологическими системами, но нет полной ясности в вопросах природы таких взаимодействий. Каким образом волна распространяется в вакууме, если вакуум – пространство, свободное от вещества? Основываясь на элементарной логике, описать электромагнитное излучение как волну невозможно без понятия смещения (электродинамика Максвелла), но понятие смещения невозможно без понятия материальной точки – корпускулы (Механика Ньютона) [6]. Возможно, квантовая механика, описывающая вакуумное пространство как «непустое в чрезвычайно малых масштабах», практически, приближая структурную частицу к абстрактному понятию материальной точки, способна ответить на поставленные вопросы, а введение Полем Дираком понятия «квантового вакуума» вполне оправдано [7]. Тем более, что сам Эйнштейн утверждал, что, согласно общей теории относительности, пространство без эфира (= квантового вакуума) немыслимо; в таком пространстве не только бы не было никакого распространения света, но и не могли бы существовать никакие стандарты пространства и времени [8]. По словам лауреата Нобелевской премии по физике Роберта Б. Лафлина: «Теория относительности на самом деле ничего не говорит о существовании или несуществовании материи, пронизывающей вселенную. Но мы не говорим об этом, потому что это табу» [9]. Согласно модели Штёрмера [10], с поверхностных слоев Солнца в космическое пространство уносится огромное количество частиц солнечной материи, которые несут на себе положительные и отрицательные заряды. В процессе неравномерного радиоактивного излучения на поверхности Солнца превалирует, то положительный, то отрицательный заряд. В случае заряда положительного знака, Солнце распространяет кулоновскую силу на электроны, блуждающие в гелиосфере. Как только заряд поверхности Солнца меняется на отрицательный – кулоновская сила притягивает положительно заряженные частицы. Благодаря такому переменному току, устанавливается стационарное состояние, при котором Солнце обеспечивает весьма продолжительное истечение заряженных частиц и одновременно получает их из окружающего пространства в равновеликом количестве. Такие колебания солнечных токов экранируют на магнитосфере Земли токи противоположного знака, обуславливающие циклические изменение самого внешнего магнитного поля Земли. Переносчиком магнитного поля, согласно теории квантовой электродинамики, является самая распространенная во Вселенной частица – фотон. Это безмассовая частица, способная существовать, только двигаясь со скоростью света. Электрический заряд фотона равен нулю. Однако наличие поляризации – ориентации их электромагнитного поля – дает возможность «намагнитить луч света (эффект Фарадея, открытый в 1845 году) и осветить магнитную силовую линию (обратный эффект Фарадея, открытый Питаевским Л. П в 1960 году)» [11]. С квантово-механической точки зрения, понятие поляризации света связано с наличием у фотона спина. Фотоны могут находиться в двух состояниях со значениями момента импульса $\pm\hbar$ ($\hbar$ – постоянная Планка), направленного вдоль импульса фотона. Такие фотоны обладают круговой поляризацией: левой, когда квантовое число $m = +1$, или правой, когда $m = -1$, энергия (частота) таких фотонов одинакова. В магнитном поле компоненты с $m = \pm 1$ будут распространяться с разными фазовыми скоростями: $v_{\pm} = c / n (1 \pm Q)$, где c – скорость света, n – показатель преломления среды, а Q – специальный магнитооптический параметр. В немагнитных средах параметр Q пропорционален магнитному полю и в не очень больших полях (магнитная индукция не превышает 200–300 мТл) имеет типичное значение порядка 10^{-6} – 10^{-4} . В ферромагнитных материалах этот параметр отличен от нуля даже в отсутствие поля и достигает величин 10^{-3} – 10^{-1} . Он определяется внутренним магнитным полем, которое создается атомами и ионами кристаллической решетки магнетика.

3.2. Природа основного магнитного поля

К магнетикам относятся материалы, вступающие во взаимодействие с магнитным полем, выражающемся в его изменении, а также в других физических явлениях – изменении физических размеров, температуры, проводимости, электрического потенциала и т. д. В этом смысле к магнетикам относятся практически все вещества (поскольку ни у какого из них магнитная восприимчивость не равна нулю), большинство из них относится к классам диамагнетиков (имеющих небольшую отрицательную магнитную восприимчивость – и несколько ослабляющих магнитное поле) или парамагнетиков (имеющих небольшую положительную магнитную восприимчивость – и несколько усиливающих магнитное поле). Попадая во внешнее магнитное поле, соединения, содержащие диамагнетики, выталкиваются из него, а вещества содержащие парамагнетики – втягиваются. Более редко среди магнетиков встречаются ферромагнетики (намного усиливающие внешнее магнитное поле, имеющие большую положительную магнитную восприимчивость, способные спонтанно намагничиваться и втягиваться магнитным полем). К ферромагнетикам относятся: железо (Fe), кобальт (Co), никель (Ni), гадолиний (Gd), тербий (Tb), диспрозий (Dy), гольмий (Ho) и эрбий (Er), а также многочисленные металлические сплавы и соединения упомянутых металлов. Находясь в жидком внешнем ядре Земли при температуре порядка 4–6 тысяч градусов Кельвина, ферромагнетики (в основном железо) создают под действием силы Кориолиса спиралевидные конвективные потоки тепла – столбы Тейлора. Благодаря трению слоёв они приобретают электрический заряд, формируя контурные токи. Такие токи и создают основное магнитное поле Земли.



Карта 1. Изогоны магнитного поля Земли на 2025 год [12]

Математически этот процесс описывается магнитогидродинамическим уравнением индукции:

$$\partial B / \partial t = \nabla \times (u \times B) + \eta \nabla^2 B,$$

где u — скорость потока жидкости, B — магнитная индукция, $\eta = 1/\mu\sigma$ — магнитная вязкость (коэффициент магнитной диффузии), σ — электропроводность жидкости, а μ — магнитная проницаемость. Первое слагаемое в правой части соответствует формированию магнитного поля, а второе — его подавлению [10].

В силу эволюционных процессов, происходящих в мантии и земной коре, распределение химических элементов, в том числе и ферромагнетиков, неравномерно (таблица 1). Такая неравномерность распределения на земной поверхности ферромагнетиков создает аномальные магнитные зоны. В некоторых районах магнитных аномалий напряжённость резко возрастает, достигая порядка 2Э по сравнению со средней напряжённостью 0,5 Э (0,34Э на экваторе и 0,66Э на магнитных полюсах).

Таблица 1. Кларки магнетиков в земной коре [13]

Элемент	С, мг/кг	Элемент	С, мг/кг	Элемент	С, мг/кг	Элемент	С, мг/кг
Кислород, O	470000	Цинк, Zn	83	Тербий, Tb	4,3	Тулий, Tm	0,27
Кремний, Si	295000	Церий, Ce	70	Бериллий, Be	3,8	Индий, In	0,25
Алюминий, Al	80500	Никель, Ni	58	Цезий, Cs	3,7	Кадмий, Cd	0,13
Железо, Fe	46500	Медь, Cu	47	Эрбий, Er	3,3	Ртуть, Hg	0,083
Кальций, Ca	29600	Неодим, Nd	37	Олово, Sn	2,5	Серебро, Ag	0,07
Натрий, Na	25000	Литий, Li	32	Тантал, Ta	2,5	Фтор, F	0,06
Калий, K	25000	Иттрий, Y	29	Уран, U	2,5	Селен, Se	0,05
Магний, Mg	18700	Лантан, La	29	Бром, Br	2,1	Палладий, Pd	0,013
Титан, Ti	4500	Ниобий, Nb	20	Гольмий, Ho	1,7	Висмут, Bi	0,009
Марганец, Mn	1000	Галлий, Ga	19	Мышьяк, As	1,7	Золото, Au	0,0043
Фосфор, P	930	Азот, N	19	Германий, Ge	1,4	Рений, Re	0,0007
Барий, Ba	650	Кобальт, Co	18	Вольфрам, W	1,3	Теллур, Te	0
Сера, S	470	Свинец, Pb	16	Европий, Eu	1,3	Платина, Pt	0
Стронций, Sr	340	Торий, Th	13	Молибден, Mo	1,1	Рутений, Ru	0
Хром, Cr	330	Бор, B	12	Гафний, Hf	1	Родий, Rh	0
Углерод, C	230	Скандий, Sc	10	Таллий, Tl	1	Осмий, Os	0
Хлор, Cl	170	Празеодим, Pr	9	Лютеций, Lu	0,8	Прометий, Pm	0
Цирконий, Zr	170	Гадолиний, Gd	8	Сурьма, Sb	0,5		
Рубидий, Rb	150	Самарий, Sm	8	Иод, I	0,4		
Ванадий, V	90	Диспрозий, Dy	5	Иттербий, Yb	0,33		
ферромагнетик		парамагнетик		диамагнетик			

Высокая магнитная проницаемость ферромагнетиков делает их идеальным материалом для магниторецепции. Зачастую они входят в состав координационных соединений как органической, так и неорганической природы в качестве комплексообразователя. Лигандами могут выступать молекулы H_2O , CO , NH_3 , анионы OH^- , Cl^- , PO_4^{3-} , а также катион водорода H^+ . Механизмы избирательного взаимодействия фотона и вещества описываются теорией кристаллического поля [14]. Из-за расщепления энергии d-орбиталей под действием поглощаемых квантов света появляется возможность перехода электронов с подуровней d_{xy} , d_{yz} , d_{xz} на вакантные подуровни с более высокой энергией d_z^2 , $d_{x^2-y^2}$. Такие переходы сопровождаются изменением окраски комплексного соединения. Если комплексообразователь имеет электронную конфигурацию d^0 или d^{10} , то переходы электронов с d_{xy} , d_{yz} , d_{xz} подуровней на d_z^2 , $d_{x^2-y^2}$ или наоборот невозможны либо из-за отсутствия электронов, либо из-за отсутствия вакантных орбиталей. Поэтому растворы комплексов с такими комплексообразователями не поглощают фотонов из видимой части спектра и выглядят бесцветными. В зависимости от разности энергий расщепленных уровней комплексы поглощают кванты света определённых диапазонов длин волн, поэтому имеют соответствующую окраску. Таким образом координационная химия объясняет закон Гротгуса – Дрепера (1818-1843) - фотоны, определенного диапазона избирательно взаимодействуют только с веществом, диапазон отражения которого комплементарен диапазону длин волн падающих квантов [15].

Типичными представителями координационных соединений являются хелатные формы удобрений, витамины, пигменты (хлорофилл, гемоглобин, антоциан) и другие комплексные соединения. Являясь магнетиками, они обуславливают множество биологических явлений (таблица 2). Магнитная рецепция биологических систем осуществляется посредством диа-, пара- и ферромагнетиков, входящих в состав координационных соединений и участвующих в жизненно важных химических процессах – росте, метаболизме, размножении и старении. Течение этих процессов, как и возможность ими управлять обусловлены основными свойствами ферромагнетиков: спонтанно намагничиваться, притягиваться магнитным полем, сохранять «память» предыдущих состояний (петля гистерезиса).

Таблица 2. Роль магнетиков в функционировании живых организмов

Магнетик	Соединение	Функция
Кальций, Ca	Гидроксиапатит карбоната кальция	Основной элемент костной ткани, а также основной универсальный регулятор жизнедеятельности клеток (секреция гормонов и нейромедиаторов, гемокоагуляция)
Магний, Mg	Креатинфосфат, хлорофилл	Замещает двухвалентное железо после его глобального окисления до трёхвалентного в процессе фотосинтеза, является кофактором многих ферментативных реакций.
Натрий, Na	Na^+/K^+ аденозинтрифосфатаза	Мембранный потенциал и мышечные сокращения, поддержание осмотической концентрации крови, кислотно-щелочного баланса, водного баланса, мембранного транспорта, активация многих энзимов.
Калий, K	Na^+/K^+ аденозинтрифосфатаза	Смотреть Na.
Фосфор, P	Орто- и пирофосфорная кислота, гидроксиапатит. Входит в состав нуклеотидов, нуклеиновых кислот, фосфопротеидов, фосфолипидов, коферментов, ферментов.	Энергетический обмен, синтез костной ткани, метаболизм.
Хлор, Cl	NaCl	Участвуют в поддержании осмотического равновесия, нейрорегуляция, протеолитическая активность ферментов желудочного сока, участвуют в поддержании pH клеток.
Сера, S	Входит в состав некоторых аминокислот (цистеин, метионин), витаминов (биотин, тиамин), ферментов.	Участвует в образовании третичной структуры белка (формирование дисульфидных мостиков) и в бактериальном фотосинтезе (сера входит в состав бактериохлорофилла, является источником энергии в хемосинтезе)
Железо, Fe	Гемоглобин, миоглобин цитохромы (в том числе и цитохром P-450), пероксидазы, каталазы.	Фотосинтез, транспорт кислорода крови
Кобальт, Co	Входит в состав витамина B ₁₂ (кобаламин)	Задействован при кроветворении, функциях нервной системы и печени, ферментативных реакциях.
Медь, Cu	Входит в состав белка церулоплазмина, цитохром-с-оксидазы, пероксид дисмутаза, гемоцианина в виде имидазольного комплекса иона меди.	Влияет на активность белкового обмена, на рост костной ткани.

Ванадий, V	В организме человека присутствует в виде катиона ванадила (IV) VO^{2+} и аниона ванадата (V) $(\text{H}^2\text{VO})^4-$.	Тормозит синтез жирных кислот, подавляет образование холестерина, ингибирует ряд ферментных систем, тормозит фосфорилирование и синтез АТФ, снижает уровень коферментов А и Q, стимулирует активность моноаминоксидазы и окислительное фосфорилирование.
Хром, Cr	Входит в состав фермента трипсина.	Принимает участие в проведении нервных импульсов, липидном обмене. Предотвращает развитие атеросклероза, улучшает ранозаживление, деятельность миокарда и работу половой системы.
Марганец, Mn	В виде ионов Mn^{2+} или его комплексных соединений с белками, нуклеиновыми кислотами и аминокислотами входят в состав металлоферментов - аргиназы, холинэстеразы, пируваткарбоксилазы и др.	Участвует в синтезе белков, молекул АТФ, в образовании костной ткани и регуляции клеточного метаболизма. выступает в роли кофактора супероксиддисмутазы.
Молибден, Mo	Входит в состав ряда ферментов: альдегидоксидаза, сульфитоксидаза, ксантиноксидаза и др.	Регулирует процессы обмена веществ, способствует задержанию в организме фтора, участвует в стимуляции деятельности ферментов, отвечающих за дыхание тканей и синтез аскорбиновой кислоты.
Селен, Se	Входит в состав активных центров некоторых белков в форме аминокислоты.	Взаимодействует с витаминами, ферментами и биологическими мембранами, регулирует обмен жиров, белков и углеводов, участвует в окислительно-восстановительных процессах, является составным компонентом более 30 жизненно важных биологически активных соединений организма.
Йод, I	Входит в скелетный белок губок и скелетопротеинов морских многощетинковых червей в состав тиреоидных гормонов тироксина и трийодтиронина.	Воздействует на рост, развитие и обмен веществ организма.
Цинк, Zn	Входит в состав более 400 ферментов. Среди них ферменты, катализирующие гидролиз пептидов, белков и сложных эфиров, образование альдегидов, полимеризацию ДНК и РНК.	Содержится в эритроцитах крови и способствует превращению углекислого газа, образующегося в тканях в процессе их жизнедеятельности, в гидрокарбонат-ионы и угольную кислоту, которая кровью переносится в лёгкие, где выводится из организма в виде углекислого газа. Участвует в выработке спермы и мужских гормонов, в метаболизме витамина Е, участвует в синтезе анаболических гормонов: инсулина, тестостерона и гормона роста, алкогольдегидрогеназы.
Фтор, F	Содержится в эмали зубов в составе фторапатита — $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ — в костях.	Участвует в синтезе костной ткани.
Кремний, Si	Содержатся в хвощах, злаках, культурном рисе, ответственен за связывание диатомового кремнезёма у ракообразных.	Входит в состав опорных образований у растений и скелетных — у животных. концентрируется в морских организмах — диатомовых водорослях, радиоляриях, губках.

Бром, Br	Содержится в виде остатков ортокремниевой кислоты в соединительной ткани, входит в состав гликозаминогликанов и их белковых комплексов, коллагена, которые формируют и стабилизируют каркас соединительной ткани.	Способствует удалению токсинов, повышает прочность и эластичность стенок сосудов, увеличивает прочность костной ткани, усиливает защитные силы организма от инфекций, предотвращает преждевременное старение. Снимает раздражения и воспаления кожи, укрепляет ногти и волосы, влияет на фертильность.
Бор, B	Входит в состав борной кислоты, бората натрия и оксида бора.	Улучшает жизнедеятельность растений. Влияет на окислительные и энергетические процессы в тканях, на биосинтез необходимых веществ. Роль бора в животном организме не выяснена. Один из редких типов дистрофии роговицы связан с геном, кодирующим белок-транспортёр, предположительно регулирующий внутриклеточную концентрацию бора.
ферромагнетик парамагнетик диамагнетик		

3.3. Магниторецепция живых организмов

Механизм магниторецепции до конца неясен. Существует несколько гипотез механизма магниторецепции. Первая гипотеза строится вокруг соединений, содержащих магнетик типа $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4$ (оксид железа II и III, магнетит) или его аналогов. В магнитном поле магнетит ведет себя как стрелка компаса, подвергая структурным перестройкам мембранный белок, и влияя таким образом на мембранный потенциал. Что, в свою очередь, может влиять на биохимические реакции внутри рецепторной клетки. Есть предположения, что комплекс Fe^{+2} , который входит в состав гемоглобина крови человека ($\text{C}_{3032}\text{H}_{4816}\text{O}_{872}\text{N}_{796}\text{S}_8\text{Fe}_4$) может рассматриваться в качестве магниторецептора. Было обнаружено, что кровь ведет себя как диамагнитная жидкость, когда она обогащена кислородом (в артериях) и как парамагнитный материал, когда она обескислорожена (в венах) [16]. Следовательно, венозная кровь «втягивается» внешним магнитным полем, а артериальная «выталкивается». Опыты по исследованию ориентации нормальных эритроцитов крови в сильном постоянном магнитном поле с максимальной величиной до 8 Тесла показали, что эритроциты крови ориентируются таким образом, чтобы плоскость их диска была параллельна направлению приложенного поля [17]. Но магнитное поле Земли (на широте 50° составляет $5 \cdot 10^{-5}$ Тл, на экваторе — $3,1 \cdot 10^{-5}$ Тл, в солнечных пятнах — 0,3 Тл) значительно меньше экспериментального (8 Тл) при котором можно наблюдать парамагнитный эффект в эритроцитах. По этой причине воздействие слабых магнитных полей на биообъекты долгое время вызывало сомнение. По некоторым данным [18], амплитуды естественных электромагнитных полей соответствуют электромагнитным шумам в самих клетках живых организмов.

Вторая гипотеза магниторецепции предполагает существование совместной электро- и магниторецепции. Согласно данной гипотезе, магнитные поля могут детектироваться в специализированных вспомогательных структурах, которые преобразуют магнитное поле в электромагнитное. Например, у некоторых видов рыб ориентация в магнитном поле осуществляется опосредовано, через электрорецепторы – *ампулы Лоренцини*, способные обнаруживать потоки постоянного тока. Детальное изучение ампул Лоренцини показало, что заполняющее их вещество обладает ферромагнитными свойствами [19]. Функцию аналогичную *ампулам Лоренцини* выполняют кутикулосомы в волосковых клетках птиц, которые состоят из наночастиц ферритина (*железопротеида*, одна молекула которого включает до 4000 атомов железа), который содержится во всех органах и тканях [20]. Эта структура молекулярно связана с везикулярным дыханием, что позволяет предположить, что она может регулировать концентрацию железа во внутренних отделах уха, и быть задействована в магниторецепции. По существу эту гипотезу можно рассматривать как разновидность первой, так как в обеих гипотезах за рецепцию отвечает ферромагнетик.

Третья гипотеза базируется на существовании молекулярных структур одновременно отвечающих за фото – и магниторецепцию. Теоретически молекулярными свойствами для функционирования в качестве фото- и магниторецепторов обладали криптохромы – зрительные пигменты. Поглощая квант света коротковолнового диапазона, они образуют пару радикалов. Спины неспаренных электронов радикалов могут иметь параллельную или антипараллельную ориентацию. Попадая во внешнее магнитное поле, параллельно ориентированные спины ведут себя как парамагнетики, т.е. усиливают внешнее магнитное поле. При антипараллельной ориентации спинов, криптохромы ведут себя как диамагнетики т.е. ослабляют внешнее магнитное поле. Однако не ясным был вопрос дифференциации магнито – и фотосигналов. Ситуация оставалась запутанной, пока китайские ученые из Пекинского университета [21] не обнаружили ген белка-посредника, который связывал криптохром и железо в единый механизм магниторецепции. Белок-продукт этого гена (CG8198) получил новое название MagR (от Magnetic Receptor, «магнитный рецептор»), вместе с криптохромом белок формирует устойчивые комплексы, включающие «стержень» из 20 молекул MagR, окруженных спиралью, которая сложена 10 молекулами криптохрома. Такие структуры не только похожи на вытянутые стрелки компаса, но в опытах *in vitro* также ориентируются вдоль линий магнитного поля. Однако в начале 2019 года результаты такого изящного эксперимента были поставлены под сомнение. Группа ученых [22] изучала серии срезов внутреннего уха голубей с помощью рентгеновской флуоресцентной микроскопии и трансмиссионной (просвечивающей) электронной микроскопии. Скоплений кристаллов ферромагнетита не выявили ни в рецепторах лагены, ни в межклеточном пространстве. Подобный результат был получен с применением масс-спектрометрии и другими учеными [23]. Таким образом вопрос совместной фото- и магниторецепции остался открытым. Что касается роли криптохромов в растениях, то было установлено, что они также, как и в животных организмах, играют ключевую роль в регуляции циркадных ритмов растений, в том числе и фототропизма [24].

В процессе поиска механизмов магниторецепции не была оставлена без внимания и общая модель баро- и магниторецепции. Согласно которой [25] магниторецепция в биологических системах происходит за счет образования в коллоидах, находящихся в водной среде, осадка тиоловых соединений (RSH, где R — углеводородный радикал), с которыми связаны такие биологические процессы, как клеточное деление, проницаемость клеточных мембран, активность ферментов, функций рецепторов, структура белка и липопротеиновых комплексов, синтез белков, свертываемость крови, старение организма и др.

Еще одной из наиболее обсуждаемых в настоящее время гипотез является теория, объясняющая влияние магнитного поля на объекты, содержащие связанные ионы (прежде всего Ca^{2+}), регулирующие скорость ключевых для клетки кальцийзависимых биохимических реакций. Эта модель получила известность как теория магнитного параметрического резонанса или «кальцимодулиновая» гипотеза [26]. По мнению А. R. Liboff [27], магнитное поле (сила Лоренца) вызывает отклонение траектории движения ионов K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} через ионные каналы мембраны. На причастность Ca^{2+} к механизмам магниторецепции указывает и «кальцийгидратационная» теория первичных физикохимических реакций биосистем на воздействия магнитных полей [28]. В этих реакциях свободные ионы кальция выполняют роль посредника между жидкой средой организма и магнитным полем, а частота обмена ионов Ca^{2+} в клетках находится в интервале частот внешнего магнитного поля. Во многих случаях частоты магнитного поля совпадали с собственными ритмами функционирования биологической системы. Такое понимание природы взаимодействия биологических систем и внешнего электромагнитного поля солнечного излучения, как резонансного взаимодействия частот объясняет с физической точки зрения закон Гротгуса – Дрепера (1818-1843) – фотоны, определенного диапазона избирательно взаимодействуют только с веществом, диапазон отражения которого комплементарен диапазону длин волн падающих квантов [29]. С учетом вышесказанного, мы предположили, что претендовать на роль магниторецепторов могли бы такие клеточные органеллы, как микротрубочки и микрофиламенты.

Таким образом, в процессе эволюции животного и растительного мира, магнитные поля превратились в важную информационную систему. Носителем информации в биосистемах являются кванты электромагнитного поля. Непрерывность частотных характеристик электромагнитного поля предполагает существование однозначного резонансного соответствия частотных характеристик биологи-

ческой плазмы на всех уровнях ее организации. Концепция биологической плазмы Сент Дьерди [16] связывает магниторецепцию с конформационными перестройками молекул. Предполагается, что пусковые механизмы многих геомагнитных реакций биосистем лежат на уровне молекулярных явлений и подчиняются законам квантовой механики. Исследования В. П. Казначеева и Л. П. Михайловой [30] позволяют представить биологическую систему как неравновесную фотонную констелляцию, которая существует за счет постоянного притока энергии извне. Носителем информации в биосистемах являются кванты электромагнитного поля. Исследования, проводившиеся на основании этого предположения, свидетельствуют об универсальном характере информационной связи, широком использовании электромагнитного канала в живой природе. Явление катализа позволяет ввести «информационный» подход в управление элементарными химическими реакциями и скоростями их протекания [31]. Скорость химического процесса определяется поступлением квантов с частотой фотоэффекта, которые являются пусковым сигналом начала реакции и носителем энергии для ее осуществления. При этом для каждой химической связи такой носитель сигнала и энергии является единственным.

Выводы

1. В процессе эволюции животного и растительного мира магнитные поля превратились в важную информационную систему. Носителем информации в биосистемах являются кванты электромагнитного поля. Непрерывность частотных характеристик электромагнитного поля предполагает существование однозначного резонансного соответствия частотных характеристик биологической плазмы на всех уровнях ее организации.

2. Магнитная рецепция биологических систем осуществляется посредством диа-, пара- и ферромагнетиков, входящих в состав координационных соединений и участвующих в жизненно важных химических процессах – росте, метаболизме, размножении и старении. Течение этих процессов, как и возможность ими управлять обусловлены основными свойствами магнетиков.

3. Между качественными характеристиками кванта (частота, длина волны, энергия) и химической связью координационного соединения существует однозначное соответствие. Скорость химического процесса определяется количеством квантов с частотой фотоэффекта (фотоэлектронной эмиссии), которые являются триггером биохимической реакции и носителем энергии для ее осуществления.

Библиография:

1. ГЛАЦМАЙЕР, Г., ОЛСОН, П. *Изучение геодинамики. «В мире науки»* № 7, 2005. Доступно: <https://web.archive.org/web/20071030174454/http://www.sciam.ru/2005/7/nauka.shtml>. [Дата обращения: 30.03.2007]
2. ЕСЬКОВ, К. *Удивительная палеонтология: история Земли и жизни на ней*. М.: ЭНАС, 2008.-312 с.
3. *Earth's Inconstant Magnetic Field NASA Science*. 25 апреля 2010 года. Available: http://science.nasa.gov/headlines/y2003/29dec_magneticfield.htm [Дата обращения: 25 октября 2014].
4. КРАВЧЕНКО, Ю. *Модель фильтра знаний для задач семантической идентификации. Известия ЮФУ. Технические науки*, № 4, 2018, с. 197-211. Enciclopedia Ecologiei.
5. DEDIU, I. *Enciclopedia Ecologiei*. Ch: Știința, 2019, 563 с.
6. ЛАНДАУ, Л., ЛИФШИЦ Е. *Механика. Теоретическая физика т. I.*, М.: Физматлит, 2012, 224 с. ISBN 978-5-9221-0819-5.
7. DIRAC, P. *Is there an Aether?* B: *Nature*. № 168. 1951, p. 906.
8. KOSTRO, L. *An outline of the history of Einstein's relativistic ether concept B: Studies in the history of general relativity*. Jean Eisenstaedt & Anne J. Kox. Boston-Basel-Berlin: Birkäuser. 1992, с. 260-280. ISBN 0-8176-3479-7.
9. LAUGHLIN, R. *Different Universe: Reinventing Physics from the Bottom Down*. NY. B: Basic Books, 2005, p. 120-121. ISBN 978-0-465-03828-2.
10. *Советская энциклопедия*. М.: Т. 5. 1985, 1248 с.
11. ВЕРХОЗИН, А. *Магнитооптика вчера и сегодня. К 170-летию открытия эффекта Фарадея. Вестник Псковского государственного университета Серия «Естественные и физико-математические науки» Псков: Серия естественные и физико-математические науки N 6, 2015, с. 114-124.*

12. *WORLD MAGNETIC MODEL (WMM) State of the Geomagnetic Field report*. Available: <https://www.ncei.noaa.gov/products/world-magnetic-model>
13. ROBERTS, P., KING, E. *On the genesis of the Earth's magnetism .Reports on Progress in Physics*, 2013, 4 September (vol. 76), P. 096801. DOI: 10.1088/0034-4885/76/9/096801.
14. ВИНОВАТОВ, А. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. *Геохимия*. Вып. 7, 1962, с. 555-571.
15. BERSUKER, I., YANG, L. *Electronic Structure and Properties of Transition Metal Compounds: Theory and Applications* (с). Третье издание. Нью-Йорк: John Wiley & Sons, 2025, 864 pp.
16. ШРАЙВЕР, Д., ЭТКИНС, П. *Неорганическая химия*. М.: Мир, 2004. Т. 1, с. 359, 679 с. ISBN 5-03-003628-8.
17. *Химическая энциклопедия*. М.: Большая российская энциклопедия, 1999. Т. 5, 783 с. ISBN 5-85270-310-9.
18. HUTCHISON, Z. et al. *Electromagnetic Field (EMF) Impacts on Elasmobranch (shark, rays, and skates) and American Lobster Movement and Migration from Direct Current Cables*. U.S. Department of the Interior Bureau of Ocean Energy Management Office of Renewable Energy Programs March. 2018, 254 p.
19. *Патологическая анатомия: Курс лекций / под ред. В. В. Серова, М. А. Пальцева*. — М.: Медицина, 1998, с. 58. ISBN 5-225-02779-2.
20. QIN, S., YIN, H. et al. *A magnetic protein biocompass Nature materials*. Advance online publication, 2015, p. 1-14. Available: <https://www.nature.com/naturematerials>.
21. ZHAO, Y. et al. *Analysis of magnetic elements in otoliths of the macula lagena in homing pigeons with inductively coupled plasma mass spectrometry*. *Neurosci. Bull.* 25, 2009, p 101–108. <https://doi.org/10.1007/s12264-009-0311-y>
22. LIU, B., LIU, H., ZHONG, D., LIN, C. *Searching for a photocycle of the cryptochrome photoreceptors*. *Curr Opin Plant Biol.* 13(5), 2010, p. 578-86. DOI: 10.1016/j.pbi.2010.09.005
23. PIKKARDI, G. *The chemical basis of medical climatology*. USA: Springfield. 1962, 146 p.
24. АГАДЖАНИЯН, Н., МАКАРОВА И. Магнитное поле Земли и организм человека. *Экология человека* М: № 9, 2005, с. 3-9.
25. ROBERT, B. COREY, L. *Molecular Models of Amino Acids, Peptides, and Proteins. B: Review of Scientific Instruments*, Volume 24, Issue 8, 1953, p. 621-627. DOI:10.1063/1.1770803.
26. ПАВЛОВ, А., ФЕЙЗУЛИН, Р. Физические особенности воздействия на эритроциты статических магнитных полей при наличии пространственного градиента. *Вестник СГТУ*, № 1(82), 2016, с. 39-48.
27. ЛЕДНЁВ, В. Биоэффекты слабых комбинированных постоянных и переменных магнитных полей. *Биофизика*, 1996, т. 41, с. 224-234.
28. LIBOFF, A. *On the nature of electromagnetic field interactions with biological systems*. Ed. A. N. Frey, R. J. Langes Co. Austin. 1994, 59-72.
29. ГРИГОРЯН, Г. *Магниторецепция и механизмы действия магнитных полей на биосистемы*. Ереван: Гитутюн, 1995, 54 с.
30. КАЗНАЧЕЕВ, В., МИХАЙЛОВА, Л. *Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей*. Новосибирск: Наука, 1985, 180 с.
31. NICEWICZ, D., MACMILLAN, D. *Merging Photoredox Catalysis with Organocatalysis. The Direct Asymmetric Alkylation of Aldehydes*. *Science*, 2008-10-03. Vol. 322, iss. 5898, p. 77–80. ISSN 0036-8075.

Данные об авторе:

Ирина КОЛОМИЕЦ, старший научный сотрудник, Институт Экологии и Географии, Государственный Университет Молдовы.

ORCID: 0009-0009-5185-435

E-mail: ikolomiec71@gmail.com

Получено: 01.03.2025

NOI CONTRIBUȚII LA STUDIUL UNOR SPECII MEDICINALE DIN GENUL *SCUTELLARIA* L.

Nina CIOCÂRLAN,

Universitatea de Stat din Moldova

Lucrarea se referă la șapte taxoni din genul *Scutellaria* L. (*S. albida* L., *S. albida* ssp. *colchica* (Rech. f.) Edmond., *S. alpina* L., *S. altissima* L., *S. baicalensis* Georgi, *S. orientalis* L. and *S. supina* L.) introduși și cercetați în Grădina Botanică Națională (Institut) „Al. Ciubotaru”. Sunt prezentate principalele caracteristici morfologice însoțite de fotografii originale ale plantelor, importanța în medicina populară și cea modernă. Sunt descrise particularitățile biologice de creștere și dezvoltare ale plantelor în condiții *ex situ* care relevă potențialul lor adaptiv înalt la condițiile pedoclimatice locale, realizând consecutiv toate fazele fenologice începând cu inițierea vegetației până la maturizarea deplină a semințelor.

Cuvinte-cheie: *Lamiaceae*, *Scutellaria*, particularități biomorfologice, conservare *ex situ*.

NEW CONTRIBUTIONS TO THE STUDY OF SOME MEDICINAL SPECIES FROM THE *SCUTELLARIA* L. GENUS

The paper refers to seven *Scutellaria* L. taxa (*S. albida* L., *S. albida* ssp. *colchica* (Rech. f.) Edmond., *S. alpina* L., *S. altissima* L., *S. baicalensis* Georgi, *S. orientalis* L. and *S. supina* L.) introduced and studied in the National Botanical Garden (Institute) „Al. Ciubotaru”. The main morphological characteristics are presented, accompanied by original photographs of the plants, their importance in folk and modern medicine. The biological peculiarities of growth and development of *Scutellaria* plants under *ex situ* condition are described, which reveal their high adaptive potential to local pedoclimatic conditions, consecutively realizing all phenological phases starting from the initiation of vegetation to the full maturation of the seeds.

Keywords: *Lamiaceae*, *Scutellaria*, biomorphological peculiarities, *ex situ* conservation.

Introducere

Unul dintre principalele domenii de activitate ale Grădinii Botanice Naționale (Institut) „Al. Ciubotaru” (GBNI) este introducerea de noi specii, inclusiv specii de plante cu valoare economică și menținerea lor în colecții *ex situ*. Conservarea populațiilor de plante medicinale valoroase în colecțiile grădinii botanice permit desfășurarea activității de cercetare științifică asupra lor și la necesitate introducerea în cultură, ceea ce contribuie la reducerea recoltării materiei prime din natură și micșorarea presiunii antropice asupra populațiilor naturale. De un interes științific și practic considerabil, care a crescut în special în ultimul deceniu, este studiul particularităților biologice de creștere și dezvoltare ale speciilor alohtone noi în scopul introducerii lor în cultură. Numărul mare de plante medicinale de perspectivă pentru sectorul economic include și speciile de *Scutellaria*, fiind de mare interes ca surse naturale de compuși biologic activi.

Genul *Scutellaria* L. (familia *Lamiaceae*) include aproximativ 360-470 de specii și taxoni intraspecifici (subspecii și varietăți), cu un areal vast de răspândire care cuprinde Europa, America de Nord și Asia de Est [1, 2]. În flora spontană a Republicii Moldova genul *Scutellaria* L. este reprezentat de 4 specii [3].

Genul *Scutellaria* include specii erbacee perene sau anuale, mai rar subarbuști. Tulpini erecte, ascendente sau procumbente, simple sau ramificate, hirsute. Frunze simple, pețiolate, opuse. Flori scurt pedunculate, situate în axila frunzelor sau a bracteelor, adunate în raceme laxe sau dense. Caliciu campanulat, bilobat, lobul superior prevăzut cu un apendice transversal, caduce la fructificare. Corola cu tubul mai lung decât caliciul, bilabiată: labiul superior trilobat, cel central în formă de coif și cel inferior întreg sau emarginat. Stamine 4, cele anterioare mai lungi decât cele posterioare, antere ciliate. Stigmat cu lobi inegali. Fruct – nuculă sferică sau ovoidală, glabră, verucoasă sau pubescentă [2, 3].

Speciile de *Scutellaria* au fost folosite în mod tradițional în multe țări pentru tratarea diverselor afecțiuni: hipertensiune, aritmie, boli cardiovasculare, gastroenterite, hepatite, raceli, infecții virale, tuse, bronșite, pneumonii, insomnie, tulburări ale sistemului nervos, ulcere cutanate, furuncule [4]. Studii științifice ulterioare au demonstrat importanța lor tot mai mare în producerea preparatelor farmaceutice pe bază de plante. Multe dintre speciile acestui gen sunt o sursă bogată de compuși bioactivi, în principal flavonoide și diterpene cu efect antiinflamator, antioxidant, imunostimulator, antiviral, antibacterian, anticancer, hepatoprotector și neuroprotector [4-6].

Deși populațiile spontane de *Scutellaria* L. sunt larg distribuite în lume, unele dintre aceste specii devin rare sau amenințate cu dispariția din cauza presiunii colectărilor excesive și distrugerii habitatelor naturale. Dintre speciile investigate, *Scutellaria supina* este specie rară, inclusă în Cartea Roșie a Republicii Moldova (ed. a III-a) cu statut de specie critic periclitată [3, 7]. În acest context, conservarea prin cultivare este un mijloc eficient de protejare a resurselor genetice.

Prezenta lucrare vine cu noi contribuții la studiul a șapte taxoni din genul *Scutellaria* L. (*S. albida* L., *S. albida* ssp. *colchica* (Rech. f.) Edmond., *S. alpina* L., *S. altissima* L., *S. baicalensis* Georgi, *S. orientalis* L. și *S. supina* L.) introduși și cercetați în GBNI, descrie principalele caracteristici biomorfologice în condiții *ex situ* și importanța acestora pentru sectorul economic.

Materiale și metode

Cercetările au fost realizate în perioada 2020-2024. Obiecte de studiu au servit șapte specii medicinale din genul *Scutellaria* L. (*S. albida*, *S. albida* ssp. *colchica*, *S. alpina*, *S. baicalensis*, *S. orientalis*, *S. altissima* și *S. supina*) introduse în Colecția de Plante Medicinale din cadrul GBNI. Mobilizarea resurselor genetice ale plantelor din genul *Scutellaria* s-a realizat prin schimbul internațional de semințe (*Index Seminum*) și din flora spontană (Tabelul 1).

Tabelul 1. Proveniența surselor de germoplasmă ale speciilor de *Scutellaria* L.

Denumirea științifică	Proveniența instituția/anul	
<i>Scutellaria albida</i>	Grădina Botanică a Universității din Leipzig, Germania	2005
<i>Scutellaria albida</i> ssp. <i>colchica</i>	Grădina Botanică din München, Germania	2018
<i>Scutellaria alpina</i>	Grădina Botanică a Universității Johannes Gutenberg, Mainz, Germania	2017
<i>Scutellaria altissima</i>	Flora spontană a Republicii Moldova, satul Hulboaca, municipiul Chișinău	2010
<i>Scutellaria baicalensis</i>	Grădina Botanică din Łódź, Polonia	2006
<i>Scutellaria orientalis</i>	Grădina Botanică din Bonn, Germania	2019
<i>Scutellaria supina</i>	Schimb colegial de material vegetal Grădina Botanică a Universității „Al. I. Cuza”, Iași, România	2019 2020

Cercetările în vederea aclimatizării și introducerii taxonilor noi s-au efectuat în Sectorul Experimental al GBNI. Înființarea loturilor experimentale (suprafața de 10 m²), studiul particularităților biologice ale plantelor în condiții *ex situ* s-au realizat conform ghidurilor metodologice acceptate în domeniu [8, 9]. În decursul perioadei de vegetație s-au efectuat lucrări agrotehnice necesare pentru asigurarea dezvoltării normale a plantelor. Înmulțirea plantelor a fost executată prin răsad crescut în sere încălzite și prin fragmentarea tufelor perene toamna târziu. Nomenclatura taxonilor este dată conform lucrărilor floristice contemporane [3, 10] și rețele internaționale de date: The World Flora Online [2], Euro+Med PlantBase [11].

Rezultate și Discuții

Cercetările de introducere a plantelor medicinale pe termen lung în cadrul Laboratorului Resurse Vegetale a GBNI au condus la crearea complexelor generice și realizarea studiilor comparative, complexe și interdisciplinare în vederea evidențierii speciilor de perspectivă pentru sectorul economic. Astfel, în

decursul ultimului deceniu au fost reîntregite genurile *Salvia*, *Artemisia*, *Thymus*, *Teucrium*, *Digitalis*, *Scutellaria*, *Potentilla*, *Achillea*, *Mentha*, *Origanum*, *Tanacetum*, *Vitex* și al. cu taxoni noi valoroși din punct de vedere științific și economic.

În colecția Plante Medicinale, genul *Scutellaria* este reprezentat de 7 taxoni (6 specii și o subspecie): 5 taxoni alohtoni (*S. albida*, *S. albida* ssp. *colchica*, *S. alpina*, *S. baicalensis*, *S. orientalis*) obținuți prin schimbul internațional de semințe și 2 specii autohtone (*S. altissima* și *S. supina*) provenite din flora spontană [5].

Specii alohtone de *Scutellaria* introduse în colecție

Scutellaria albida L. (Scutelarie albă) este o plantă perenă, erbacee. Tulpini erecte, 4-muchiatare, de regulă ramificate, înalte de 15-30 cm. Frunze lungi de 2-3 cm, triunghiulare până la deltate, crenate, obtuze. Bractee mai scurte decât florile, ovate sau ovat-lanceolate, întregi, verzui. Flori albe, lungi de 10-15 mm, grupate în inflorescențe de tip racem, fin-pubescente cu lungimea de 10-18 cm. Înflorește în perioada iunie-iulie. Arealul de răspândire cuprinde sud-estul Europei până în Iran. Crește bine pe majoritatea tipurilor de sol, pe pante sudice. Nu tolerează terenuri foarte uscate. Se înmulțește prin semințe și vegetativ, prin divizarea tufelor. În scop terapeutic se utilizează partea aeriană a plantei care se recoltează în perioada înfloririi.

Scutellaria albida ssp. *colchica* (Rech. f.) Edmond. (sin. *Scutellaria woronowii* Juz.) este una dintre subspeciile speciei *S. albida*, având practic corola de aceeași culoare (alb sau crem). Diferă, însă, de celelalte subspecii prin prezența bracteelor acuminate și scurt-pețiolate. Înflorește în perioada iunie-iulie. Arealul de răspândire cuprinde Crimeea, nord-estul Turciei până în Transcaucazia. Se înmulțește prin semințe și vegetativ.



Figura 1. *Scutellaria albida*. *Scutellaria albida* ssp. *colchica*

perioade de vegetație au fost înregistrate diferențe minore în realizarea fazelor fenologice. Faza de butonizare se înregistrează în ultima decadă a lunii mai-prima decadă a lunii iunie. Faza de înflorire deplină se notează în mijlocul lunii iunie (fig. 1), este extinsă și durează 50-55 de zile. Fructificarea în masă s-a notat în primele două decade ale lunii august. Plantele în condiții de cultură ating înălțimea de 30-35(40) cm.

Scutellaria albida ssp. *colchica* în condițiile grădinii botanice are o creștere intensă, atingând în înălțime 35-45 cm. Plantele încep să vegeteze la sfârșitul lunii martie. Etapa de butonizare se remarcă în ultima decadă a lunii mai. Începutul fazei de înflorire a fost observat în a doua decadă a lunii iunie. Perioada de înflorire durează până la mijlocul lunii iulie, iar semințele se maturizează în luna august.

Studiul fenologic, morfometric și al ritmului de dezvoltare la specia *S. albida* au permis stabilirea consecutivității și duratei fazelor fenologice ale plantelor în condiții noi de creștere. În condițiile Grădinii Botanice plantele încep să vegeteze în ultima decadă a lunii martie. Până la mijlocul lunii mai, plantele se află în stadiul pregenerativ. Începând cu a treia decadă a lunii mai, plantele trec consecutiv toate etapele perioadei generative și postgenerative. În decursul mai multor

***Scutellaria alpina* L.** (Scutelarie alpină) este plantă perenă, erbacee, semi-prostrată. Tulpini prostrat-ascendente, tetramuchiante, simple sau ramificate, mai mult sau mai puțin pubescente, înalte de 15-30 cm. Frunze de 1,5-3 cm lungime, opuse, ovate, lanceolate, crenat-zimțate, rareori întregi, de regulă glabre sau ușor pubescente; cele inferioare pețiolate, cele tulpinale subsesile; marginea plană. Inflorescență terminală, densă, alungită, de regulă tetragonală. Bractee întregi, de 8-15 mm lungime, ovate sau ovat-lanceolate, mai lungi decât caliciul, acute, violete, rareori verzi. Corola de 20-25 mm lungime, albastru-violetă sau violet-albă, cu tubul în exterior pubescent. Fruct – nukulă. Înflorește în perioada mai-iulie. Originară din Europa Centrală și de Sud. Se înmulțește prin semințe și vegetativ. În scop terapeutic se utilizează partea aeriană. Inițierea vegetației la plantele de *S. alpina* în condițiile

Grădinii Botanice începe primăvara devreme, în prima decadă a lunii martie. După perioada pregenerativă (martie-aprilie) exemplarele realizează consecutiv fazele generative (butonizare, înflorire și fructificare). În prima decadă a lunii mai se intensifică ritmul de creștere al lăstarilor, devinind reproductivi. Faza de butonizare se notează în ultima decadă a lunii aprilie-prima decadă a lunii mai. Fenofaza înfloririi începe în a doua decadă a lunii mai și durează – 38-46 de zile. Faza de înflorire în masă se înregistrează în a doua și a treia decadă a lunii mai (fig. 2), sfârșitul înfloririi – în ultima decadă a lunii iunie-prima decadă a lunii iulie. Perioada de maturizare a semințelor se notează în lunile iulie-august și durează aproximativ 20 de zile. În condiții de cultură plantele ating înălțimea de 20-30 (35) cm. Poate fi cultivată cu ușurință pe soluri sărace până la moderat fertile, neutre până la alcaline, cu umiditate medie, bine drenate.



Figura 2. *Scutellaria alpina*



Figura 3. *Scutellaria baicalensis*

***Scutellaria baicalensis* Georgi** (Scutelarie, gura lupului chinezească) este plantă erbacee, perenă cu rizom scurt multicapitat care treptat trece într-o rădăcină cărnoasă poziționată vertical. Tulpini erecte, 4-muchiante, ramificate, slab-pubescente. Frunze opuse, lanceolate, cu marginea ciliată, scurt-pețiolate sau sesile; vârf acut. Florile bilabiate, de culoare albastră-închisă, situate în axila frunzelor superioare, dispuse de-a lungul tulpinii. Fruct – nukulă de culoare neagră, prevăzută cu spini. Înflorește în perioada iulie-august. Este răspândită în Extremul Orient, regiunea Baikal și în bazinul fluviului Amur. Se întâlnește în nordul Chinei, în Japonia, Coreea, Mongolia. Rar se întâlnește în Europa și în Statele Unite. Se înmulțește prin semințe. În scop terapeutic se utilizează rădăcina, mai rar frunzele. Rădăcinile se recoltează la plantele de 3-4 ani, în perioada de maturizare a semințelor.

După locul unde sunt localizați mugurii de regenerare, *S. baicalensis* ocupă un loc intermediar între geofite și hemicriptofite. Spre sfârșitul anului I de vegetație plantele dezvoltă muguri în zona superioară

a rizomului, adâncită în sol la 2-3 cm, precum și pe sectoarele subterane ale lăstarilor aerieni, la diferite adâncimi de la suprafața solului. Începând cu anul II de viață, plantele își măresc evident dimensiunile organelor aeriene: înălțimea tulpinilor ajunge la 65-70 cm, se mărește gradul de ramificare a lăstarilor laterali și se stabilizează ritmul fazelor de dezvoltare. Stadiul de butonizare se notează în ultima decadă a lunii iunie, când în axila frunzelor superioare situate pe lăstarii principali se formează mugurii florali. Începutul fazei de înflorire se notează în prima decadă a lunii iulie. După 10-15 zile se observă apariția mugurilor florali pe lăstarii laterali. Faza de înflorire durează până la sfârșitul lunii august-începutul lunii septembrie (fig. 3). Etapa de maturizare a semințelor debutează în luna august și durează până în ultima decadă a lunii septembrie. În condițiile pedoclimatice ale Republicii Moldova, plantele de *S. baicalensis* înfloresc în primul an de viață.

***Scutellaria orientalis* L.** (Scutelarie orientală) este plantă erbacee, perenă cu tulpini de până la 30 cm înălțime, decumbente, lemnoase, rareori tomentoase. Frunze pețiolate, lat-ovate sau ovat-alungite, adânc crenat-dințate până la penatsectate cu lobii liniari sau liniar-lanceolați; la bază trunchiate, verzi-întunecate, adaxial pubescente, abaxial cenușiu-tomentoase; pe margine ușor recurbate. Inflorescență densă, alungită, de regulă 4-unghiulară. Bractee întregi, imbricate, de 5-12 mm lungime, ovate sau rareori ușor lanceolate, de regulă mai lungi decât caliciul, acute, violete sau galbene-verzui, glabre sau ușor pubescente. Corola galbenă, rareori rozee; labiul inferior adesea roșiatic. Fruct – nuculă. Înfloresc în perioada mai-iunie. Arealul de răspândire cuprinde regiunea mediteraneeană până în Caucaz. Crește pe pante pietroase, argiloase, stânci și pășuni. Se înmulțește prin semințe și pe cale vegetativă. În scop terapeutic se utilizează partea aeriană a *Scutellariei orientalis* L, rădăcinile.



Figura 4. *Scutellaria orientalis*

Scutellaria orientalis în condiții *ex situ* parcurge întreg ciclu sezonier de creștere și dezvoltare, înfloresc și formează semințe viabile. Plantele încep să vegeteze în prima decadă a lunii aprilie. Durata perioadei de la începutul vegetației și până la fructificarea în masă este de aproximativ 80-90 de zile. La plantele din al II-lea an de viață, perioada de butonizare începe în a treia decadă a lunii aprilie. Faza de înflorire se notează în a doua decadă a lunii mai și durează până în a doua decadă a lunii iunie (fig. 4); perioada de maturizare a semințelor începe în primele zece zile ale lunii iulie și durează până la mijlocul lunii august. Plantele în condiții *ex situ* cresc până la 15-25 cm în înălțime.

Prezența unui conținut înalt de compuși biologic activi demonstrează importanța terapeutică semnificativă a speciilor noi de *Scutellaria* introduse în GBNI, astfel încât în ultimele decenii ele au devenit obiectul multor studii științifice. Compoziția chimică, efectele terapeutice și utilizările medicinale ale plantelor sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2. Compoziția chimică, efectele terapeutice și beneficiile speciilor de *Scutellaria* L.

Denumirea științifică / populară	Principii active	Efecte terapeutice	Utilizări
<i>Scutellaria albida</i> Scutelarie albă	iridoide, scutelozone, polifenoli, flavonoide, derivați fenolici, ulei volatil, carbohidrați, acizi organici, taninuri [12]	sedativ, tonic antispasmodic, diaforetic, antimicrobian, antibacterian, antioxidant [14]	

<i>Scutellaria albida ssp. colchica</i>	glicozide iridoidice, diterpene [13], ulei volatil (acid hexadecanoic, (E) – nerolidol, α -bisabolol, oxid de cariofilenă, germacren D) [12]	sedativ, tonic antispasmodic, diaforetic, antimicrobian, antibacterian, antioxidant [14]	afecțiuni ale sistemul nervos, remediu util în perioadele de stres, stările de agitație, anxietate, tensiune musculară, convulsie, isterie, epilepsie [14]
<i>Scutellaria alpina</i> Scutelarie alpină	metaboliți polifenolici flavonoide (baicalină, wogonosidă, luteolină, verbascosidică) [15]	antioxidant, antialergic, proprietăți puternice de antiglicare [15]	previne bolile legate de stresul oxidativ, cum este cancerul, afecțiunile cardiovasculare și bolile inflamatorii, tulburări asociate hiperglicemiei [15]; extractul are efect de stimulare a creșterii părului.
<i>Scutellaria altissima</i> Gura lupului	ulei esențial, iridoide, steroizi, acizi grași, flavonoide și verbascosidă. Rădăcina conține substanțe tanante, alcaloizi, saponine și flavonoide [14]	expectorant, antitusiv, vasodilatator; experimental: antiinflamator, antioxidant și antitumoral [16].	afecțiuni ale sistemului respirator, tuse, pneumonie, hipertensiune arterială, inflamație și edeme [16]. Experimental s-a demonstrat efectul benefic al extractelor din plantă în boli cerebrovasculare, precum și în tratamentul cancerului de prostată [17].
<i>Scutellaria baicalensis</i> Scutelarie, gura lupului chinezească	flavonozide, acizi fenolici, substanțe tanante, ulei volatil, polisaharide, flavone, alcaloizi, amidon, pirocatechine steroizi, saponine, rășini, micro și macro elemente [16, 18]	hepatoprotectiv, antiviral, anticonvulsiv, sedativ, nervin, adaptogen, antibacterian, relaxant [18], anticancer [19], anti-HIV [20]	reduce procesele inflamatorii ale ficatului, stimulează secreția biliară, reduce disfuncțiile de somn îmbunătățește starea funcțională a sistemului cardiovascular și a sistemului nervos, nevroze cardiovasculare; extenuare fizică și psihică, insomnie și oboseală. [16, 18, 19].
<i>Scutellaria orientalis</i> Scutelarie orientală	ulei volatil, compuși fenolici, flavonoide, glicozide feniletanoide, cum ar fi acteosida și verbascosida. Rădăcinile conțin taninuri, acid ascorbic [14, 21]	antimicrobian, antioxidant, astringent, cicatrizant, analgesic, carminativ, antitumoral, coleretic, diuretic, sedativ și hipotensiv [22]	afecțiuni abdominale și renale, hemoroizi, tumori [22], diaree, nevroze, insomnie; experimental: extractul are efect stimulator asupra sistemului cardiovascular. Studiile farmacologice recomandă decocul, tinctura și extractul din rădăcină pentru tratamentul hipertensiunii. Extern – sub formă de cataplasme pentru tumori [14].
<i>Scutellaria supina</i> Gluguță culcată	Specie insuficient studiată din perspectiva conținutului de substanțe biologice active și a utilizărilor medicinale și este important inițierea studiilor biologice și fitochimice pentru evidențierea profilului chimic și terapeutic.		

Specii de *Scutellaria* provenite din flora spontană

Scutellaria altissima L. (Gura lupului) este plantă erbacee, perenă cu rizom oblic, tulpină erectă simplă sau slab-ramificată, tetramuchiata, pubescentă, înaltă de 40-100 cm. Frunze opuse, lung-pețiolate, cu baza cordată, vârf obtuz sau acuminat, pe margini crenate, cu peri mici, încovoiați pe nervuri. Flori bilabiate, scurt-pedunculate, de culoare albastră-violacee, situate în axila bracteelelor, unite în inflorescențe racemoase, unilaterale, cu lungimea de până la 30 cm. Fruct – nuculă comprimată, ovată, rugoasă. Înflorește în perioada mai-iunie. Arealul de răspândire cuprinde Europa Centrală și de sud-est, Peninsula Balcanică și Crimeea. În flora spontană locală vegetează în pădurile de foioase, liziere, tufărișuri, stejărete de stâncării. Se înmulțește prin semințe și vegetativ prin divizarea tufelor perene. În scop medicinal se utilizează partea aeriană a plantei care se recoltează în perioada înfloririi.

**Figura 5. *Scutellaria altissima***

În condiții *ex situ* plantele de *S. altissima* inițiază vegetația în a doua decadă a lunii martie. Dezvoltarea vegetativă a plantelor durează circa 40-45 de zile. Începutul perioadei de butonizare se notează în ultima decadă a lunii aprilie- prima decadă a lunii mai. În a doua decadă a lunii mai se înregistrează începutul fazei de înflorire. Înflorirea deplină a plantelor pe loturile experimentale s-a observat în a treia decadă a lunii mai (fig. 5). Perioada de înflorire durează până la mijlocul lunii iunie și se desfășoară în 25-28 de zile. În faza de înflorire deplină plantele au înălțimea de 35-40 (50) cm. Maturizarea semințelor se desfășoară în a treia decadă a lunii iunie și durează circa 25 de zile.

**Figura 6. *Scutellaria supina***

Scutellaria supina L. (Gluguță culcată) este un semiarbust cu tulpini ascendente, ramificate, lignificate la bază, de 10-40 cm înălțime, tetramuchiata, pe muchii cu perișori scurți. Frunze opuse, scurt pețiolate, ovate sau alungit ovate, pe margini crenat-serate, la bază truncate, glabre. Florile bilabiate, scurt pedunculate, zigomorfe, de culoare albă-violacee, unite în inflorescențe racemoase, terminale, cu lungimea de până la 10 cm. Fruct – nuculă, alb pubescentă, cu peri stelați. Înflorește în perioada mai-iunie. Este răspândită în Europa de Est, Asia Centrală, Siberia, Mongolia. În flora spontană locală vegetează pe calcarele de pe malul stâng al fluviului Nistru [3, 7]. Se înmulțește prin semințe și vegetativ.

La plantele de *S. supina* a fost observată aceeași consecutivitate și durată a fazelor fenologice ca și în setul experimental realizat pentru specia *S.*

alpina. Plantele cresc și se dezvoltă cu succes în condițiile Grădinii Botanice, înfloresc abundent (fig. 6) și formează semințe viabile, fapt ce indică perspectiva de conservare *ex-situ* a acestei specii. Nu au existat diferențe semnificative nici în ceea ce privește înălțimea plantelor, valorile acestui parametru fiind cuprinse

între 20 și 30 cm. Fiind specie rară, plantele din culturile *ex situ* pot fi folosite cu succes ca și genofond de rezervă pentru refacerea populațiilor naturale.

Cercetarea particularităților biologice ale plantelor în decursul mai multor perioade de vegetație relevă potențialul lor adaptiv la condițiile pedoclimatice locale, realizând consecutiv toate fazele fenologice începând cu inițierea vegetației până la maturizarea deplină a semințelor. Astfel, conform criteriilor definite de N.V. Trulevich [23] plantele medicinale de *Scutellaria* menținute în colecțiile Grădinii Botanice pot fi clasificate ca stabile și foarte stabile în cultură. Plantele trec printr-un ciclu anual complet de dezvoltare, sunt adaptate la condițiile climatice locale, păstrează forma vitală caracteristică acestora în condiții naturale. Plantele nu formează semințiș (cu excepția speciei *S. baicalensis*, la care acest proces s-a notat ocazional), astfel nefiindu-le caracteristică capacitatea de reproducere spontană și preluarea teritoriilor adiacente. În schimb, capacitatea înaltă de înmulțire pe cale vegetativă asigură pe deplin clasarea lor în grupul celor rezistente și foarte rezistente în cultură. În populațiile cultivate (în cazul tuturor speciilor investigate) s-a atestat o rezistență sporită a plantelor la boli și dăunători.

De menționat, că toate speciile de *Scutellaria* studiate se disting prin decorativitate deosebită, înflorire abundentă și de lungă durată, fiind recomandate și pentru completarea sortimentului de plante cu utilizare în amenajarea spațiilor verzi.

Concluzii

Speciile alohtone noi (*S. albida*, *S. albida* ssp. *colchica*, *S. alpina*, *S. baicalensis*, *S. orientalis*) în condiții *ex-situ* au demonstrat un ritm normal de creștere și dezvoltare, sunt rezistente în cultură, păstrează forma vitală caracteristică habitatelor naturale, fapt ce indică un potențial de adaptare înalt în condițiile pedoclimatice locale. Speciile spontane (*S. altissima* și *S. supina*) s-au adaptat bine noilor condiții, fapt manifestat prin realizarea tuturor fazelor fenologice, îmbunătățirea unor caracteristici ale plantelor, precum perioada mai lungă a fazei de înflorire și dimensiuni ai parametrilor morfologici mai mari decât în populațiile naturale.

Datorită unui spectru larg de proprietăți farmacologice, taxonii de *Scutellaria* introduși în colecțiile GBNÎ prezintă surse valoroase de materii prime cu importanță terapeutică, reprezentând, în același timp, importante obiecte de studiu pentru cercetări ulterioare de introducere și ameliorare, cu o atenție deosebită acordată și conservării resurselor naturale în cazul speciilor rare (*S. supina*).

Bibliografie:

1. PATON, A. A. *Global Taxonomic Investigation of Scutellaria (Labiatae)*. In: *Kew Bulletin*. 1990. 45(3), p. 399-450.
2. WFO (2024): *Scutellaria* L. Disponibil: <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-4000034856>. [accesat 12.02.2025].
3. *Flora Basarabiei: (Plantele superioare spontane)*. A. Negru, V. Cantemir, V. Ghendov et al.; sub red. Andrei Negru. Chișinău: Universul. 2022. Vol. 5, p. 34-40.
4. SHEN, J., LI, P., LIU, S. et al. *Traditional uses, ten-year research progress on phytochemistry and pharmacology, and clinical studies of the genus Scutellaria*. In: *J of Ethnoph.* 2021, 265:113198.
5. CIOCARLAN, N. *Medicinal importance of Scutellaria L. genus (Lamiaceae) – a review*. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe Reale și ale Naturii)*. 2022. 1(151), p. 42-50.
6. MINARECI, E., PEKÖNÜR, S. *An Important Eurasian Genus: Scutellaria L.* In: *International Journal of Secondary Metabolite*. 2017. 4 (1), p. 35-46.
7. *The Red Book of the Republic of Moldova*. 3rd edition. Chisinau: Știința, 2015. p. 76. ISBN 978-9975-67-998-5.
8. SPARKS, T. H., MENZEL, A., STENSETH, N. C. *European Cooperation in Plant Phenology*. In: *Climate Research*. 2009. 39, 12 p.
9. МАЙСУРАДЗЕ Н. И., ЧЕРКАСОВ О. А., ТИХОНОВА В. Л. *Методика исследований при интродукции лекарственных растений*. In: *Лекарств. растениеводство*. М., 1984, N3, 33 стр.
10. NEGRU, A. *Determinator de plante din flora Republicii Moldova*. Chișinău: Universul. 2007. p. 222.
11. *Euro+Med PlantBase – the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity*. Disponibil: <http://www.europlusmed.org> [accesat la 10.02.2025]

12. CICEK, M., DEMIRCI, B., YILMAZ, G. et al. *Composition of the essential oils of subspecies of Scutellaria albida L. from Turkey*. In: *Journal of Essential Oil Research*. 2010. 22(1), p. 55-58.
13. CALIS, I., ERSOZ, T., SARACOGLUAND, I. et al. *Scalbidoside and albidoside, iridoid glycosides from Scutellaria albida subsp.colchica*. In: *Phytochemistry*. 1993. 32, p. 1213-1217.
14. Целебные Травы. Полный каталог лечебных растений. Published on the Internet. © 2007-2017 Disponibil: <http://www.medherb.ru> [accesat la 11.02.2025].
15. GRZEGORCZYK-KAROLAK, I., GOŁĄB, K., GBUREK, J. et al. *Inhibition of advanced glycation end-product formation and antioxidant activity by extracts and polyphenols from Scutellaria alpina L. and S. altissima L.* In: *Molecules*, 2016, 21(6), p. 739.
16. Энциклопедия лекарственных растений. Disponibil: <https://lektrava.ru/encyclopedia/> [accesat 11.02.2025].
17. GAO, C., ZHOU, Y., JIANG, Z. et al. *Cytotoxic and chemosensitization effects of Scutellarin from traditional Chinese herb Scutellaria altissima L. in human prostate cancer cells*. In: *Oncol Rep*. 2017. 38, p. 1491-1499.
18. ZHAO, T., TANG, H., XIE, L. et al. *Scutellaria baicalensis Georgi. (Lamiaceae): a review of its traditional uses, botany, phytochemistry, pharmacology and toxicology*. In: *J Pharm Pharmacol*. 2019, 71(9), p. 1353-1369.
19. LI-WEBER, M. *New therapeutic aspects of flavones. The anticancer properties of Scutellaria and its main active constituents Wogonin, Baicalein and Baicalin*. In: *C Treat Rev*. 2009. 35(1), p. 57-68.
20. LI, B-Q., FU, T., YAN, Y-D. et al. *Inhibition of HIV infection by baicalin – a flavonoid compound purified from Chinese herbal medicine*. In: *Cell Mol. Biol. Res*. 1993. 39, p.119-124.
21. YILMAZ, I., ÇIÇEK, M., DEMIRCI, B. et al. *Composition of the essential oils of five subspecies of Scutellaria orientalis from Turkey*. In: *Journal of Essential Oil Res*. 2020. 32(5), p. 429-435.
22. ZENGİN, G., LORENT-MARTÍNEZ, E.J., MOLINA-GARCÍA, L. et al. *Chemical profile, antioxidant, and enzyme inhibitory properties of two Scutellaria species: S. orientalis L. and S. salviifolia Benth.* In: *J of Pharmacy and Pharm*. 2019. 71(2), p. 270-280.
23. ТРУЛЕВИЧ, Н.В. *Эколого-фитоценотические основы интродукции растений*. М.: Наука, 1991. 216 с.

N. B: Cercetările au fost realizate în cadrul „Subprogramului 010101” Cercetarea și conservarea ex situ și in situ a diversității plantelor din Republica Moldova.

Date despre autor:

Nina CIOCÂRLAN, doctor în biologie, cercetător științific coordonator, Universitatea de Stat din Moldova, Grădina Botanică Națională (Institut) „Al. Ciubotaru”.

ORCID: 0000-0002-9477-5848

E-mail: n_ciocarlan@mail.ru

Prezentat: 27.02.2025

CZU: 612.39:612.017

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_11](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_11)

IMPACTUL MACRO- ȘI MICRONUTRIENȚILOR ASUPRA STATUTULUI IMUN

Olga BULAT,*Universitatea de Stat din Moldova,*

Alimentația este un proces esențial în menținerea sănătății organismului. Macronutrienții (proteinele, glucidele și lipidele) și micronutrienții (vitaminele, mineralele și substanțele biologic active) stau la baza tuturor proceselor organismelor vii. Aportul redus sau excesiv al nutrienților poate cauza diferite dereglări funcționale și structurale ale organelor și sistemelor de organe, inclusiv și ale sistemului imunitar. Studiarea influenței acestor nutrienți asupra sistemului imunitar în ansamblu, precum și asupra parametrilor statutului imun, va oferi o oportunitate de a modifica indicatorii statutului imun, prin activarea sau suprimarea anumitor funcții ale sistemului imunitar după necesitate prin intermediul rațiilor alimentare individualizate.

Cuvinte-cheie: micronutrienți, macronutrienți, sistem imunitar, proteine, lipide, glucide, vitamine.

THE IMPACT OF MACRO- AND MICRONUTRIENTS ON IMMUNE STATUS

Nutrition is an essential process for maintaining the body's health. Macro- (proteins, carbohydrates, and lipids) and micronutrients (vitamins, minerals, and biologically active substances) form the foundation of all processes in living organisms. An insufficient or excessive intake of nutrients can lead to various functional and structural disorders of organs and organ systems, including the immune system. Studying the influence of these nutrients on the immune system as a whole, as well as on immune status parameters, provides an opportunity to adjust immune status indicators by activating or suppressing specific immune functions as needed through individualized dietary plans.

Keywords: micronutrients, macronutrients, immune system, proteins, lipids, carbohydrates, vitamins.

Introducere

Alimentația este una dintre componentele principale ce asigură existența și are impact direct asupra funcționării sistemului imunitar. Odată cu dezvoltarea științei Sanocreatologia, problema posibilei utilizări a rațiilor alimentare în scopul formării, menținerii și fortificării dirijate a sănătății, inclusiv și a sistemului imunitar, a devenit acută. Efectul de modelare al nutrienților, se realizează la nivelurile de interacțiune subcelular, celular și intercelular. Produsele alimentare sunt constituite din macro- și micronutrienți. Macronutrienții sunt nutrienții de care are nevoie organismul în cantități relativ mari în fiecare zi. În funcție de structura lor chimică și de caracteristicile metabolice, există trei tipuri de macronutrienți: proteine, grăsimi și carbohidrați. Micronutrienții – vitaminele, mineralele și substanțele biologic active, sunt substanțe esențiale, ce se conțin în alimente în cantități minime – miligrame sau micrograme.

Componentele alimentelor pot avea proprietăți modificatoare în raport cu imunitatea celulară și umorală, precum și cu imunitatea nespecifică și adaptivă. Aceștia pot fi considerați ca antigeni, mitogeni sau alergeni alimentari capabili să influențeze atât răspunsurile imune sistemice, cât și cele locale [1].

Rolul proteinelor în organism nu se limitează doar la funcțiile plastice. Proteinele joacă un rol activ în producerea de anticorpi și formarea imunității. Odată cu deficit de proteine alimentare, imunitatea celulară scade. Aportul insuficient de proteine reduce rezistența la infecții și inhibă hematopoieza. Proteinele joacă un rol cheie în activitatea funcțională a sistemului imunitar, deoarece toate citokinele, receptorii și enzimele de reglare sunt molecule proteice. Cele mai imunogene sunt peptidele formate din 8-10 aminoacizi [1].

Aminoacizii exercită roluri multiple în sistemul imunitar, inclusiv reglarea activării celulelor imune adaptative și înnăscute (celule B și T, celule natural killer (NK), macrofage), proliferarea limfocitelor și producerea anticorpilor, citokinelor și factorilor citotoxici. Degradarea metabolică a anumitor aminoacizi (triptofanul, arginina) duce la producerea de substraturi chimice implicate în procesele biologice. Metabolismul triptofanului contribuie la sinteza cofactorului NAD⁺, care este implicat în reacțiile redox și transfe-

rul de electroni. Degradarea argininei a fost asociată cu inducerea căii non-canonice NF- κ B și cu reglarea transcripției genelor în contextul toleranței imune. Metabolizarea argininei și metioninei duce, de asemenea, la sinteza poliaminelor, care sunt compuși organici ce reglează proliferarea celulară prin menținerea stabilității ADN-ului, ARN-m și membranei celulare. Poliaminele de asemenea induc și reglează inflamația și recunoașterea patogenului prin afectarea conexiunii receptor-ligand [1, 2, 3, 4, 5]. Descompunerea metioninei duce la sinteza glutatationului, un compus organic antioxidant, implicat în prevenirea stresului oxidativ, reglarea citotoxicității celulelor NK și celulelor T, a activității macrofagelor și activarea celulelor T. Niveleurile ridicate de adenozină cresc AMPc, afectând răspunsul neutrofilelor și reduc expresia TNF- α . Alanina prezintă un substrat energetic semnificativ pentru leucocite, iar glicina, lizina și aspartatul sunt necesare în procesul de proliferare și antioxidare a celule. Histidina participă la producerea de histamină necesară pentru diferențierea și funcționarea limfocitelor T, iar tirozina reprezintă precursorul în activarea celulelor T și B [6].

S-a demonstrat, că hidrolizatele sau peptidele bioactive eliberate în procesul digestiei gastrointestinale au proprietăți antioxidante, cresc activitatea de distrugere a celulelor NK și activitatea fagocitară a macrofagelor, majorează populațiile de limfocite, producția de anticorpi și citokine. Studiile pe porcine și pe drosofile, au stabilit că aportul ridicat de proteine din rația alimentară are un efect pozitiv asupra imunității celulare și umorale intestinale asociat cu exprimarea crescută a peptidelor antimicrobiene. Pe de altă parte, s-a demonstrat, că dieta săracă în proteine, induce imunitatea contra celulelor tumorale la șoareci. Astfel, a fost stabilit, că o scădere a conținutului de proteine și evident, micșorarea conținutului de aminoacizi provoacă stresul reticulului endoplasmatic, duce la activarea celulelor T care secretă citokinele proinflamatorii. Un efect pozitiv al unei diete bogate în proteine asupra modulării răspunsurilor imune inflamatorii a fost demonstrat într-un studiu de intervenție la diabetul de tip 2 prin consumarea unei rații bogate în proteine animale sau vegetale timp de 6 săptămâni, ceea ce a indus micșorarea nivelului de adipokine proinflamatorii, chemerinei și progranulinei indiferent de sursa de proteine. Adulții supraponderali și obezi care au urmat o dietă cu restricții energetice, fie cu conținutul recomandat de proteine, fie ridicat, au obținut o scădere în greutatea corporală însoțită de descreșterea semnificativă a subpopulațiilor de monocite proinflamatorii, a lipidelor plasmatice și lipoproteinelor [2, 3, 4, 7].

Carbhidrații, având funcția esențială energetică, sunt recomandați în rația alimentară în raport de 4:1 cu proteinele și în raport de 2:1 cu lipidele. De rând cu monozaharidele, toți ceilalți carbhidrați (derivați de monozaharide, oligozaharide și polizaharide) reprezintă o sursă nepuizabilă de alergeni, mitogeni și imunomodulatori [1, 5]. Glicoproteinele și glicolipidele se pot conjuga cu proteinele care leagă glicanii, cum ar fi lectinele și anticorpii, reglând aderența celulară în timpul migrării leucocitelor și inhibând reacțiile imune la infecții, prin recunoașterea carbhidraților conținuți în membrana agenților patogeni. Totodată, carbhidrații participă la procesele enzimatice de glicozilare a proteinelor, care generează biopolimeri funcționali esențiali. Peptidele glicozilate acționează ca glicoantigene, care influențează legarea și recunoașterea ulterioară a celulelor T și peptidelor antigenice. Glicoantigenele procesate prin căi intracelulare ale celulelor prezentatoare de antigen, sunt transmise celulelor Th, Tc și NKT și modulează activarea și producția de citokine [8, 9, 10].

Restricția totală la carbhidrați, cum ar fi în dietele ketogenice, reduce numărul total de limfocite și conținutul seric de IGF-1 (factor de creștere asemănător insulinei) deja după șapte zile. Raportul dintre T-helper și limfocite T-citotoxice nu depinde direct de carbhidrați și se modifică doar odată cu scăderea valorii energetice a dietei și a nivelului de proteine [5].

Acizii grași oferă o sursă importantă de energie, sunt componente ale membranei celulare și modulează funcția celulară, acționând ca molecule de semnalizare care pot regla expresia genelor. Aceștia pot influența, de asemenea, funcțiile celulelor imune, având rol de precursori pentru sinteza compușilor lipidici implicați în reglarea răspunsurilor imune. Lipidele, atât cele ingerate, cât și cele sintetizate endogen sunt extrem de importante pentru menținerea homeostaziei întregului organism și a activității sistemului imunitar. Reprezentanții tuturor claselor de lipide au potențial imunomodulator activ [5].

Derivații metabolici ai acizilor grași, inclusiv acidul eicosapentaenoic și acidul docosahexaenoic, sunt precursori ai moleculelor antiinflamatorii care contribuie la recrutarea monocitelor în locurile de inflamație,

unde fagocitează și elimină neutrofilele apoptotice. Acizii grași reglează activitatea fagocitară a macrofagelor, infiltrarea celulelor dendritice în ganglionii limfatici și activarea mastocitelor. De asemenea, reacționează încrucișat cu receptorul de activare a proliferării peroxizomilor și receptorul Toll-like. Acizii grași pot avea un efect dublu asupra reglării inflamației în funcție prezența sau lipsa legăturilor duble între atomii de carbon (acizi grași nesaturați și saturați). S-a demonstrat, că acizii grași saturați stimulează *in vitro* și *in vivo* inflamazomul complexului macromolecular intracelular Nod-like receptor protein 3 (NLRP3), care intensifică producția de citokine proinflamatorii IL-1 β și IL-18, în timp ce acizii grași nesaturați exercită un efect inhibitor asupra inflamazomului NLRP3, ceea ce ar putea limita activitatea inflamazomului NLRP3 prin reglarea factorului de transcripție. Concentrația de acizi grași prezintă un factor, care poate influența efectul acestora asupra celulelor imunitare. Concentrațiile scăzute de acizi grași liberi induc proliferarea celulelor T și producția de citokine, în timp ce concentrațiile sporite de acizi grași liberi provoacă disfuncția membranei mitocondriale, conducând la activarea căilor apoptotice și moartea celulelor. A fost demonstrat că plutele lipidice contribuie la activarea celulelor Th, iar acizii grași, ca componente ale plutele lipidice din membrana celulară, pot modula semnalizarea celulară, ceea ce afectează funcția celulelor imune. De asemenea, s-a dovedit, că derivații metabolici ai acizilor grași omega-3 inhibă diferențierea celulelor Th0 în celule Th proinflamatorii și reduc secreția de citokine proinflamatorii (IL-2, IFN- γ , TNF- α , IL-17) de către celulele Th și Tc. Acizi grași cu lanț scurt (Short-chain fatty acids SCFA), precum acetatul, propionatul și butiratul exercită un rol important în menținerea homeostaziei imune. Citokinele proinflamatorii, cum ar fi IL-6, mediate de lipopolizaharide pot fi inhibitate de SCFA. SCFA reduce semnificativ expresia ARNm a histon deacetilazei în monocite. SCFA, cu excepția acetatului sau propionatului poate să reprogrameze metabolismul spre fosforilarea oxidativă, ceea ce conduce la un fenotip antiinflamator tolerant [5, 8, 9, 10].

Deficiența de micronutrienți, uneori numită „foame ascunsă”, de rând cu dezechilibrul macronutrienților, de asemenea, prezintă o problemă majoră de sănătate globală și un factor care indică necesitatea rațiilor alimentare personalizate, având ca consecință modificarea statutului imunitar [9].

Vitaminele A, C, D, B2 și B12, acidul folic, fierul, zincul și seleniul sunt doar câțiva micronutrienți care au efecte imunomodulatoare și/sau antioxidante și, astfel, influențează susceptibilitatea la boli infecțioase, precum și evoluția și rezultatul infecției [11].

Vitamina A are rol în prima linie de apărare împotriva invaziei patogenului, prin secreția mucinei participând ca promotor al morfologiei și diferențierii celulare, la integritatea structurală și funcțională a celulelor mucoasei în barierele înăscute (pielea, tractul respirator ș. a.). De asemenea, amplifică funcționarea celulelor imune înăscute (NK, macrofage, neutrofile), limfocitelor T și B, intensifică dezvoltarea și diferențierea celulelor Th1 și Th2, contribuie la răspunsul antiinflamator Th2 [11, 12].

Vitaminele grupei B sunt implicate în activarea, diferențierea și proliferarea celulelor T. De asemenea, au un rol antiinflamator, duc la producția de citokine proinflamatorii, care blochează activitatea componentelor NF- κ B în citoplasmă, reduc TNF- α , în timp ce sporesc expresia citokinilor antiinflamatorii IL-10 și producția de agent oxid nitric antibacterian/antiviral. Acestea influențează funcția și activitatea celulelor imune înăscute, inclusiv a celulelor dendritice, celulelor NK și fagocitelor, participă la sinteza și modularea limfocitelor și activarea producției de anticorpi și reglează răspunsul anticorpilor la antigene și a Th1 [13].

Efectul antiinflamator al *vitaminei C* se datorează activității sale antioxidante în citoplasmă, unde inhibă speciile reactive de oxigen și este oxidat până la acidul dehidroascorbic (DHA) cu eliberarea de electroni. DHA inhibă direct kinaza IKK β , blocând activarea NF- κ B și expresia citokinilor proinflamatorii, este implicat în diferențierea și proliferarea limfocitelor. De asemenea, s-a demonstrat că vitamina C ameliorează imunitatea adaptivă prin promovarea diferențierii și proliferării celulelor T și B și prin creșterea producției de anticorpi, care reglează structura, funcția și mișcarea neutrofilelor, fagocitelor și limfocitelor. Aceasta participă la apoptoza și eliminarea neutrofilelor de către macrofage din locul infecției [11].

Vitamina D suprimă proliferarea celulelor T helper (Th), diferențiază și modulează producția de citokine, inhibă interleukinele proinflamatorii Th1 (IL2, interferon- γ , factor de necroză tumorală α), Th9 (IL9) și Th22 (IL22), dar activează producerea mai multor citokine Th2 antiinflamatorii (IL3, IL4, IL5, IL10) și IL17 [14].

Vitamina E protejează de consecințele radicalilor liberi, optimizează activitatea citotoxică a celulelor IL-2 și NK, intensifică funcția mediată a celulelor T, stimulează Th1 și suprimă Th2 [11].

Seleniul este esențial pentru funcția enzimatică (selenoproteine), care contracarează radicalii liberi, afectează funcția celulelor NK și a leucocitelor, stimulează proliferarea celulelor T [15].

Cuprul posedă proprietăți antimicrobiene, captează radicalii liberi, produce IL-2, participă la răspunsul și proliferarea celulelor T [16, 17].

Zincul are proprietăți antioxidante, modulează citokinele prin intensificarea proliferării CD8+, activează celulele T și răspunsul Th1 [16, 18].

Fierul este necesar pentru reglarea proliferării celulelor imune și a răspunsului imun înăscut. Receptorii transferinei responsabili de captarea fierului sunt exprimați în celulele imune (monocite, macrofage, celule T) [19, 20].

Concluzii

1. Componentele esențiale ale alimentelor, în special proteinele, lipidele, carbohidrații, vitaminele, mineralele prezintă activitate imunomodulatorie, mai mult sau mai puțin, influențând toate verigile răspunsului imun, inclusiv reacțiile de apărare nespecifice și imunitatea nativă.

2. Conținutul macro- și micronutrienților în rația alimentară este necesar să fie în concordanță cu perioada de vârstă, tipul de activitate și constituția organismului în scopul reducerii afectării diverselor verigi ale sistemului imunitar, sporirii răspunsului imunitar, reducerii stresului oxidativ și inflamator.

3. Elaborarea rațiilor alimentare personalizate prin includerea echilibrată a macro- și micronutrienților va permite de a forma și menține dirijat homeostazia sistemului imunitar în diverse perioade ale ontogenezei postnatale.

Bibliografie:

1. ПЕТРОВ, И. М., ГАГИНА, Т. А., ТРОШИНА, И. А., МЕДВЕДЕВА, И. В. *Современные особенности питания и иммунная система*. В: *Сибирский медицинский журнал*., 2006, N 6. с. 10-14
2. MARKOVA, M., KOELMAN L., HORNEMANN, S., ET AL. *Effects of Plant and Animal High Protein Diets on Immune-Inflammatory Biomarkers: A 6-Week Intervention Trial*. In: *Clin Nut*. 2019, N39, p.862–869.
3. NOBS, SP., ZMORA, N., ELINAV, E. *Nutrition Regulates Innate Immunity in Health and Disease*. In: *Annu Rev Nutr*. 2020, N. 40, p. 189-219.
4. RUBIO-PATINO, C., BOSSOWSKI, JP., DE DONATIS, GM., ET AL. *Protein Diet Induces IRE1alpha-Dependent Anticancer Immunosurveillance*. In: *Cell Metab*. 2018, N27, p.828–842.
5. МАРТЫНОВА, Е. А., МОРОЗОВ, И. А. *Питание и иммунитет роль питания в поддержании функциональной активности иммунной системы и развитии полноценного иммунного ответа*. В: *Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии*. Прил. № 14, 2001, T.11, № 4, с. 28-38.
6. GROHMANN, U., et al.. *Amino-Acid Sensing and Degrading Pathways in Immune Regulation*. In: *Cytokine & Growth Factor Reviews*. 2017, N 35, p. 37–45.
7. GANDECHA, H., KAUR, A., SANGHERA, R., PREECE, J., PILLAY, T. *Nutrition and Immunity in Perinatal Hypoxic-Ischemic Injury*. In: *Nutrients*. 2022, N.14(13), p.27-47.
8. CUMMINGS RD. *Stuck on Sugars—How Carbohydrates Regulate Cell Adhesion, Recognition, and Signaling*. In: *Glycocon J*. 2019, N. 36, p. 241–257.
9. KARLSSON, EA., BECK, MA., MACIVER, NJ. *Editorial: Nutritional Aspects of Immunity and Immunometabolism in Health and Disease*. In: *Front Immunol*. 2020, N.11, p. 595-615.
10. NIEMIRO, GM., CHIARLITTI, NA., KHAN, NA., DE LISIO, M. A. *Carbohydrate Beverage Reduces Monocytes Expressing TLR4 in Children With Overweight or Obesity*. In: *J Nutr*. 2019, N.150, p.616–622
11. TOURKOCHRISTOU, E., TRIANTOS C., MOUZAKI A. *The Influence of Nutritional Factors on Immunological Outcomes*. In: *Front Immunol*. 2021, N12, p. 1-17.
12. STEPHENSEN CB., LIETZ, G. *Vitamin A in resistance to and recovery from infection: relevance to SARS-CoV2*. In: *J Nutr*. 2021, N.126, p. 1663–1672.

13. LINDSCHINGER, M., TATZBER, F., SCHIMETTA, W., ET AL. *A randomized pilot trial to evaluate the bioavailability of natural versus synthetic vitamin b complexes in healthy humans and their effects on homocysteine, oxidative stress, and antioxidant levels.* In: *Oxid Med Cell Longev.* 2019, p. 1-4.
14. PRIETL, B., TREIBER G., PIEBER, TR., AMREIN, K. *Vitamin D and immune function.* In: *Nutrients.* 2013, N.5(7), p. 2502-2521.
15. TAYLOR, EW., RADDING, W. *Understanding selenium and glutathione as antiviral factors in COVID-19: does the viral Mpro protease target host selenoproteins and glutathione synthesis?* In: *Front Nutr.* 2020, N 7, p. 143.
16. RAHA, S., MALLICK, R., BASAK, S., DUTTARROY, AK. *Is copper beneficial for COVID-19 patients?* In: *Med Hypotheses.* 2020, N. 142, p. 1-3.
17. STAFFORD, SL., BOKIL, NJ., ACHARD, MES., ET AL. *Metal ions in macrophage antimicrobial pathways: emerging roles for zinc and copper.* In: *Biosci Rep.* 2013, N.33, p. 541-554.
18. WESSELS, I., MAYWALD, M., RINK, L. *Zinc as a gatekeeper of immune function.* In: *Nutrients.* 2017, N. 9, p. 1286.
19. CHEN, X., KANG, R., KROEMER, G., TANG, D. *Ferroptosis in infection, inflammation, and immunity.* In: *J Exp Med.* 2021, N. 218(6), p. 1-15.
20. NAIRZ M., WEISS G. *Iron in infection and immunity.* In: *Mol Aspects Med.* 2020, N. 75, p. 1-18.

Date despre autor:

Olga BULAT, cercetător științific, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID ID: 0000-0002-9667-6747

E-mail: bulatolga@mail.ru

Prezentat: 05.03.2025

PROCARIOTELE EDAFICE – PARTE COMPONENTĂ IMPORTANTĂ A SOLULUI ȘI INDICE SENSIBIL DE SĂNĂTATE AL ACESTUIA

Nina FRUNZE,

Universitatea Tehnică a Moldovei

S-a stabilit că spectrul comunităților procariote ale cernoziomului studiat este format din 15 filumuri: *Pseudomonadota*, *Actinomycetota*, *Nitrosophaerota*, *Bacteroidota*, *Bacillota*, *Acidobacteriota*, *Verrucomicrobiota*, *Myxococcota*, *Cyanobacteria*, *Gemmatimonadota*, *Nitrospirota*, *Patescibacteria*, *Planctomycetota*, *Chloroflexota* și *Fibrobacterota*. Dintre aceștia, 14 sunt reprezentanți ai domeniului *Bacteria* (91,85-88,37%) și unul – *Nitrosophaerota* – este reprezentant al domeniului *Archaea* (8,15-11,63%). Reprezentanții puțin studiați, dar potențiali prezenți în sol de la începutul timpurilor, ai domeniului *Archaea* au fost identificați în toate variantele experimentale. Numai filumurile *Gemmatimonadota*, *Nitrospirota*, *Patescibacteria*, *Planctomycetota*, *Chloroflexota* și *Fibrobacterota* au avut o pondere <1% și au constituit procariotele rar întâlnite.

Procariotele edafice, având o pondere însemnată în structura substanței vii din soluri, la interacțiunea sa cu părțile nevii în concurența pentru substanțele nutritive, determină formarea de comunități microbiene diferențiate și reprezintă, astfel, nu numai o parte componentă importantă a solului și un factor principal de formare a lui, dar și un indice sensibil al stării de sănătate al acestuia.

Cuvinte-cheie: procariote, arhei, bacterii, cernoziom tipic, asolamente furajere, sănătatea solului.

SOIL PROKARYOTES – AN IMPORTANT COMPONENT OF SOIL AND A SENSITIVE INDEX OF ITS HEALTH

It was established that the spectrum of prokaryotic communities of the studied chernozem is formed by 15 phyla: *Pseudomonadota*, *Actinomycetota*, *Nitrosophaerota*, *Bacteroidota*, *Bacillota*, *Acidobacteriota*, *Verrucomicrobiota*, *Myxococcota* and *Cyanobacteria*, *Gemmatimonadota*, *Nitrospirota*, *Patescibacteria*, *Planctomycetota*, *Chloroflexota* and *Fibrobacterota*, 14 of which are representatives of the *Bacteria* domain (91.85-88.37%) and one, *Nitrosophaerota* – representative of the *Archaea* domain (8.15-11.63%). Little-studied, but potentially present in soil since the beginning of time, representatives of the *Archaea* domain were identified in all experimental variants. Only the phyla *Gemmatimonadota*, *Nitrospirota*, *Patescibacteria*, *Planctomycetota*, *Chloroflexota* and *Fibrobacterota* had a share <1% and constituted the rarely encountered prokaryotes.

Edaphic prokaryotes, having a significant share in the structure of the living substance in soils, in its interaction with the non-living parts in the competition for nutrients, determine the formation of differentiated microbial communities and thus represent not only an important component of the soil and a main factor in its formation, but also a sensitive index of its health.

Keywords: prokaryotes, archaea, bacteria, typical chernozem, forage rotations, soil health.

Introducere

După descoperirea celui de al treilea domeniu al vieții – domeniul arheilor [1], procariotele au fost împărțite inițial în *Eubacteria* și *Archaeobacteria*. În prezent, procariotele – „unitatea elementară și baza universală a vieții” [2] sunt constituite din două domenii: *Bacteria* (fostă *Eubacteria*) și *Archaea* (fostă *Archaeobacteria*). Aproximativ 5% din numărul total de procariote de pe Pământ, estimat la 10^{28} – 10^{30} de organisme, este concentrat în sol [3], caracterizând mediul solului drept cel mai mare rezervor de diversitate microbiană. Majoritatea aparțin bacteriilor, în timp ce arheile reprezintă de la 0,5 până la 3,8% din numărul total al tuturor procariotelor, care locuiesc în solurile aerobe din zona climatică temperată. În studii separate, arheile din sol au reprezentat 12-38% din grupul de gene 16S rARN. Cu toate acestea, nivelul ridicat de diversitate genetică a microcosmosului solului în totalitatea lor a rămas necunoscut timp de mulți ani [4-5]. Doar apariția unor noi metode de ecologie moleculară a microorganismelor a relevat faptul, că numai o parte nesemnificativă din diversitatea speciilor microbiotei solului a fost caracterizată prin izolarea cultu-

rilor de microorganisme, în timp ce majoritatea sunt necultivabile și rămân necunoscute [6]. Conform datelor recente, din cauza faptului că comunitățile microbiene naturale sunt compuse din 90-99% microorganisme, care nu sunt detectate prin metodele tradiționale de cultivare pe medii nutritive, doar aproximativ 0,1% din diversitatea microbiană totală a biosferei este cultivată în prezent [7]. Adică, cunoștințele obținute cu ajutorul metodelor tradiționale despre biodiversitatea microbiană din sol sunt incomplete și/sau nu corespund realității.

Diversitatea microorganismelor din sol determină amploarea funcțiilor ecologice ale solurilor studiate, în care are loc interacțiunea dintre părțile vii și nevii ale solului, determinând astfel formarea de comunități microbiene diferențiate [8]. Deaceia, studierea diversității taxonomice a microbiomului din sol este de mare importanță teoretică pentru înțelegerea structurii comunității microbiene și a participării microorganismelor la procesele de formare a solului [9-11]. Odată cu introducerea metodelor de ecologie moleculară a microorganismelor, știința a obținut acces la analiza comunităților microbiene în întregime, or analizând ADN-ul total izolat dintr-o probă de sol, se poate judeca despre adevărata compoziție și structură a comunităților microbiene, diversitatea biologică a solului studiat etc [12-13]. Numai odată cu apariția secvențierii cu randament ridicat, a devenit posibilă dezvoltarea metagenomicii și descrierea comunităților microbiene în cel mai complet mod, luând în considerare nu numai formele de microorganisme cultivabile, ci și cele necultivabile [14-15].

În nicio altă țară din lume, cernoziomul – regele solurilor, nu predomină în compoziția solurilor ca în Moldova [16]. Marea majoritate a lor (circa 86%) au destinație agricolă [17]. Cu toate acestea, din punct de vedere al studierii structurii taxonomice a comunităților procariote prin metode biologice moleculare, cernoziomurile Moldovei rămân a fi totalmente nestudiate.

Scopul acestui studiu a fost determinarea structurii taxonomice a procariotelor din variante contrastate de utilizare agricolă a cernoziomului tipic, folosind reacția în lanț a polimerazei (RLP).

Obiectul și metodele de studiu

Obiectul cercetării l-au constituit comunitățile microbiene ale cernoziomului tipic slab humifer din zona pedo climatică Centrală a Moldovei.

Studiile s-au efectuat pe două sisteme de utilizare a terenului: în centura forestieră și pe terenul arat al Staționarului de lungă durată „Biotron”, Chișinău. Parcelele arate, selectate pentru studiu au fost ocupate de plantele a două asolamente de culturi furajere: asolamentul cu lucernă (porumb) și asolamentul fără participarea lucernei (triticale) în trei variante: 1 – fond nefertilizat (martor); 2 – fond mineral (îngrășămintele minerale); 3 – fond organic (gunoi de grajd: bălegar de bovine). Asolamentul cu participarea lucernei era la a cincea rotație cu următoarea alternanță a culturilor: lucernă anul 1 (1995, 2002, 2009, 2016), lucernă anul 2 (1996, 2003, 2010, 2017), lucernă anul 3 (1997, 2004, 2011, 2018), grâu de toamnă (1998, 2005, 2012, 2019), porumb pentru grăunțe (1999, 2006, 2013, 2020), soie sau mazăre/grăunțe (2000, 2007, 2014, 2021), grâu de toamnă (2001, 2008, 2015, 2022). Asolamentul fără participarea lucernei, la fel, era la a cincea rotație cu următoarea alternanță a culturilor: sfeclă furajeră (1995, 2003, 2016, 2023), soie sau mazăre/grăunțe (1996, 2003, 2010, 2017), porumb pentru silos (1997, 2004, 2011, 2018), grâu de toamnă (1998, 2005, 2012, 2019), triticale pentru grăunțe (1999, 2006, 2013, 2020), soie sau mazăre/grăunțe (2000, 2007, 2014, 2021), grâu de toamnă (2001, 2008, 2015, 2022).

Suprafața parcelor experimentale era de circa 260 m². Îngrășămintele au fost aplicate în funcție de cultură, în așa fel, încât să compenseze conținutul cantitativ de NPK utilizat – conform înstrăinării lor, de aceea opțiunile se considerau echivalente. Astfel, fondul mineral al ambelor asolamente includea N₄₅₋₉₀P₃₀₋₆₀K₆₀₋₉₀ și dozele de îngrășămintele sunt indicate nu fixe, ci plutitoare. Fondul organic al asolamentului cu participarea lucernei: 10-12 t/ha gunoi de grajd/bălegar de bovine/o dată/rotație, fondul organic al asolamentului fără participarea lucernei: de două ori pe rotație câte 20-24 t/ha gunoi de grajd de bovine. Calculele pentru gunoiul de grajd aplicat au fost efectuate având în vedere conținutul în 100 tone gunoi de grajd, kg: a N₄₅₀P₁₀₉K₄₇₀. Etalon în evaluarea comparativă a stării microbiologice a variantelor experimentale a servit solul biocenozei naturale din centura forestieră, amplasată alături.

Solul parcelor experimentale a fost cernoziomul tipic, lutos, slab humifer. Conținutul humusului în stratul 0-60 cm se cuprindea între 2,2 și 3,4%. Conținutul mediu inițial de P₂O₅, K₂O și NO₃-N în stratul de 0-20 cm a fost de 3,70; 19,10 mg/100 g și, respectiv, 1,43 mg/kg. Suma bazelor absorbite în stratul de 0-50

cm a fost de 28-30 mg-equiv/100 g sol, reacția mediului din sol a fost slab alcalină (pH=7,8), greutatea specifică a solului a fost de 2,6 g/cm³, porozitatea – cca 50-60 %, densitatea în vrac – 1,06-1,30 g/cm³. Probele de sol din stratul de 0-20 cm au fost prelevate în primăvara anului 2020, conform cerințelor microbiologice. Anul a fost caracterizat de precipitații insuficiente. Seceta de primăvară a durat tot anul. Umiditatea solului în stratul arabil nu a depășit 8-10%.

Analiza metagenomică a microbiomilor din sol a fost efectuată utilizând tehnologia de secvențiere cu randament ridicat. Compoziția taxonomică a comunității bacteriene a fost determinată pe baza analizei bibliotecilor de ampliconi ale fragmentelor de operoni ribozomali, cu primeri universali F515/R806 pentru regiunea variabilă a genei 16S rRNA-V4 (GTGCCAGCMGCCGCGGTAA/GGACTACVSGGGTATC-TAAT), specifică pentru o gamă largă de microorganisme, inclusiv bacterii și arhei [18]. Bibliotecile au fost secvențiate conform instrucțiunilor producătorului la dispozitivul Illumina Mi Seq (Illumina, SUA) utilizând un MiSeq® ReagentKit v3 (ciclu 600) cu citire pe două fețe (2*300 n). Datele obținute din secvențierea probelor au fost procesate folosind pachetele software Trimmomatic și QIIME [19-20]. În analiza comunităților bacteriene a fost utilizată culegerea de novo a UTO (în studiile metagenomice, secvențe de nucleotide similare ale genei 16S ARNr, obținute ca rezultat al secvențierii sunt combinate în UTO – unități taxonomice operaționale, care pot fi apoi atribuite taxonomiei filogenetice de diferite niveluri. În acest caz, termenul „filotip” are un înțeles similar cu „UTO”). Identificarea taxonomică a UTO a fost efectuată utilizând baza de date RDP (SILVA).

Lucrarea a fost realizată cu echipamentele Centrului de Utilizare Colectivă „Tehnologii Genomice, Proteomică și Biologie Celulară” al Instituției Științifice Bugetare de Stat Federale VNIISHM, Sankt Petersburg, Rusia.

Rezultate și discuții

Pirosecvențierea cu randament înalt a ADN-ului amplificat (secvențierea regiunii variabile V4 a genei 16S) a relevat, că cernoziomul tipic din ambele asolamente furajere de scurtă rotație se caracterizează printr-o diversitate genetică, spectrul cărora este alcătuit din 15 filumuri (tabel): *Pseudomonadota*, *Actinomycetota*, *Bacteroidota*, *Bacillota*, *Acidobacteriota*, *Verrucomicrobiota*, *Planctomycetota*, *Myxococcota*, *Nitrospirota*, *Gemmatimonadota*, *Cyanobacteria*, *Patescibacteria*, *Chloroflexota*, *Fibrobacterota* și *Nitrososphaerota*. Primele 14 aparțineau domeniului *Bacteria*, iar ultimul – domeniului *Archaea*. După cum rezidă din tabel, majoritatea dintre ele în fond sunt omniprezente în sol și apă, formează legături simbiotice cu rădăcinile plantelor, sunt fixatoare de azot și/sau participă la descompunerea substanțelor organice moarte, sunt parte a microbiomului intestinal uman și animal, au capacitatea de a fixa azotul atmosferic în sol, contribuie la sănătatea solului prin efectuarea ciclului de nutrienți și descompunerea deșeurilor. Concomitent includ și mulți agenți patogeni pentru plante animale și om, sunt remarcabile și ca surse de antibiotice și alte substanțe biologice active etc.

Tabel. Filumurile procariote, înregistrate în cernoziomul tipic al RM și funcția lor ecologică

Filumul	Sinonime	Funcția ecologică în sol a procariotelor, sursa bibliografică
Pseudomonadota, Garrrity et al. 2021 [21]	Proteobacteria, Stackebrandt et al. 1988	Formează relații simbiotice cu rădăcinile plantelor, participă la fixarea dioxidului de carbon, descompunerea compușilor de azot și fixarea lui. Pot fi găsite în medii cu disponibilitate ridicată de nutrienți. Contribuie la sănătatea solului prin efectuarea ciclului de nutrienți și descompunerea deșeurilor, includ mulți agenți patogeni [21].
Actinomycetota, Goodfellow 2021 [21]	Actinobacteriaeota Oren et al. 2015 Actinobacteria, Goodfellow, 2012	Omniprezente în sol și apă. Trăiesc simbiotic cu plantele, fixând azot. Participă la descompunerea materiei organice moarte. Includ agenți patogeni importanți, însă sunt remarcabile și ca surse de antibiotice [21].

Nitrososphaerota, Brochier-Armanet et al. 2021 [21]	Thaumarchaeota, Brochier-Armanet et al. 2008	Arhei cu strămoși termofili, pot fi și marini, oxidanți de amoniac chemolitotrofi și pot juca roluri importante în ciclurile azotului și carbonului [21].
Bacteroidota, Krieg et al. 2021 [21]	Bacteroidaeota, Oren et al. 2015	Specii simbiotice foarte adaptate la tractul gastrointestinal. Sunt, de asemenea, abundente în rizosferă [21].
Bacillota, Gibbons and Murray 2021 [21]	Firmicutes, corrig. Gibbons and Murray 1978 (Approved Lists 1980)	Reprezintă ~ 30% din microbiomul intestinal al șoarecelui și uman, multe produc endospori, care sunt rezistenți la uscare și pot supraviețui în condiții extreme. Se găsesc în diverse medii, includ și agenți patogeni [22].
Acidobacteriota, Thrash and Coates, 2021 [21]	Acidobacteria, Thrash and Coates, 2010	Abundenți și omniprezenți pe sol. Participă la ciclul carbonului și al azotului [23, 24].
Verrucomicrobiota Hedlund 2021 [21]	Verrucomicrobaeota, Oren et al. 2015	Abundentă în mediu, deși relativ inactivă. Consumă metil, pentoze sulfatate în timpul înfloririi diatomeelor din apă [21].
Planctomycetota, Garrity and Holt 2021 [21]	Planctomycetaeota, Oren et al. 2015	Distribuite în habitatele acvatice și în cele terestre. Joacă un rol considerabil în ciclurile globale ale carbonului și azotului, multe specii oxidează anaerob amoniul, numite și anammox [21].
Myxococcota Waite et al. 2021 [21]	Myxococcia, Cavalier-Smith 2020	Se dezvoltă în sol bogat în materie organică, lemn putrezit, bălegar de animale și mediu marin [21].
Nitrospirota, Garrity & Holt 2021 [21]	Nitrospiraeota, Oren et al. 2015	Nitrospirota conține taxoni nitrificanți, care oxidează nitriții în nitrat (bacteriile de oxidare a nitriților), [21].
Gemmatimonadota Zhang et al. 2021 [25]	Gemmatimonadaeota, Oren et al. 2015	Alcătuiesc aproximativ 2% din comunitățile bacteriene din sol. Un număr mai mic a fost găsit și în diverse medii acvatice [21, 25].
Cyanobacteria, Stanier, 1973 Cavalier-Smith, 2002 [26]	Cyanophyta Cyanobacteriota	Produc oxigen, pot fi utile în agricultură, deoarece au capacitatea de a fixa azotul atmosferic în sol [26].
Patescibacteria, Parks et al. 2018 [27]		Trăiesc la suprafața altor bacterii și pe seama lor. Sunt responsabile pentru îndepărtarea nutrienților și recuperarea resurselor în stațiile de tratare a apelor uzate [27].
Chloroflexota, Garrity and Holt 2021 [21]	Chloroflexi, Garrity and Holt 2001	Fototrofe, dar nu produc oxigen ca cianobacteriile. Folosesc compuși cu sulf redus, ca tiosulfatul sau sulful elementar [21].
Fibrobacterota, Garrity & Holt 2021 [21]	Fibrobacteraeota, Oren et al. 2015	Degradează celuloza, includ multe dintre bacteriile majore din rumen [21].

Filumurile aveau o prestanță diferită în comunitatea procariotelor. Astfel, în solul rotației de de culturi furajere fără participarea lucernei, dintre bacterii cea mai mare abundență (fig.1) a înregistrat filumul *Pseudomonadota* (33,01%), atingând cele mai mari valori în solul fondului mineral, cele mai mici identificându-se în solul fondului nefertilizat (31,27%). Acesta a fost urmat de filumul *Actinomycetota* cu cea mai mare abundență, de asemenea, în solul fondului mineral (27,99%) și cea mai mică – în solul fondului nefertilizat (25,24%). Reprezentanții filumului arhean *Nitrososphaerota* (8,15-9,75%), *Bacteroidota* (12,50-14,63%) și *Acidobacteriota* (5,00-5,56%) invers, atingeau cele mai înalte valori în solul nefertilizat și pe cele mai

mici – în solul fondurilor fertilizate. O prestație similară au manifestat și bacteriile *Bacteroidota*, preferând condițiile solului nefertilizat (14,63%), pe când cele ale solului cu adaus de substanțe organice erau mai puțin agreate (12,5%). Filumul *Bacillota*, care, după cum se știe, cuprinde bacterii, capabile să descompună substanțe organice complexe sau greu accesibile, înregistra abundența sa maximă în solul fondului mineral și organic (7,24%) și cea minimă – în solul fondului nefertilizat (7,02%), variind neînsemnat pe variante. Pentru microorganismele, care aparțineau filelor *Verrucomicrobiota*, *Myxococcota* și *Cyanobacteria* mai acceptate erau condițiile fondului organic (2,48; 1,91 și 2,03%, respectiv), în comparație cu cele ale fondului mineral (2,00; 1,85 și 1,04%, corespunzător). Bacteriile *Gemmatimonadota* și *Nitrospirota* au înregistrat cele mai înalte valori, de asemenea, în solul fondului organic (0,88 și 0,46%), corespunzător, semnificativ, nedeosebindu-se pe variante, pe când cele de *Patescibacteria* – în solul fondului nefertilizat (0,19%). Reprezentanții filumurilor *Planctomycetota*, *Chloroflexota* și *Fibrobacterota* au fost identificați în toate variantele doar în mărime de cca 0,01%.

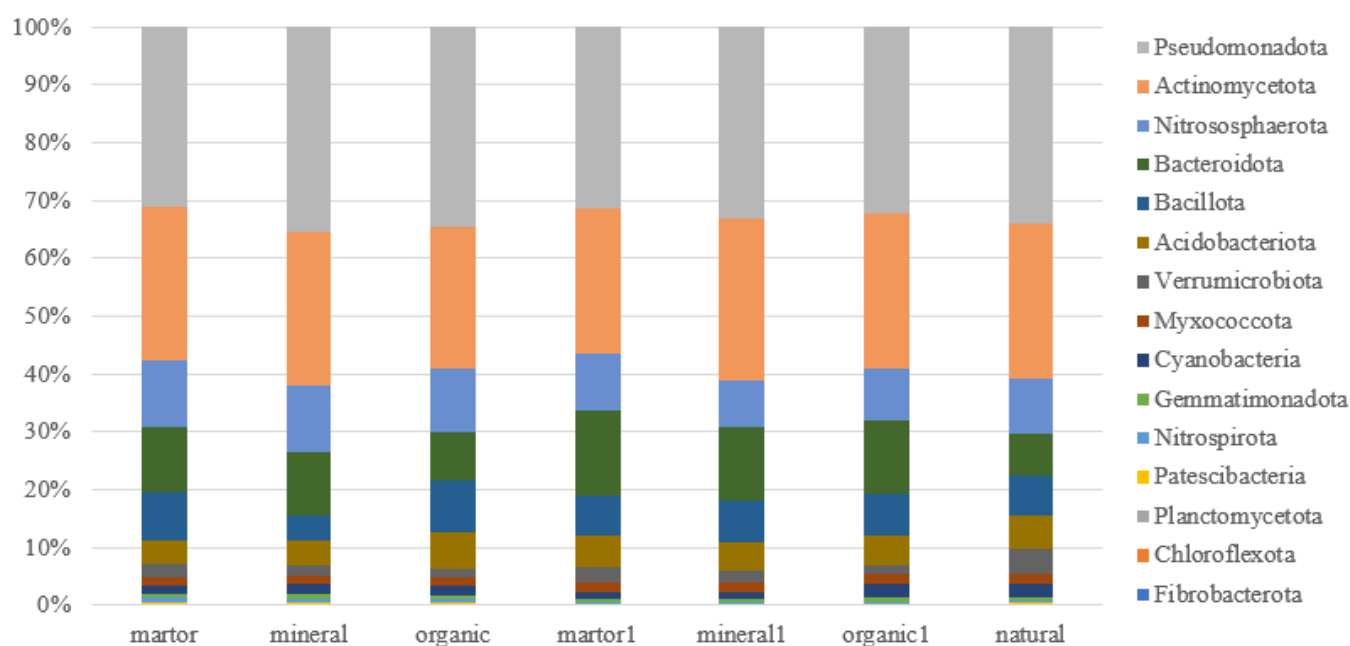


Figura 1. Spectrul filelor de procariote ale cernoziomului tipic și abundența lor în fondurile experimentale: martor, mineral, organic – asolamentul cu lucernă și martor1, mineral1, organic1 – asolamentul fără participarea lucernei, natural – fâșie forestieră, %

În solul asolamentului cu lucernă, prezența procariotelor a fost similară, deși se deosebea numeric: filumurile *Pseudomonadota* și *Actinomycetota* au atins cele mai înalte valori, de asemenea, în solul fondului mineral (35,46 și 26,47%), respectiv și cele mai mici – în solul fondului nefertilizat și organic *Pseudomonadota* (31,12%) și respectiv *Actinomycetota* (24,44%). Arheile *Nitrososphaerota*, spre deosebire de cele din solul asolamentului fără lucernă aveau valori mai mari de abundență și s-au plasat pe locul 3 după valorile acestui indicator (11,2-11,63%), întrecând bacteriile *Bacteroidota* (8,23-11,20%). Arheile *Nitrososphaerota* preferau mai mult condițiile fondului nefertilizat și mineral (11,63%) și mai puțin pe cele din fondul organic (11,20%), pe când *Bacteroidota*, invers, se dezvoltau mai bine în condițiile fondului nefertilizat (11,20%), cele ale fondului organic fiind mai puțin acceptate (8,23%), cedând după valorile sale celor din asolamentul fără participarea lucernei. Filumul *Bacillota* înregistra abundența sa maximă în solul fondului organic (9,05%) și cea minimă – în solul fondului mineral (4,20%). Iar reprezentanții filumului *Acidobacteriota* atingeau cele mai înalte valori în solul fondului organic (6,13%) și pe cele mai mici – în cel ale fondului nefertilizat (4,12%). Pentru microorganismele, care aparțineau filelor *Verrucomicrobiota* și *Myxococcota* mai acceptat era mediul fondului nefertilizat (2,21 și 1,57%), respectiv, în comparație cu cel al fondului mineral și organic (1,79 și 1,46% și 1,57 și 1,38%), corespunzător. Bacteriile *Cyanobacteria* înregistrau o abundență mai înaltă în solul fondului organic și mineral (1,79% și corespunzător 1,57%) și o

abundență mai joasă – în solul fondului nefertilizat (1,28%). *Gemmatimonadota* a înregistrat cele mai înalte valori în solul fondului mineral și nefertilizat (0,86 și 0,84%), corespunzător, și cele mai mici – în solul fondului organic (0,65%), semnificativ, nedeosebindu-se pe variante. Reprezentanții de *Nitrospirota* preferau mai mult solul fondului nefertilizat (0,72%), apoi condițiile celui mineral (0,59%) și organic (0,43%), pe când cele de *Patescibacteria* – au avut o prestație iniformă pe variante (0,58-0,59%). Reprezentanții filumurilor *Planctomycetota*, *Chloroflexota* și *Fibrobacterota* au avut o pondere similară cu cei din asolamentul fără participarea lucernei.

În solul fondului natural al fâșiei forestiere au fost înregistrate, în majoritatea cazurilor, valori medii de abundență, cu cele mai înalte valori evidențiindu-se *Verrucomicrobiota* (4,36%) și *Cyanobacteria* (2,15%), iar cele mai mici – pentru *Bacteroidota* (7,38), *Nitrospirota* (0,43%) și *Patescibacteria* (0,52%), neavând nici un filum cu abundența $\geq 5\%$. Astfel, constatăm că, comunitatea microbiană este ca o „oglină”, care reflectă caracteristicile habitatului, iar diversitatea acestuia reprezintă posibilitățile ascunse ale microcosmosului solului [28-29]. În legătură cu aceasta, caracterizarea metagenomică a solurilor este solicitată pentru evaluarea stabilității ecosistemelor solului sub influența factorilor naturali și antropici. De aici rezidă, că procariotele ar trebui să fie clasate în Registre de evidență și ocrotite de stat de rând cu alți reprezentanți ai lumii vii. Nemaivorbind despre faptul, că multe procariote sunt cunoscute ca microorganisme-indicatoare. Deci, peste ani la identificarea lor se poate stabili: aceste microorganisme persistă, au dispărut, le-a crescut numărul sau a scăzut, au apărut forme noi etc

În fig. 2 e prezentată forma curbelor de dominanță procariotă, demonstrând că variantele studiate se disting după abundență prin individualitatea sa. Conform principiilor ecologice, cu cât curba este mai mare și mai netedă, cu atât este mai mare diversitatea lor pentru un anumit număr de taxoni. Din figură se poate observa, că cea mai înaltă și cea mai uniformă curbă aparține fondului natural. În mod similar, se formează curba fondului mineral, organic și nefertilizat, ce conturează o distanță strictă între ele. Astfel, distanța dintre curbele fondului natural, organic, mineral și nefertilizat se distinge bine la nivelul filelor cu abundența $\geq 5\%$, apoi scade, apărând fie deasupra, fie sub conturul limitei (planului) la nivelul celor cu abundența 1-5% și dispăre complet în gama celor ce au avut o pondere $< 1\%$. O astfel de analiză nu numai că a confirmat regularitățile stabilite anterior, dar a relevat și faptul că filumurile indiferent de abundență sa se manifestă ca active, fie privându-se, fie dobândind un nou statut în comunitate. Cel mai mult, ele s-au manifestat în solul fondului mineral, apoi nefertilizat, natural și organic, în comparație cu analiza anterioară. Aceasta este o dovadă suplimentară că, indiferent de statutul ierarhic al microorganismului, ele sunt în interacțiune constantă și sunt foarte importante pentru funcționarea echilibrată a comunității microbiene. Deci, diversitatea microorganismelor din sol determină amploarea funcțiilor ecologice ale solurilor studiate, în care are loc interacțiunea dintre părțile vii și nevii ale solului în concurența sa pentru sursele de nutriție, determinând astfel formarea de comunități microbiene diferențiate [8].

Prin urmare, analiza metagenomică a cernoziomului tipic al Moldovei, reflectând diversitatea reală a comunităților procariote din sol, indică o modificare a abundenței procariotelor sub influența generală pe termen lung a factorilor de mediu și antropici. Individualitatea dezvoltată a microbiomilor și diferențele stabilite în compoziția taxonomică a procariotelor, de-facto, se prezintă sub mai multe aspecte. În primul rând, prezența unui număr egal de filumuri atât numeric cât și calitativ relevă faptul, că variantele cernoziomului tipic studiat sunt înrudite. În al doilea rând, abundența diferențiată a lor mărturisește că ele sunt active, interacțiunea între ele unele devenind dominante, altele – obișnuit sau rar întâlnite. În al treilea rând, procariotele având o pondere însemnată în structura substanței vii pot ascunde urme ale unor procese evolutive foarte vechi, care „la suprafață” scot la iveală întrebări legate de influența factorilor de mediu asupra structurii comunităților microbiene din sol, o serie de probleme, asociate cu fertilitatea solului și folosirea terenurilor agricole, în timp ce „în profunzime” există probleme asociate nu numai cu evoluția biosferei, ci și cu originea vieții pe Pământ [4, 30-33]. Tot odată, în competiția lor pentru substratul nutritiv sărac al solurilor antropice și în manifestarea potențialului ridicat de adaptare la condițiile mereu schimbătoare de mediu, determină amploarea funcțiilor ecologice ale cernoziomului cu conținut de humus scăzut, în care se produce interacțiunea între părțile vii și cele nevii ale solului [34].

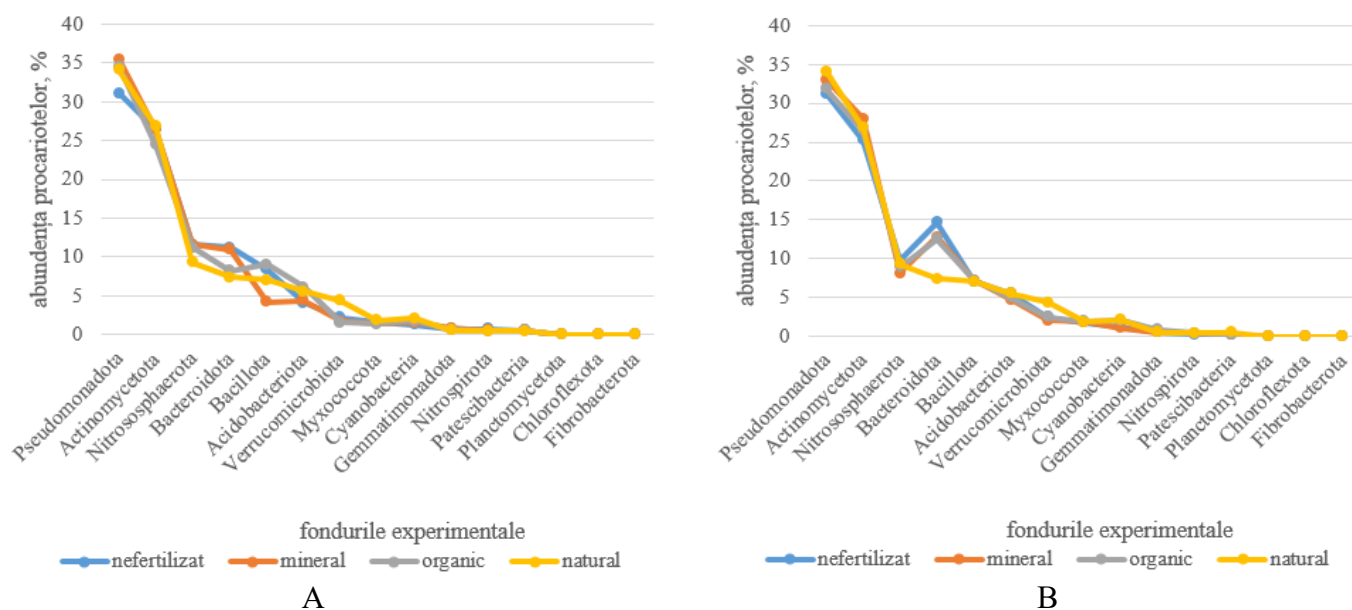


Figura 2. Forma curbelor de dominanță-diversitate a filumelor procariote din cernoziomul tipic al Staționarului de Câmp al Academiei de Științe „Biotron”, aranjate în funcție de „semnificația lor”, %:
A – asolamentul cu participarea lucernei, B – asolamentul fără participarea lucernei

Acest lucru ne permite să percepem comunitățile microbiene ca o unitate funcțională, care, pe de o parte, depinde complet de condițiile habitatului și, pe de altă parte, să conștientizăm, că ele reprezintă unul din principalii factori în formarea acestuia [28]. Totodată, este evident, că diversitatea lor reflectă însușirile habitatului, care la rândul său sunt strâns legate de multifuncționalitatea și caracteristicile specifice ale microorganismelor și că însușirile microbiomului solului, la rândul său, pot servi ca un indicator universal și foarte sensibil al stării de sănătate a solului, inclusiv la optimizarea și biologizarea sistemelor agricole.

Datorita acestui fapt, procariotele joacă un rol excepțional în determinarea specificității comportamentului lor în mediul biologic studiat, precum și în rolul pe care îl joacă ca elemente de construcție a substanței organice din sol. Aceste proprietăți sunt cele care caracterizează procariotele ca elemente structurale ale substanței vii din sol, care alcătuiesc motoarele moleculare ce produc funcții esențiale în sistemele vii.

Concluzii

1. Conform datelor metagenomice s-a stabilit că, spectrul comunităților procariote ale cernoziomului studiat este format din 15 filumuri: *Pseudomonadota*, *Actinomycetota*, *Nitrososphaerota*, *Bacteroidota*, *Bacillota*, *Acidobacteriota*, *Verrucomicrobiota*, *Myxococcota* și *Cyanobacteria*, *Gemmatimonadota*, *Nitrospirota*, *Patescibacteria*, *Planctomycetota*, *Chloroflexota* și *Fibrobacterota*, 14 dintre care fiind reprezentanți ai domeniului *Bacteria* (91,85-88,37%) și unul, *Nitrososphaerota* – reprezentant al domeniului *Archaea* (8,15-11,63%). Primele nouă dintre ele au înregistrat o abundență $\geq 1\%$, iar filele *Pseudomonadota* (31,12-35,46%) și *Actinomycetota* (31,12-35,46%) au avut cea mai mare proporție în microbiomii solului.

2. În toate variantele experimentale au fost identificați reprezentanții puțin studiați, dar potențial prezenți în sol de la începutul timpurilor, ai domeniului *Archaea*. Cea mai mare pondere a lor a fost identificată în microbiomii cernoziomului antropoc, aparținând grupului filogenetic *Nitrososphaerota* (8,15-11,63%). Filumurile *Gemmatimonadota*, *Nitrospirota*, *Patescibacteria*, *Planctomycetota*, *Chloroflexota* și *Fibrobacterota* au avut o pondere $< 1\%$ și au constituit procariotele rar întâlnite.

3. Procariotele edafice, având o pondere însemnată în structura substanței vii din soluri, la interacțiunea sa cu părțile nevii în concurența pentru substanțele nutritive, determină formarea de comunități microbiene diferențiate și reprezintă, astfel, nu numai o parte componentă importantă a solului și un factor principal de formare a lui, dar și un indice sensibil al stării de sănătate al acestuia.

Bibliografie:

1. WOESE, C. R. *Bacterial Evolution*. În: *Microbiological Review NCBI*. 1987.51 no. 2: 221-271. ISSN 0146-0749.
2. DANIEL, R. *The metagenomics of soil*. In: *Nature Reviews Microbiology*. 2005. v. 3, p. 470-478. ISSN 1740-1534.
3. CAPORASO, J. G. *Ultra-high-throughput microbial community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms* / J. G. Caporaso, C. L. Lauber, W. A. 100 Walters, D. Berg-Lyons, J. Huntley, N. Fierer, S. M. Owens, J. Betley, L. Fraser, M. Bauer, N. Gormley, J. A. Gilbert, G. Smith, R. Knight. În: *The ISME Journal*. 2012. v. 6, p. 1621-1624. ISSN 1751-7370.
4. ANDRONOV, E. E., PETROVA, S. N., PINAEV, A. G., PERSHINA, E. V., AKHMEDENOV, K. M., GOROBETS, A. V. and SERGALIEV, N. K. *Analysis of the Structure of Microbial Community in Soils with Different degrees of Salinization Using T-RFLP and Real Time PCR Techniques*. În: *Eurasian Soil Science*. 2012. vol. 45, No. 2, pp. 147–156. ISSN 1064-2293.
5. PERSHINA, E. V., IVANOVA, E. A., KOVRIGO, I. O., CHIRAKA, E. L., SERGALIEV, H., ABAKOMOV, E. V., PROVOROV, N. A., ANDRONOV, E. E. *Investigation of the core microbiome in main soil types from the East European plain*. In: *Science of the Total Environment*. 2018. v. 631–632 :1421–1430. ISSN 0048-9697.
6. SEMENOV, M. V., CHERNOV, T. I., TKHAKAKHOVA, A. K. et al. *Distribution of prokaryotic communities throughout the Chernozem profiles under different land uses for over a century*. In: *Appl Soil Ecol*. 2018. 127:8-18. ISSN: 0929-1393.
7. ASLAM, Z. *Too much bacteria still unculturable* / Z. Aslam, M. Yasir, A. Khaliq, K. Matsui, R. Chung. In: *Crop & Environment*. 2010. v. 1, p. 59–60. ISSN 1435-0645
8. IVANOVA, E. A., KUTOVAYA, O. V., TKHAKAKHOVA, A. K., CHERNOV, T. I., PERSHINA, E. V., MARKINA, L. G., ANDRONOV, E. E., KOGUT, B. M. *The structure of microbial community in aggregates of a typical chernozem aggregates under contrasting variants of its agricultural use*. In: *Eurasian Soil Sci*. 2015. 48:1242–1256. ISSN 1064- 2293.
9. DORAN, J. W., SARRANTONIO, M., LIEBIG, M. A. *Soil Health and Sustainability*. In: *Advances in Agronomy*. San Diego: Academic Press. 1996. v. 56, p. 1-54. ISSN 0065-2113.
10. DORAN, J. W., ZEISS, M. R. *Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality*. In: *Appl. Soil Ecol*. 2000. v. 15, p. 3–11. ISSN: 0929-1393.
11. CHOUDHARY, M., SHARMA, P.C., JAT, H.S. et al. *Soil bacterial diversity under conservation agriculture-based cereal systems in Indo-Gangetic Plains*. In: *Biotech*. 2018. 8, 304. ISSN 2673-6284.
12. CHIRAK, E. L., PERSHINA, E. V., KUTOVAYA, O. V., VASILENKO, E. S., KOGUT, B. M., ANDRONOV, E. E., *Taxonomic structure of microbial Association in different soils investigated by high-throughput*. In: *Sel'skokhozyaistvennaya Biol. Agric. Biol*. 2013: 100–109. ISSN 0131-6397.
13. CHIRAK, E. R., KIMEKLIS, A. K., KSARASEV, E. S., KOPAT, V. V., SAFRONOVA, V. I., BELIMOV, A. A., AKSENOVA, T. S., KABILOV, M. R., PROVOROV, N. A., ANDRONOV, E. E. *Search for ancestral features in genomes of Rhizobium leguminosarum bv. Viciae strains isolated from the relict legume Vavilovia formosa*. In: *Genes*, 2019. 10 (12): 990. ISSN 2073-4425.
14. KIMEKLIS, A. K., DMITRAKOVA, Y. A., PERSHINA, E. V., IVANOVA E. A., ZVEREV, A. O., GLADKOV, G. V., KICHKO, A., ANDRONOV, E. E., ABAKUMOV, E. V. *Analysis of microbiome of recultivated soils of the kingisepp area of F. phosphorite Mining*. In: *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya. Agricultural Biology*. 2020. 55: 137-152. ISSN 0131-6397.
15. CHERNOV, T. I., LEBEDEVA, M. P., TKHAKAKHOVA, A. K., KUTOVAYA, O. V. *Profile analysis of microbiomes in soils of solonetz complex in the Caspian Lowland*. In: *Eurasian Soil Sci*. 2017. 50:64–69. ISSN 1064-2293.
16. URSU, ANDREI, CURCUBĂȚ, STELA. *Istoria cernoziomului moldovenesc*. In: *Buletinul AȘM, Științele vieții*. 2018. Nr. 1 (334) 2018, p.156-163. ISSN 1857-064X.
17. CERBARI, V. *Monitoringul calității solurilor Republicii Moldova*. Chișinău: Pontos, 2010. 475 p. ISBN 978-9975-51-138-4
18. BATES, S.T., BERG-LYONS, D., CAPARASO, J.G., WALTERS, W.A., KNIGHT, R. FIERRER, N. *Examining the global distribution of dominant archaeal populations in soil*. In: *The ISME Journal*. 2011. 5: 908–917. ISSN 1751-7370.

19. BOLGER, A. M., LOHSE, M., USADEL, B. *Trimmomatic: a flexible trimmer for Illumina sequence data*. In: *Bioinformatics*. 2014. 1:30 (15): 2114-20. ISSN 1367-4811.
20. CAPAROSO, J. G., KUCZYNSKI, J., STOMBAUGH, J. et al. *Correspondence QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data Intensity normalization improves color calling in SOLiD sequencing*. In: *Nature Publishing Group*. 2010. 7 (5): 335-336. ISSN 1476-4687.
21. OREN, A., GARRITY, GM. *Valid publication of the names of forty-two phyla of prokaryotes*. În: *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2021. 71 (10): 5056. ISSN 1466-5026
22. WOLF, M., MULLER, T., DANDEKAR, T., POLLACK, JD. *Phylogeny of Firmicutes with special reference to Mycoplasma (Mollicutes) as inferred from phosphoglycerate kinase amino acid sequence data*. În: *Int. J. Syst. Evol. Microbiol. (Comparative Study)*. 2004. 54 (Pt 3): 871-5. ISSN 1466-5026.
23. BARNS, SM, CAIN, EC, SOMMERVILLE, L., KUSKE, CR. *Acidobacteria phylum sequences in uranium-contaminated subsurface sediments greatly expand the known diversity within the phylum*. În: *Appl. Environ. Microbiol.* 2007.73 (9): 3113-6. ISSN 0099-2240, 1098-5336
24. QUAISER, A., OCHSENREITER, T., LANZ, C. et al. *Acidobacteria form a coherent but highly diverse group within the bacterial domain: evidence from environmental genomics*. În: *Mol. Microbiol.* 2003. 50 (2):563-75. Online ISSN:1365-2958, Print ISSN:0950-382X.
25. ZHANG, H., SEKIGUCHI, Y., HANADA, S., HUGENHOLTZ, P., KIM H., KAMAGATA, Y., NAKAMURA, K. *Gemmatimonas aurantiaca gen. nov., sp. nov., a gram-negative, aerobic, polyphosphate-accumulating micro-organism, the first cultured representative of the new bacterial phylum Gemmatimonadetes phyl. nov.* În: *Int J Syst Evol Microbiol.* 2003. 53 (Pt 4): 1155-63. ISSN: 1466-5026.
26. KOMAREK, J., KASTOVSKY, J., MARES, J., JOHANSEN, JR. *Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach (PDF)*. În: *Preslia*. 2014. 86: 295-335. Online ISSN:2570-950X, Print ISSN: 0032-7786.
27. PARKS, DH., CHUVOCHINA, M., WAITE, DW., RINKE, C., SKARSHEWSKI, A., CHAUMEIL, PA., HUGENHOLTZ, P. *A standardized bacterial taxonomy based on genome phylogeny substantially revises the tree of life*. În: *Nat Biotechnol.* 2018. 36:996-1004. Online ISSN:1546-1696, Print ISSN:1087-0156.
28. KUTOVAYA, O. V., LEBEDEVA, M. P., TKHAKAKHOVA, A. K., IVANOVA, E. A., ANDRONOV, E. E. *Metagenomic Characterization of Biodiversity in the Extremely Arid Desert Soils of Kazakhstan*. În: *Eurasian Soil Science*, 2015, Vol. 48, No. 5, pp. 493-500. ISSN 1064-2293.
29. ZVEREV, A. O., KICHKO, A. A., PINAEV, A. G., PROVOROV, N. A. and ANDRONOV, E. E. *Diversity Indices of Plant Communities and Their Rhizosphere Microbiomes*. In: *Microorganisms*. 2021, 9, 2339. ISSN 2076-2607.
30. TORSVIK, V. *Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems* / V. Torsvik, L. Øvreås. În: *Current Opinion in Microbiology*. 2002. V. 5. I. 3. P. 240-245. ISSN 1369-5274, 1879-0364.
31. TARGULIAN, V. O., BRONNIKOVA, M. A. *Soil memory: theoretical basics of the concept, its current state, and prospects for development*. In: *Eurasian Soil Science*. 2019. 52:229-243. ISSN 1064- 2293.
32. ANNE, M., LEE, R., KRUMBOLZ et MOSTAFA, S. ELSHAHED. *Taxonomic and functional diversity of soil microbiome derived from alternative crops in a crop rotation system*. In: *The ISME Journal*. 2009. 3: 992-1000. ISSN 1751-7370.
33. SPAIN, A. M., KNUMHOLZ, L. R., ELSHAHED, M. S. *Abundance, composition, diversity and novelty of soil Proteobacteria*. În: *The ISME J*. 2009. 3 (8): 992-1000. ISSN 1751-7370.
34. VERNADSKY, V. I. *Selected Works (Academy of Sciences of USSR)*. Moscow. 1960. vol. 5, 185 c. ISBN 10-387-98368X.

Date despre autor:

Nina FRUNZE, doctor habilitat, cercetător științific principal, Universitatea Tehnică din Moldova.

ORCID: 0000-0001-7263-5863

E-mail: ninafrunze@mail.ru

nina.frunze@imb.utm.md

Prezentat: 06.03.2025

CZU: 582.573.16:502(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_13](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_13)

RARE SPONTANEOUS ALLIACEAE SPECIES FOR THE RED BOOK OF REPUBLIC OF MOLDOVA

Veaceslav GHENDOV, Tatiana IZVERSCAIA,

Moldova State University

The paper presents the results of the study on spontaneous rare vascular plant species from the Alliaceae J. Agardh family, proposed for the inclusion in the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova. These include 7 endangered species, evaluated according to IUCN criteria as critically endangered, endangered and vulnerable: 4 critically endangered species (*Allium fuscum* Waldst. et Kit., *A. guttatum* Steven, *A. montanum* F.W.Schmidt, *A. podolicum* (Aschers. et Graebn.) Błocki ex Racib.), one threatened (*Allium sphaeropodium* Klokov) and two vulnerable (*Allium inaequale* Janka and *Nectaroscordum bulgaricum* Janka). For these taxa the following data are indicated: Latin, Romanian and Russian names, synonyms, rarity category and criteria, biological characteristics (including the plant habitus), beneficial features, common and local distribution (with maps of common distribution and distribution in the Republic of Moldova), habitat, protection status and recommended protection measures in the republic.

Keywords: Republic of Moldova, spontaneous flora, rare species, Alliaceae, red book.

SPECII RARE SPONTANE DE ALIACEE (ALLIACEAE) PENTRU INCLUDEREA ÎN CARTEA ROȘIE A REPUBLICII MOLDOVA

În articol sunt expuse rezultatele studiului asupra speciilor de plante vasculare spontane rare din familia Alliaceae J. Agardh, propuse pentru includerea în a IV-a ediție a Cărții Roșii a Republicii Moldova. Aceasta include 7 specii rare evaluate, conform criteriilor UICN ca fiind critic periclitate, periclitate și vulnerabile: 4 specii critic periclitate (*Allium fuscum* Waldst. et Kit., *A. guttatum* Steven, *A. montanum* F.W.Schmidt, *A. podolicum* (Aschers. et Graebn.) Błocki ex Racib.), o specie periclitată (*Allium sphaeropodium* Klokov) și două vulnerabile (*Allium inaequale* Janka and *Nectaroscordum bulgaricum* Janka). Pentru acești taxoni sunt indicate următoarele date: denumirea în limbile latină, română și rusă, sinonimia, criteriile și categoria de raritate, caracteristicile biologice, aspecte de utilizare, răspândirea generală și locală, habitatul, starea și măsurile de protecție recomandate în republică.

Cuvinte-cheie: Republica Moldova, flora spontană, specii rare, Aliacee, Cartea Roșie.

Introduction

One of the features of the flora of Republic of Moldova is the presence in it of a high number of rare and endangered species. Rare species of vascular plants now account for over a third of the total composition of the flora of different categories of rarity. In accordance with the rarity categories and criteria, all these species are threatened with extinction due to the small number of populations and limited distribution across the territory [9, 11, 13].

The rarest taxa are included in the regional Red Lists – List of Species Protected by the State and in the Red Book of the Republic of Moldova. Regional Red Lists represent a report on the threatened state of species in that or another country or region. Regional Red Lists estimate the risk of extinction of species within the unit of political management and, therefore, can directly influence national planning. This project is coordinated by the International Union for Conservation of Nature (IUCN) and partners in national governments around the world. Regional Red Lists can help countries in: 1) determination of conservation status and species survival trends; 2) the identification of species that are under the greatest threat. The estimation of the state of rarity is carried out using regional categories and criteria of the IUCN; 3) informing about plans and measures for the preservation of species and 4) increasing awareness of endangered species [9, 18, 21].

The Red Book is an official document that includes a list of critically endangered, endangered and vulnerable species of the Republic of Moldova, as well as general information about their status, condition, range of occurrence, methods of their protection, conservation and dissemination. The study on species

to be included into the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova are currently underway to identify threatened species.

Material and methods

During our investigation concerning rare species of the Alliaceae family in the spontaneous flora of the Republic of Moldova, in order of their inclusion into the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova, we performed all necessary research. Initially, all published information on the presence of species in the territory was reviewed [2-8, 10, 12, 15, 19, 24, 25, 28] and consulted specimen materials in different scientific herbaria (Herbarium of the National Botanical Garden (Institute) from Republic of Moldova, Herbarium of Moldova State University, Herbarium of National Museum of Ethnography and Natural History etc.).

Rare species are identified on the basis of their local distribution in the Republic of Moldova. The following symbols are used to denote the spread: ○ – locality, where the species has grown in the past (before 1974 i.e. 50 years ago) and ● – locality, where the species grows in the present time (from 1974 to 2024). The general distribution is given according to literature data [14, 16, 17, 22, 23]. The maps of distribution were used from the resource of the Kew Royal Botanic Garden [14].

The taxonomy of Alliaceae family species followed by the recent taxonomical literature [14, 27]. Data on useful properties of plants are indicated by literature data [20]. The rarity of species is assessed by the IUCN categories and criteria [9]. The measures for the conservation of species at the national level [11, 2-8], in the territory of neighboring countries and in Europe are shown [1, 26].

Results and Discussions

As part of scientific research at the Laboratory of Spontaneous Flora and Herbarium of the National Botanical Garden (Institute) of MSU, it was established that the Alliaceae family in the flora of the Republic of Moldova includes 18 species from 2 genera [8, 12, 19]. According to IUCN criteria [9], 7 species are assessed as rare and threatened with extinction. Of these, 4 critically endangered species (*Allium fuscum* Waldst. et Kit., *A. guttatum* Steven, *A. montanum* F.W.Schmidt, *A. podolicum* (Aschers. et Graebn.) Błocki ex Racib.), one endangered (*Allium sphaeropodium* Klokov) and 2 vulnerable (*Allium inaequale* Janka and *Nectaroscordum bulgaricum* Janka). They differ in the number and vitality of populations, local distribution and, along with the types of relatively low risk of extinction, are extremely rare.

In the article rare plants of the Alliaceae family are given in alphabetical order, each with the indication of the following characteristics: Latin, Romanian and Russian names, synonyms, rarity category and criteria, biological characteristics (including the plant habitus), beneficial features, common and local distribution (with maps of common distribution and distribution in the Republic of Moldova), habitat, protection status and recommended protection measures.

Allium fuscum Waldst. et Kit. – Сeară brună – Лук бурый

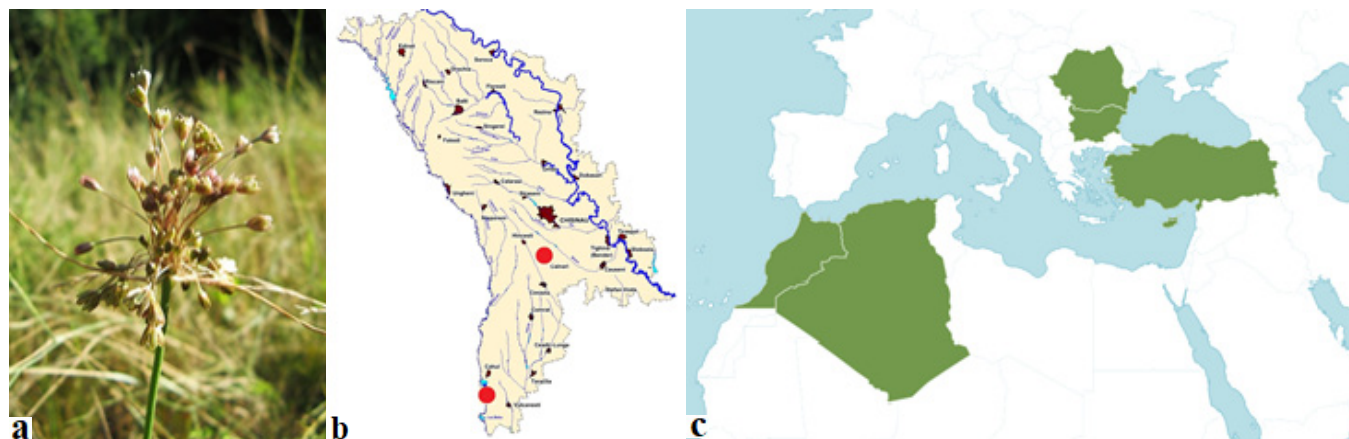


Figure 1. *Allium fuscum* Waldst. et Kit.: a – plant appearance, b – distribution in the Republic of Moldova, c – distribution worldwide

Critically Endangered species [CR]. A4ce; B2ab(i,ii,iii,iv); D2. Perennial, bulbous plant (Fig. 1a). It is an ornamental plant [20]. Blooms in July; fruiting in August. It is propagated by seeds and vegetatively. Steppe xerophilous species. In the Republic of Moldova it occurs in the vicinity of st. Zloți (Cimișlia district) and comm. Vadul lui Isac (Cahul) (Fig. 1b). It is located on the eastern edge of its distribution area. Outside the country it occurs in Central Europe (Romania), Balkan peninsula (Bulgaria), Asia Minor (Turkey, Cyprus) and north-west Africa (Algeria, Morocco) (Fig. 1c). [14, 16, 22]. Plants grow solitarily or in small groups in sunny eroded and steep slopes; the steppe grasslands; in the glades of downy oak forests. The largest population occupies an area of about 0,5 ha, with an abundance of 1-2. Stable population, represented by individuals of different ages, plant density reaching up to 2-5 mature plants per 1 m².

Territorially protected in the “Cărbuna” landscape reserve. Inclusion in the State Protected Species List and *ex-situ* conservation is recommended.

***Allium guttatum* Steven – Ceapă gutulată – Лук крапчатый**



Figure 2. *Allium guttatum* Steven: a – plant appearance; b – distribution in the Republic of Moldova; c – distribution worldwide

Critically Endangered species [CR]. A4ce; B2ab(i,ii,iii,iv); D2. Perennial, bulbous plant (Fig. 2a). It is a decorative and medicinal plant [20]. Blooms in July-August; fruits in August-September. It is propagated by seeds and vegetatively. Steppe xerophilous species. In the Republic of Moldova it occurs in the vicinity of vill. Ciurmai (Taraclia), Vulcănești town, comm. Congaz (UTAG); comm. Ghidighici, Chișinău city; between comm. Slobozia Mare and Văleni (Cahul) (Fig. 2b). The species is at the northern limit of natural range of distribution. Outside the country it occurs in Central (Romania), eastern (Ukraine, Crimea), Balkan peninsula and Asia Minor (Cyprus, Turkey, East Aegean Is.) (Fig. 2c) [14, 16, 22]. Species grow in small groups or, sometimes in patches of different sizes, in sunny eroded and steep slopes; the steppe grasslands; on loessoid substrate with steppe vegetation. Isolated specimens are also found. The largest population is located between comm. Slobozia Mare and Văleni, occupies an area of about 1 ha, with an abundance of 1-2 (3). Stable population, represented by individuals of different ages, plant density reaching up to 60 mature plants per 1 m².

Species included in the Red Book of the Republic of Moldova (3rd ed.) [3]. Territorially protected in the multifunctional management area – a representative sector with steppe vegetation in the south of Bugeac (Ciurmai village).

***Allium inaequale* Janka – Ceapă inegală – Лук неравный**

Vulnerable species [VU]. B2ab(ii,iii). Perennial plant, geophytes (Fig. 3a). It is a medicinal plant [20]. Blooms in August-September; fruits in September-October. It is propagated by seeds and vegetatively. Steppe xerophilous species. In the Republic of Moldova it occurs in the vicinity of Camenca and Grigoriopol towns, comm. Goian, Tașlâc, UATSN; comm. Bugeac, Dezghingea, UTA Găgăuzia; comm. Topala (Cimișlia); comm. Slobozia Mare (Cahul) (Fig. 3b). On the territory of the republic, it is located at the southern limit of the area. Beyond the borders of the Republic of Moldova, it is spread in Central (Romania) and Eastern Europe (center

and south), the North Caucasus, Central Asia (Fig. 3c) [14, 16, 22]. Species grow in primary steppes in the south of the country alone or in groups of 3-5 mature individuals. Forms scattered groups of 1-2 m², with an abundance of 1-2. Stable populations, represented by individuals of different ages, plant density reaching up to 10-15 mature plants per 1 m² [4]. Prefers rocky steppe hills, but also the steppe sectors with loessoid soils.



Figure 3. *Allium inaequale* Janka: a – plant appearance, b – distribution in the Republic of Moldova, c – distribution worldwide

Species is protected by law (category IV) [11], included in the Red Book of the Republic of Moldova (3rd ed.) [4]. Territorially protected within the State Scientific Reserve “Iagorlic”, in the areas with steppe vegetation in the north of Bugeac – “Bugeac” and “Dezghingea”. Included in the Red List of Europe as a species with data deficient (category DD) [1].

Allium montanum F. W. Schmidt (= *A. senescens* L. p. p., *A. senescens* L. subsp. *montanum* (F.W.Schmidt) Holub) – Сeară montană – Лук горный



Figure 4. *Allium montanum* F. W. Schmidt: a – plant appearance, b – distribution in the Republic of Moldova, c – distribution worldwide

Critically Endangered species [CR]. A4ae; B2ab(i,ii,iii,iv); D2. Perennial plant, geophytes (Fig. 4a). It is a medicinal and ornamental plant [20]. Blooms in July-August; it bears fruit in August-September. It is propagated by seeds and vegetatively. Rocky, calcareous mesoxerophilous species. In the Republic of Moldova it is found near the comm. Naslavcea (Ocnița) (Fig. 4b). The species is at the southern limit of its natural range of distribution. Beyond the borders of the republic, it is spread in Scandinavia (Sweden, introduced to Norway), Central and Eastern Europe (Baltic States, Ukraine), the Mediterranean; extinct in Denmark (Fig. 4c) [14, 16, 22]. Species grow in groups of 5-7 individuals, isolated at the top of the grassy slope, forming clumps of 1-2 m², with an abundance of 1(2), on rocky place on limestone substrate; the glades and undergrowth of the pine and acacia plantations. The stable population, represented by individuals of different ages [5].

Species included in the Red Book of the Republic of Moldova (3rd ed.) [5]. Territorially protected within the Geological and Paleontological Natural Monument “Tectonic fault near comm. Naslavcea” (“Stânca” forest body).

Allium podolicum (Aschers. et Graebn.) Błocki ex Racib. (= *A. paniculatum* L. var. *podolicum* Aschers. et Graebn.) – Сeară podoliană – Лук подольский



Figure 5. *Allium podolicum* (Aschers. et Graebn.) Błocki ex Racib.: a – plant appearance, b – distribution in the Republic of Moldova, c – distribution worldwide

Critically Endangered species [CR]. B2ab(ii,iii,iv). Perennial plant, geophyte (Fig. 5a). It is a medicinal plant [20]. Blooms in July-August; fruits in August-September. It is propagated by seeds and vegetatively. Rocky, calcareous xerophilous species. In the Republic of Moldova it is found near the comm. Văratice, Horodiște (Rîșcani) (Fig. 5b). Pontic endemic. Beyond the borders of the Republic of Moldova, it is spread in Central (eastern Hungary, Romania) and Eastern (central and southern) Europe (Fig. 5c) [14, 16, 22]. Species grows solitarily or in groups of 3-10 specimens, rarely forming clumps with an abundance of 1-2, on arid calcareous slopes with petrophilic vegetation; the clearings of the pine plantations. The population is stable, represented by individuals of different ages; plant density reaching up to 10 per 1 m² [6].

Species included in the Red Book of the Republic of Moldova (3rd ed.) [6]. In the Republic of Moldova territorially protected within the Geological and Paleontological Natural Monument “Văratice Gorge”. Included in the Red List of Europe as a species with data deficient (category DD) [1].

Allium sphaeropodum Klokov – Сeară sferopodă – Лук круглоногий

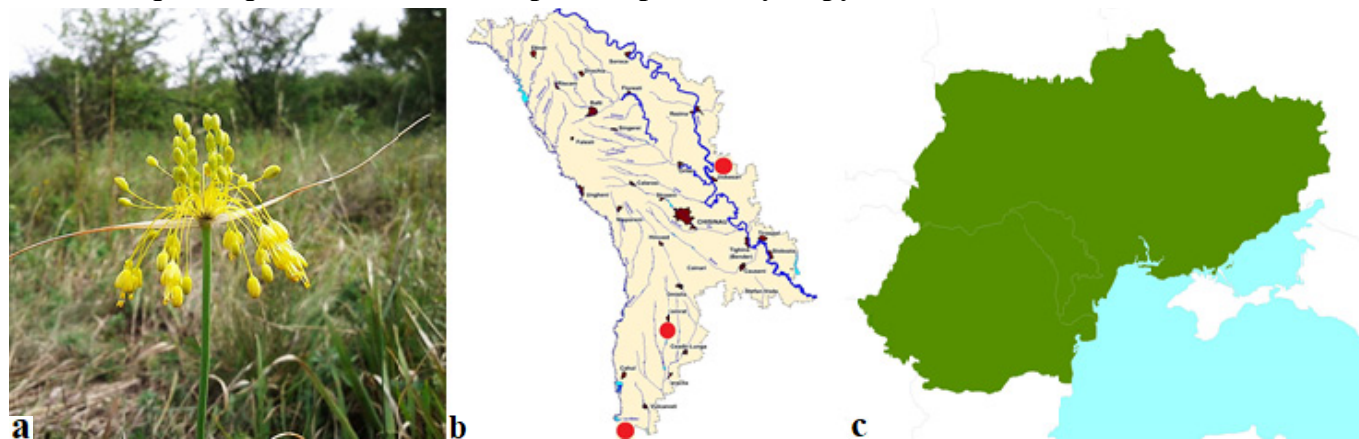


Figure 6. *Allium sphaeropodum* Klokov: a – plant appearance, b – distribution in the Republic of Moldova, c – distribution worldwide

Endangered species [EN]. A4cde; B2ab(i,ii,iii,iv). Perennial plant, geophytes (Fig. 6a). It is a medicinal

plant [20]. Blooms in June; fruiting in August. It is propagated by seeds and vegetatively. Steppe species, xerophilous. In the Republic of Moldova it is found near the comm. Slobozia Mare (Cahul), between comm. Chirsova and Ferapontievca, UTA Gagauzia; comm. Goian, UATSN (Fig. 6b). Beyond the borders of the Republic of Moldova, it is spread in Romania and Ukraine (Fig. 6c) [14, 16, 22]. Species grows in primary steppes in the south of the country solitarily or in small groups of 2-3 individuals, on the rocky steppe hills, the steppe sectors with loessoid soils in the Bugeac steppe. Forms dispersed groups of 1-2 m², with an abundance of 1. Populations represented by individuals of different ages, plant density reaching up to 2-10 mature plants per 1 m².

In Republic of Moldova it is territorially protected within the “Iagorlic” State Scientific Reserve. Included in the Red Book of Ukraine as a vulnerable species (vulnerable category) [26].

***Nectaroscordum bulgaricum* Janka (= *N. dioscoridis* (Sibth. et Smith) Zahar., *Allium dioscoridis* Sibth. et Smith) – Сeară bulgărească – Нектароскордий болгарский**

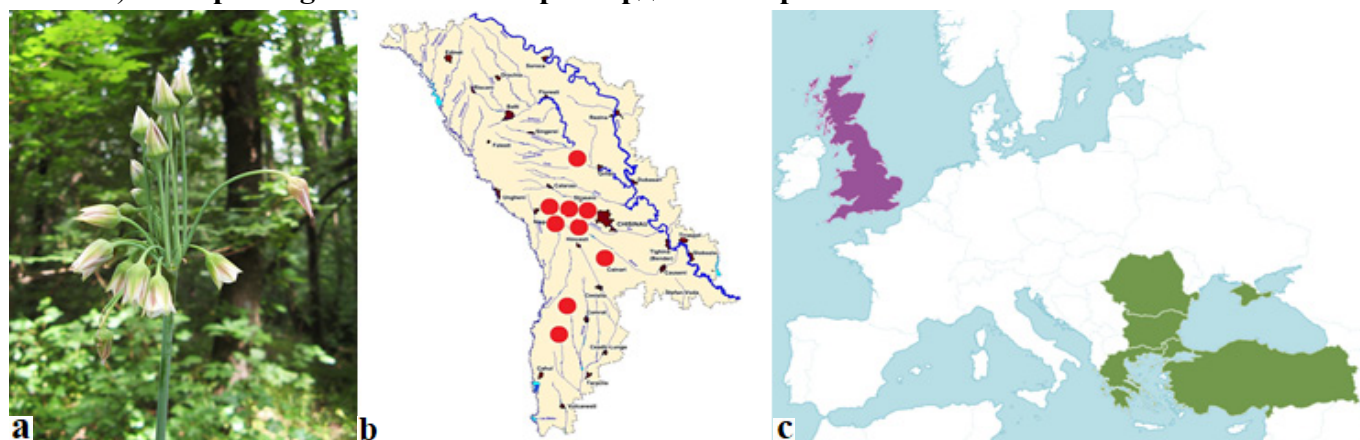


Figure 7. *Nectaroscordum bulgaricum* Janka: a – plant appearance, b – distribution in the Republic of Moldova, c – distribution worldwide

Vulnerable species [VU]. B2ab(ii,iii). Perennial plant, geophytes (Fig. 7a). It is an ornamental and medicinal plant [20]. Blooms in May-June; fruits in June-July. It is propagated by seeds and vegetatively. Forest mesophyllous species. In the Republic of Moldova it grows in the vicinity of comm. Budăi (Telenești); comm. Căpriana, Lozova, vill. Stejăreni (Strașeni); Zloți station (Cimișlia); comm. Tigheci (Leova); comm. Loganesti, vill. Horodca (Hîncești); comm. Baimaclia (Cantemir) (Fig. 7b). The species is at the northern limit of its Ponto-Balkan area of distribution. Beyond the borders of the Republic of Moldova, it is spread in Central (Romania) and Eastern Europe (Crimea), the Balkan Peninsula (Greece, Bulgaria), Asia Minor (Turkey); introduced into Great Britain (Fig. 7c) [14, 17, 23]. Species grow in small isolated scattered groups of 5-10 mature individuals or in clumps of 200-500 m², in phytocoenoses of the oak forests with lindens, ash, hornbeam and those of downy oak. Populations are stable, represented by individuals of different ages, plant density sometimes reaches up to 20 mature plants per 1 m² [7].

Species protected by law (category III) [11], included in the Red Book of the Republic of Moldova (3rd ed.) [7]. In the Republic of Moldova territorially protected in the Scientific Reserve “Codru”, in the landscape reserves “Hîncești”, “Căpriana-Scoreni”, “Cărbuna” and in the Natural Reserve of medicinal plants “Logănești”. Included in the Red Book of Ukraine [26].

Conclusions

We propose to include in the list of species protected by law additionally 5 species from Alliaceae family: *Allium fuscum* Waldst. et Kit., *A. guttatum* Steven, *A. montanum* F.W.Schmidt, *A. podolicum* (Aschers. et Graebn.) Błocki ex Racib. and *A. sphaeropodum* Klokov. In the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova, we propose to include 7 species of different categories of rarity: 4 critically endangered species

(*Allium fuscum* Waldst. et Kit., *A. guttatum* Steven, *A. montanum* F.W.Schmidt, *A. podolicum* (Aschers. et Graebn.) Błocki ex Racib.), one endangered (*Allium sphaeropodium* Klovov) and two vulnerable (*Allium inaequale* Janka and *Nectaroscordum bulgaricum* Janka) species.

Bibliography:

1. BILZ, M.; KELL, S. P.; MAXTED, N.; LANDSDOWN, R. V. *European Red List of Vascular Plants*. Luxembourg: Publications Office of European Union. 2011.
2. GHENDOV, V. *Notes on Allium paniculatum L. s.l. (Alliaceae Juss.) in the flora of Republic of Moldova*. În: *Journal of Botany*. Vol. VII. Nr. 2(11), 2015. P. 101-105.
3. GHENDOV, V.; CIOCÂRLAN, N. *Allium guttatum* Stev. În: *Cartea Roșie a Republicii Moldova. Plante și Animale*, Ediția III, Chișinău: Știința, 2015. P. 117.
4. GHENDOV, V.; CIOCÂRLAN, N. *Allium inaequale* Janka. În: *Cartea Roșie a Republicii Moldova. Plante și Animale*, Ediția III, Chișinău: Știința, 2015. P. 118.
5. GHENDOV, V.; CIOCÂRLAN, N. *Allium montanum* F. W. Schmidt. În: *Cartea Roșie a Republicii Moldova. Plante și Animale*, Ediția III, Chișinău: Știința, 2015. P. 119.
6. GHENDOV, V.; CIOCÂRLAN, N. *Allium podolicum* (Aschers. et Graebn.) Błocki ex Racib. În: *Cartea Roșie a Republicii Moldova. Plante și Animale*. Ediția III. Chișinău: Știința, 2015. P. 120.
7. GHENDOV, V.; CIOCÂRLAN, N. *Nectaroscordum bulgaricum* Janka. În: *Cartea Roșie a Republicii Moldova. Plante și Animale*. Ediția III. Chișinău: Știința, 2015. P. 121.
8. GHENDOV, V.; IZVERSCAIA, T.; SHABANOVA, G. *Pre-identified Red List of vascular plants in the flora of Republic of Moldova*. În: *Journal of Botany*, 2012. Vol. IV, № 1 (5). P. 41-52.
9. *IUCN Standards and Petitions Subcommittee. 2010. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 8.1. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee in March 2010*. Downloadable from <http://intranet.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>
10. *IUCN Standards and Petitions Committee. 2024. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 16. Prepared by the Standards and Petitions Committee*. Downloadable from <https://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>.
11. IZVERSCAIA, T.; GHENDOV, V. *Threatened with regional extinction vascular plants recommended for state protection in the Republic of Moldova*. În: *Mediul ambiant*, 2014. № 4 (76). P. 1-3.
12. *LEGISLAȚIA ECOLOGICĂ A REPUBLICII MOLDOVA (1996-1998)*. Chișinău: Societatea Ecologică „Biotica”, 1999. 233 p.
13. NEGRU, A. *Determinator de plante din flora Republicii Moldova*. Chișinău, „Universul”, 2007. 391 p.
14. PÂNZARU, P.; NEGRU, A.; IZVERSCAIA, T. *Taxoni rari din flora Republicii Moldova*. Chișinău, 2002. 148 p.
15. *Plants of the World online. Kew Science*. <http://www.plantsoftheworldonline.org/>
16. SĂVULESCU, TR.; RAYSS, T. *Materiale pentru flora Bassarabiei*. În: *Bull. Agriculturii. București*, 1926. Vol. 3. P. 81-230.
17. STEARN, W. T. *Allium* L. In: *Flora Europaea*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980. Vol. 5. P. 49-69.
18. STEARN, W. T. *Nectaroscordum* Lindley. In: *Flora Europaea*. Vol. 5. Cambridge: Cambridge University Press, 1980. P. 69.
19. АНДРЕЕВ, А. В.; ИЗВЕРСКАЯ, Т. Д.; ГЕНДОВ, В. С.; ЦУРКАНУ, В. Ф.; ДЕРЖАНСКИЙ, В. В.; ТАЛІМАЧ, І. и др. *Сценарий управления Рамсарского сайта №1500 «Унгурь-Голошница» (проект)*. Chișinău, 2007. 120 p. <http://www.bioticamoldova.org>
20. ГЕЙДЕМАН, Т. С. *Определитель высших растений МССР*. Изд. 3-е, Кишинев, «Штиинца», 1986. 636 с.
21. *Дикорастущие полезные растения России*. /Отв. ред. Буданцев А.Л., Лесиовская Е.Е. СПб.: Издательство СПХФА, 2001, 663 с.
22. *ЗАКОН № 325 от 15-12-2005 о Красной книге Республики Молдова*. Доступен на сайте https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=130540&lang=ru
23. ОМЕЛЬЧУК-МЯКУШКО, Т. Я. *Лук – Allium L. В: Флора Европейской части СССР*. Ленинград: Изд-во «Наука», 1979. Т. IV. С. 261-275.

24. ОМЕЛЬЧУК-МЯКУШКО, Т. Я. *Нектароскордий* – *Nectaroscordum* Lindl. В: *Флора Европейской части СССР*. Т. IV. Ленинград: Изд-во «Наука», 1979. С. 276.
25. ПАЧОСКИЙ, И. К. *Материалы для флоры Бессарабии*. В: *Тр. Бессараб. о-ва естествоиспыт. и любителей естествозн.* Кишинев, 1911-1912. Т. 3. 91 с.
26. ПАЧОСКИЙ, И. К. *Херсонская флора*. Т. II. Poznań, 2008. 505 с.
27. ЧЕРВОНА КНИГА УКРАЇНИ. РОСЛИННИЙ СВИТ. /ред. Я.П. Дідуха. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 912 с.
28. ЧЕРЕПАНОВ, С. К. *Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР)*. Санкт-Петербург, 1995, 990 с.
29. ШМАЛЬГАУЗЕН, И. Ф. *Флора Средней и Южной России, Крыма и Северного Кавказа*. 1895. Т. 1. 468 с.

Acknowledgements: The study was carried out within the following two research projects: 1). Subprogram entitled: “Research and ex situ, in situ conservation of the plant diversity of the Republic of Moldova” (subprogram code 010101), funded by the Ministry of Education and Research of the Rep. of Moldova; 2). “Assesment of the state of plant, fungi and animal species, development of the list of species with rarity status and the algorithm for presentation in the 4th edition of the Red Book of the Republic of Moldova”, funded by the National Office for the Implementation of Environmental Projects and co-financing by the Moldova State University, according to the financing Contract No. 01-23p-096/03-05-2024 from 27.02.2024).

Data about the authors:

Veaceslav GHENDOV, PhD in Biology, leading scientific researcher, “Al. Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute), Moldova State University.

ORCID: 0000-0001-6405-3935

E-mail: veaceslav.ghendov@gb.usm.md

Tatiana IZVERSCAIA, PhD in Biology, leading scientific researcher, “Al. Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute), Moldova State University.

ORCID: 0009-0003-8530-0140

E-mail: t_izverskaya@mail.ru

Presented: 26.02.2025

CZU: 004.738.5:616.89-008

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_14](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_14)

INFO-DIGITAL ADDICTION: AN INTERDISCIPLINARY ANALYSIS OF THE PHENOMENON, ITS CRITERIA, AND CONSEQUENCES

*Ella GRIȚENCO, Vladimir ȘEPTIȚCHI,**Moldova State University,**Yuri BORSHEV,**Institute of Experimental Medicine, St. Petersburg, Russian Federation*

This article presents an interdisciplinary analysis of the phenomenon Info-Digital Addiction (IDA) as a novel form of behavioral addiction, characterized by neurophysiological, physiological, cognitive, psycho-emotional and social consequences. The study is based on a systematic review of contemporary scientific publications, as well as a comparative analysis of diagnostic criteria for various forms of behavioral addictions. The mechanisms of IDA formation are examined, including neurophysiological and physiological changes such as dopaminergic imbalance, chronic stress, circadian rhythm disruption and impaired cognitive control and etc. The primary forms of this addiction are identified. Special attention is given to diagnostic criteria and the projected evolution of IDA in the context of widespread digitalization. Preventive strategies are proposed, encompassing educational, medical, and social interventions. The necessity of further research on the disorder's impact on human physiology, brain neuroplasticity, social adaptation and public health is emphasized.

Keywords: *addiction, information-digital addiction, cognitive impairment, neurophysiology, behavioral addiction, psycho-emotional consequences, chronic stress.*

DEPENDENȚA INFORMAȚIONAL-DIGITALĂ: O ANALIZĂ INTERDISCIPLINARĂ A FENOMENULUI, CRITERIILOR ȘI CONSECINȚELOR ACESTUIA

Articolul prezintă o analiză interdisciplinară a fenomenului dependenței informațional-digitale (DID) ca o nouă formă de adicție comportamentală, având consecințe neurofiziologice, fiziologice, cognitive, psihoemoționale și sociale. Studiul se bazează pe o revizuire sistematică a publicațiilor științifice actuale, precum și pe o analiză comparativă a criteriilor de diagnostic ale diferitelor forme de dependențe comportamentale. Sunt examinate mecanismele de formare a DID, inclusiv modificările neurofiziologice și fiziologice, cum ar fi dereglarea sistemului dopaminergic, stresul cronic, alterarea ritmurilor circadiene, reducerea controlului cognitiv etc. Au fost identificate principalele forme ale acestei dependențe. O atenție deosebită este acordată criteriilor de diagnostic și prognozei evoluției acestei adicții în contextul digitalizării accelerate. Sunt propuse strategii de prevenire, care includ măsuri educaționale, medicale și sociale. Se subliniază necesitatea continuării cercetărilor asupra impactului acestei tulburări asupra fiziologiei umane, neuroplasticității creierului, adaptării sociale și sănătății publice.

Cuvinte-cheie: *dependență, dependență informațional-digitală, tulburări cognitive, neurofiziologie, adicție comportamentală, consecințe psihoemoționale, stres cronic.*

Introduction

The rapid development of digital technologies has contributed to the emergence of new types of behavioral addictions, among which Info-Digital Addiction (IDA) holds a significant place. This phenomenon extends beyond traditional internet or gaming addictions [1], encompassing a broad spectrum of digital activities, including social media, video streaming, news consumption, cybersexual addiction, information overload and numerous other forms of excessive interaction with the digital environments. IDA represents a pressing scientific and socio-medical problem that demands a comprehensive interdisciplinary approach, integrating human physiology, cognitive neuroscience, clinical psychology, psychiatry, and sociology.

Recent studies confirm that various subtypes of this behavioral addiction lead to neurophysiological, cognitive, and psycho-emotional disorders, as well as systemic physiological changes, making it a critical issue in medicine, psychology, and social sciences [2, 3, 4]. However, precise diagnostic criteria for IDA remain a subject of scientific debate. While this phenomenon was previously attributed to individual personality traits, contemporary research highlights its systemic nature, linked to brain function alterations, physiological reactions, social factors, and the algorithms of digital platforms [5].

This study is based on an interdisciplinary analysis that includes human physiology, cognitive neuroscience, clinical psychology, psychiatry, and social sciences. Particular emphasis is placed on the neurophysiological and physiological mechanisms of IDA formation, as well as its psycho-emotional and social consequences.

The prevention and diagnosis of this disorder are particularly important in the context of physiology, neuroscience, and cognitive research, as prolonged exposure to digital stimuli can alter neuroplasticity mechanisms, leading to impairments in executive functions, attention, memory, and emotional regulation [6]. Additionally, given the accelerated development of digital technologies, it is necessary to anticipate the emergence of new forms of IDA, including pathological interactions with artificial intelligence, metaverses, digital assistants, and other innovative digital tools.

Methods and materials

This study is based on a systematic analysis of peer-reviewed scientific publications, meta-analyses, and empirical data on digital, technological, internet, computer, and information addiction, published between 2010 and 2024. The included sources were selected from PubMed, Scopus, and Web of Science databases based on their relevance to the research topic, methodological rigor, and the availability of objective data on the neurophysiological, physiological, cognitive, psycho-emotional, and social aspects of the addictions under consideration. The following methods were used to achieve the study's objectives:

1. Content analysis of publications in leading peer-reviewed scientific journals in psychology, physiology, neuroscience, and social medicine, focusing on behavioral addictions, cognitive and physiological changes in the context of digitalization.
2. Comparative analysis of diagnostic criteria for internet addiction, video game addiction, compulsive content consumption, social media addiction, and digital, technological, and information addictions.
3. Neurophysiological and physiological analysis of the impact of digital content on cognitive and psycho-emotional processes, including the study of dopamine regulation mechanisms, changes in the pre-frontal cortex and limbic system, as well as the effects of information overload on memory processes, concentration, and emotional state.
4. Meta-analysis of clinical data on the effects of the above-mentioned types of addiction on brain neuroplasticity and physiological parameters.
5. Analysis of social and somatic aspects of various forms of IDA.

Results and discussion

In the context of the pervasive digitalization of modern society, Info-Digital Addiction (IDA) is emerging as one of the most significant issues, affecting all aspects of human life. The conducted analysis has made it possible to systematize the key characteristics of this phenomenon, refine its definition, identify the primary mechanisms of its formation, and assess its potential consequences.

We propose defining IDA as a form of behavioral addiction, characterized by compulsive and excessive consumption of digital information (social media, online/offline video games, video streaming, news, etc.) through digital devices. This, in turn, leads to significant negative consequences, affecting neurodevelopmental trajectories, cognitive, psycho-emotional, and physical health, as well as social adaptation.

IDA is multifaceted and complex in nature, often combining several interrelated aspects of digital activity simultaneously. As a rule, it is marked by the combination of several addictive forms of interaction with information and communication technologies (ICT). This not only complicates the diagnosis but also necessitates an interdisciplinary approach to studying the phenomenon, defining its diagnostic criteria, and

developing potential prevention and correction strategies. Defining diagnostic criteria for IDA is a crucial step in understanding this disorder. It allows for differentiation between IDA and other forms of behavioral addiction and serves as a foundation for development of early detection and correction methods. The key diagnostic criteria include:

- Loss of control over digital consumption – the inability to limit time spent on digital devices, despite awareness of its negative consequences [1].
- Prioritization of digital activity over real-life engagement – a decline in interest in education, work, and social interactions in favor of digital content [4].
- Psychophysiological consequences – anxiety, emotional instability, sleep disturbances, headaches, reduced concentration, etc. [1].
- Development of withdrawal syndrome – irritability, anxiety, and depressive manifestations in the absence of access to digital devices and content [1].

Defining clear diagnostic criteria for IDA is an essential prerequisite for further research into its mechanisms of formation, as well as for the development of effective prevention and treatment strategies. Research suggests that the mechanisms underlying technological/digital addictions are associated with the influence of digital platform algorithms, which trigger the so-called “dopamine trap”, induce structural changes in the brain, leading to reduced cognitive control, and contribute to information overload, which in turn fosters anxiety disorders and depression [1, 4, 6, 7, 8, 9]. Depending on the specific type of digital interaction, various forms of IDA can be identified. Some of these exhibit a traditional nature and have already been studied within the framework of behavioral addictions, while others are emerging in response to new technological trends. Among the most common, so-called classic forms of this addiction, the following stand out:

- Social media addiction – an uncontrolled urge for continuous engagement with social platforms (TikTok, Instagram, Facebook, etc.) accompanied by anxiety, reduced productivity, and impaired concentration.
- Gaming addiction – excessive involvement in online/offline video games and virtual worlds, leading to cognitive impairments, increased impulsivity, and decreased social activity.
- Compulsive news consumption – an uncontrollable desire to constantly consume information flows. This behavior may contribute to the development of anxiety disorders, cognitive overload, impaired critical thinking, and heightened sensitivity to negative events.
- Video content addiction – pathological overconsumption of video content (YouTube, Netflix, etc.), often resulting in circadian rhythm disruptions, procrastination, and reduced cognitive flexibility.
- Cybersexual addiction – compulsive consumption of pornographic content or excessive involvement in virtual relationships. This can lead to a decline in emotional intimacy and impaired socialization.
- Obsessive Digital Rituals – endless scrolling, constant refreshing of feeds, and switching between tabs. This behavior is often accompanied by anxiety when access to digital devices and platforms is restricted.

However, modern technologies continue to evolve, creating conditions for the emergence of new forms of addiction, among which the following stand out:

- Artificial Intelligence (AI) Addiction – excessive reliance on AI assistants, chatbots, and personalized recommendations, which can reduce independent decision-making abilities.
- Metaverse (VR/AR) Addiction – complete immersion in digital worlds, leading to a loss of connection with real life and impaired social adaptation.
- Smart Home and IoT Addiction – obsessive control over the operation of digital devices, resulting in anxiety when access to them is lost.

This list represents only a fraction of the possible variations and combinations of IDA. In this context, it is important to highlight that the formation of IDA is linked to profound changes in brain function and overall physiological processes. Research indicates that digital products, due to covert manipulations deliberately introduced by developers, activate reward mechanisms and can induce neurological changes similar to those observed in chemical addictions, particularly substance dependence [5, 10, 11, 12, 13]. Thus, the key neurophysiological mechanisms of IDA are:

- The “Dopamine Trap” – Digital platform algorithms leverage dopamine reinforcement mechanisms, triggering instant rewards (likes, comments, views), which lead to elevated dopamine release and addiction formation.

- Reduced Prefrontal Cortex Activity – Individuals with pronounced IDA exhibit impaired cognitive control, decreased critical thinking abilities, and increased impulsivity.

- Information overload, excessive consumption of digital content leads to cognitive strain, reduced attention span, increased anxiety, and chronic fatigue.

Prolonged and uncontrolled interaction with digital devices not only affects cognitive processes but also leads to significant changes in physiological functioning. The physiological consequences of IDA include:

- Disruption of circadian rhythms – Exposure to screen light, particularly during evening and night-time hours, suppresses melatonin production, resulting in reduced sleep quality, difficulty falling asleep, fragmented sleep, and, consequently, chronic sleep deprivation. Sleep deficiency, in turn, impairs cognitive abilities, reduces memory and attention, and may increase anxiety levels and the risk of depressive disorders.

- Chronic stress and elevated cortisol levels – Continuous stimulation of the brain by digital stimuli activates the sympathetic nervous system, leading to increased secretion of the stress hormone cortisol. This state is associated with various negative effects, including immune system suppression, elevated blood pressure, dysfunction of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis, and a heightened risk of cardiovascular diseases.

- Physical inactivity and musculoskeletal disorders – A sedentary lifestyle, characteristic of prolonged interaction with digital devices, contributes to muscle imbalances, poor posture, scoliosis, osteochondrosis, and chronic back pain. Prolonged static positioning while using gadgets also impairs blood circulation, increasing the risk of varicose veins, lymphatic stagnation, and thromboembolism.

- Metabolic disorders – Reduced physical activity combined with continuous digital stimulation promotes the development of metabolic syndrome, obesity, insulin resistance, and an increased risk of type 2 diabetes. Disruptions in eating habits, such as frequent snacking in front of screens, late-night meals, and a lack of mindful eating, exacerbate these negative effects.

- Decline in visual function (digital eye strain syndrome) – Prolonged screen use places excessive strain on vision, potentially leading to asthenopia (eye fatigue), dry eye syndrome, accommodation spasm, and progressive myopia. Blue light exposure also negatively impacts the retina, increasing the risk of degenerative changes.

- Impairment of sensory integration – Excessive interaction with digital devices creates “sensory overload,” where the brain receives an overwhelming amount of visual and auditory stimuli, thereby hindering the ability to focus on a single task and potentially inducing increased irritability, anxiety, and reduced productivity.

The list of threats posed by IDA to human somatic health is quite extensive. Research indicates that the physiological consequences of IDA affect a wide range of bodily systems, influencing quality of life, cognitive health, and overall physical well-being. Given these risks, it is crucial to focus on preventive measures aimed at early diagnosis, mindful use of digital technologies, and the development of healthy behavioral strategies within the digital environment [14, 15].

The impact of IDA on individuals is multifaceted, encompassing all aspects of life, including psycho-emotional and social dimensions, significantly affecting emotional well-being, behavioral patterns, and social adaptation. Affective disorders such as anxiety, depressive states, and emotional instability are common among individuals exhibiting pronounced signs of IDA, largely driven by mechanisms of dopamine reinforcement and information overload. Moreover, this addiction contributes to the formation of new social behavior models, frequently associated with a decline in communication skills, social isolation, and a loss of interest in offline interactions. These changes not only deteriorate individuals’ quality of life but also influence social institutions, including family dynamics, the educational environment, and the labor market [1, 16, 17, 18].

Notably, the psycho-emotional and social negative aspects of IDA manifest as follows:

- Affective disorders – Prolonged use of digital technologies can trigger anxiety, depression, and emotional instability.
- Cognitive impairments – Studies confirm a decline in attention span, memory impairment, and the development of „fragmented thinking.”
- Social isolation – Individuals with pronounced IDA symptoms replace real-life communication with digital interactions, increasing social anxiety levels and impairing communication skills.

Given the increasing digitalization and its negative impact on the psycho-emotional state of individuals, comprehensive preventive strategies and intervention measures are essential. Thus, promising directions for prevention may include the development of digital detox technologies, the implementation of digital hygiene programs, and neurophysiological monitoring of individuals at high risk of developing IDA. Based on an interdisciplinary approach, the following measures can be proposed for effective implementation:

Medical Aspect

- Development of biomarkers for diagnosing Information-Digital Addiction (IDA) to enable early detection of dependency symptoms.
- A key area of focus is the discussion regarding the inclusion of IDA in future versions of international diagnostic classifications.
- Implementation of neuropsychological testing to assess cognitive changes in individuals at high risk of developing IDA.

Educational Aspect

- Integration of digital hygiene courses into educational curricula to foster skills for mindful technology use.
- Development of cognitive strategies to manage information overload and improve self-regulation of digital consumption.

Social Aspect

- Governmental regulation of digital platforms aimed at restricting algorithms that contribute to addictive behaviors.
- Creation of public awareness programs promoting responsible digital consumption.

Given the rapid evolution of digital technologies and the growing trend of increasing IDA cases, it is crucial to anticipate the potential consequences of this phenomenon. Diagnostic and intervention methods must be adapted to the emerging challenges of the digital era. Furthermore, continued research in this field is of fundamental importance.

Conclusions

Based on the findings of this study, the following conclusions can be drawn:

1. IDA encompasses a broad spectrum of human interaction with ICTs and represents an interdisciplinary problem that requires a comprehensive approach to diagnosis, prevention, and intervention.
2. The mechanisms underlying IDA are associated with dysregulation of the dopaminergic system, reduced cognitive control, and functional changes in the prefrontal cortex.
3. The cognitive and psychological and emotional consequences of IDA include fragmented thinking, diminished attention span, memory impairment, anxiety disorders, depression, sleep disturbances, and decreased social adaptation.
4. The dynamic development of technology necessitates the continuous updating and adaptation of diagnostic criteria.
5. IDA diagnosis requires the implementation of objective biomarkers, the inclusion of this disorder in international disease classifications, and the development of tools for assessing cognitive impairments.
6. Prevention of IDA should incorporate medical, educational, and social measures.
7. Future research should focus on further investigating the impact of IDA on neuroplasticity, social adaptation, and public health. It is essential to forecast the emergence of new forms of digital addiction associated with technological advancements, such as artificial intelligence, metaverses, and augmented reality, and to develop effective strategies for their prevention and mitigation.

Bibliography:

1. YOUNG, K. S., & NABUCO DE ABREU, C. (Eds.). (2010). *Internet addiction: A handbook and guide to evaluation and treatment*. John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-0-470-55116-5, 978-0-470-89224-4, 978-0-470-89225-1, 978-0-470-89226-8.
2. PARK, B., HAN, D. H., ROH, S. *Neurobiological findings related to Internet use disorders*. Psychiatry Clin Neurosci. 2017 Jul;71(7):467-478. doi: 10.1111/pcn.12422. Epub 2016 Sep 13. PMID: 27450920.
3. SHAPIRA, N., A., GOLDSMITH, T.D., KECK, P., E.JR., KHOSLA, U., M., MCELROY, S., L. *Psychiatric features of individuals with problematic internet use*. J Affect Disord. 2000 Jan-Mar;57(1-3):267-72. doi: 10.1016/s0165-0327(99)00107-x. PMID: 10708842.
4. BRAND, M., YOUNG, K.S., LAIER, C et al. *Integrating psychological and neurobiological considerations regarding the development and maintenance of specific Internet-use disorders: An Interaction of Person-Affect-Cognition-Execution (I-PACE) model* – Текст: электронный // NeurosciBi-obehav Rev. – 2016. – Vol. 71. pp. 252-266.
5. DE, D., EL JAMAL, M., AYDEMIR, E., KHERA, A. *Social Media Algorithms and Teen Addiction: Neurophysiological Impact and Ethical Considerations*. Cureus. 2025 Jan 8;17(1):e77145. doi: 10.7759/cureus.77145. PMID: 39925596; PMCID: PMC11804976.
6. MONTAG, CHRISTIAN & REUTER, MARTIN. (2017). *Internet Addiction: Neuroscientific Approaches and Therapeutical Implications Including Smartphone Addiction*. 10.1007/978-3-319-46276-9.
7. PONTES, HALLEY & GRIFFITHS, MARK. (2015). *Measuring DSM-5 Internet Gaming Disorder: Development and Validation of a Short Psychometric Scale*. Computers in Human Behavior. 45. pp.137-143. 10.1016/j.chb.2014.12.006.
8. ANDREASSEN, C. S. (2015). *Online social network site addiction: A comprehensive review*. Current Addiction Reports, 2(2), pp. 175-184.
9. BROWN, J. *Kids Increasingly Staring at Glowing Screens, Study Finds* – Текст: электронный // PBS (Public Broadcasting Service), 25 Oct. 2011. Web. 07 Apr. 2017.
10. K.W. MÜLLER, M. DREIER, M.E. BEUTEL, E. DUVEN, S. GIRALT, K. WÖLFLING, “*A hidden type of internet addiction? Intense and addictive use of social networking sites in adolescents*”, Computers in Human Behavior, Volume 55, Part A, 2016, pp. 172-177, ISSN 0747-5632.
11. KUSS, DARIA & VAN ROOIJ, ANTONIUS & SHORTER, GILLIAN & GRIFFITHS, MARK & MHEEN, DIKE. (2013). *Internet addiction in adolescents: Prevalence and risk factors*. Computers in Human Behavior. 29. in press. 10.1016/j.chb.2013.04.002.
12. CHRISTAKIS, DIMITRI & MORENO, MEGAN. (2009). *Trapped in the Net*. Archives of pediatrics & adolescent medicine. 163. 959-60. 10.1001/archpediatrics.2009.162.
13. KIM, S. H., BAIK, S. H., PARK, C. S., KIM, S. J., CHOI, S. W., KIM, S. E. *Reduced striatal dopamine D2 receptors in people with Internet addiction*. Neuroreport. 2011 Jun 11;22(8):407-11. doi: 10.1097/WNR.0b013e328346e16e. PMID: 21499141.
14. LISSAK, G. *Adverse physiological and psychological effects of screen time on children and adolescents: Literature review and case study*. Environ Res. 2018 Jul;164:149-157. doi: 10.1016/j.envres.2018.01.015. Epub 2018 Feb 27. PMID: 29499467.
15. DRESP-LANGLEY B. *Children's Health in the Digital Age*. Int J Environ Res Public Health. 2020 May 6;17(9):3240. doi: 10.3390/ijerph17093240. PMID: 32384728; PMCID: PMC7246471.
16. GRIFFITHS, M. D. (2000). *Internet addiction - Time to be taken seriously?* Addiction Research & Theory, 8(5), pp. 413-418.
17. SOLDATOVA, GALINA. (2018). *Digital socialization in the cultural-historical paradigm: a changing child in a changing world*. Social Psychology and Society. 9. 71-80. 10.17759/sps.2018090308.
18. OZTURK, F. O., AYAZ-ALKAYA, S. *Internet addiction and psychosocial problems among adolescents during the COVID-19 pandemic: A cross-sectional study*. Arch Psychiatr Nurs. 2021 Dec;35(6):595-601. doi: 10.1016/j.apnu.2021.08.007. Epub 2021 Sep 2. PMID: 34861951; PMCID: PMC8424060.

N. B.: *Articolul a fost elaborat în cadrul proiectului doctoral „Dependența digitală la copii și adolescenți: aspecte fiziologice și abordări ale prevenirii și corectării”.*

Data about the authors:

Ella GRÎTENCO, Phd Student Institute of Physiology and Sanocreatology, Moldova State University.

ORCID: 0009-0008-5043-9464

E-mail: gritenco.ella@gmail.com

Vladimir ȘEPTÎTCHI, Doctor Habilitate in Biological Sciences, Institute of Physiology and Sanocreatology, Moldova State University

ORCID: 0000-0002-6306-7021

E-mail: septitchi@mail.ru

Yuri BORSHEV, Doctor in Biological Sciences, V. A. Almazov National Medical Research Centre, Institute of Experimental Medicine, St. Petersburg, Russian Federation.

ORCID: 0000-0003-3096-9747

E-mail: niscon@mail.ru

Presented: 01.03.2025

SPECII DE HELMINȚI IDENTIFICATE LA ȘOARECELE DE CASĂ

Oleg CHIHAI, Ștefan RUSU, Maria ZAMORNEA,
Alina LARION, Nina TĂLĂMBUȚĂ,

Universitatea de Stat din Moldova,
Universitatea Liberă Internațională din Moldova

Structura taxonomică a speciilor de helminți identificate la șoarecele de casă, este încadrată în 3 clase, 10 familii, 10 genuri și 11 specii, inclusiv, 5 specii din clasa Cestoda (*Mesocetoides lineatus larvae* – 17,0%, *Skrjabinotaenia lobata* – 4,2%, *Hydatigera taeniaeformis larvae* – 16,0%, *Paranoplocephala omphaloides* – 4,2%, *Rodentolepis straminea* – 5,0%) cu o pondere de 45,5%, 4 specii din clasa Secernentea (*Syphacia obvelata* – 33,3%, *Syphacia stroma* – 8,3%, *Mastophorus muris* – 33,3%, *Strongyloides ratti* – 4,2%) cu o cotă de 45,5%, iar 2 specii sunt din clasa Adenophorea (*Trichocephalus muris* – 8,3%, *Capillaria hepatica* – 16,7%) constituind 18,1% din totalul de specii identificate. Evaluând structura endoparazitismului constatăm o diversitate taxonomică bogată și un nivel de infestare sporit, iar Indicele invazional total constituind 71,9% (gazde infestate). Datele obținute relevă potențialitatea riscului de poluare parazitară a zonei de interferență dintre ecosistemele naturale și antropizate, prin transmiterea formelor invazive de la animalele sălbatice la cele domestice, precum și la om.

Cuvinte-cheie: helminți, *Mus musculus*, șoarecele de casă, biotop.

PARASITIC SPECIES IDENTIFIED IN THE HOUSE MOUSE

The taxonomic structure of helminth species identified in the house mouse, consists of 3 classes, 10 families, 10 genera and 11 species, of which 5 parasitic species belong to the Cestoda class (*Mesocetoides lineatus larvae* – 17.0%, *Skrjabinotaenia lobata* – 4.2%, *Hydatigera taeniaeformis larvae* – 16.0%, *Paranoplocephala omphaloides* – 4.2%, *Rodentolepis straminea* – 5.0%) with a 45.5% share, 4 species - to the Secernentea class (*Syphacia obvelata* – 33.3%, *Syphacia stroma* – 8.3%, *Mastophorus muris* – 33.3%, *Strongyloides ratti* – 4.2%) with a share of 36.4%, and 2 species – to the Adenophorea class (*Trichocephalus muris* – 8.3%, *Capillaria hepatica* – 16.7%), constituting 18.1% of the total species. Rich taxonomic diversity and increased infection level are observed, evaluating the structure of endoparasitism, the total invasive index constituting 71.9% (infected hosts), in this context. Research results reveal the potential risk of parasitic pollution of the area of interference between natural and anthropized ecosystems, by transmitting invasive forms from wild animals to domestic animals, as well as humans.

Keywords: helminth, *Mus musculus*, house mouse, biotopes.

Introducere

Șoarecele de casă (*Mus musculus*, Linneus, 1758) este un rozător mic, originar din regiunea Palearctică. Datorită asocierii strânse cu activitățile umane, a ajuns să fie răspândit pe toate continentele, cu excepția Antarcticii [13]. În Republica Moldova acest rozător este răspândit pretutindeni și se deosebește de alte specii de șoareci printr-o plasticitate ecologică înaltă, care se manifestă prin diversitatea extrem de variată a habitatelor și schimbarea lor în funcție anotimpuri. Este o specie adaptată la condițiile de casă, depozite, magazine, garaje și subsoluri, iar în condiții naturale populează diferite agroecozisteme, sectoare cu plante ruderales, perdele forestiere, poiene, plaiurile din bălțile râurilor, stoguri și clăi de paie [10; 12]. Cauzează daune economice în agricultură, distrugând culturile și contaminarea produselor stocate [8]. Este considerat o gazdă vector de agenți patogeni [8; 11; 14; 18] cu impact zoonotic (165 prioni și virusuri, 43 fungi, 269 bacterii și rickettsii, 43 protozoare, 278 helminți), periculoși pentru sănătatea omului și animalelor domestice [18].

Având în vedere faptul că șoarecele de casă este o specie sinantropică și contactează frecvent cu omul și animalele domestice, facilitează astfel transmiterea agenților patogeni zoonotici, iar din aceste considerente

cercetările parazitologice la rozătoare mici prezintă un interes deosebit, deoarece transformările antropice globale și locale au un impact considerabil asupra biodiversității ecosistemelor naturale și antropizate [22; 23].

Scopul acestei lucrări vizează studiul parazitologic în vederea identificării speciilor de helminți la **șoarecele de casă** (*M. musculus*).

Materiale și metode de cercetare

Rozătoarele mici au fost capturate din diferite ecosisteme naturale și antropizate ale Republicii Moldova. Capturarea rozătoarelor a fost efectuată prin amplasarea a 100 de capcane pentru animale vii, la distanța de 5 m una față de alta [15; 16]. Determinarea speciei de *M. musculus* a fost efectuată **în laboratorul de Vertebrate Terestre** al Institutului de Zoologie al USM, prin morfometria rozătoarelor mici capturate [15; 27].

Cercetările parazitologice au fost realizate în laboratorul de Parazitologie și Helmintologie al Institutului de Zoologie al USM. Rozătoarele colectate au fost supuse eutanasiei cu soluție de *Cloroformi pro narcosi*, care inhibă conductibilitatea la nivelul centrilor cardiaci, provocând instantaneu moartea ușoară fără suferință. Materialul a fost analizat folosind metodele parazitologice standard. Investigațiile de laborator au fost efectuate prin disecție totală a rozătoarelor și examenul microscopic al sistemului muscular (mușchii maseteri, brațelor, diafragmei) și organelor interne (trahee, pulmonii, cord, limba, esofag, stomac, intestin subțire, intestin gros, ficat, splină, rinichi, vezica urinară) în vederea stabilirii structurii helmintofaunei și determinării indicilor parazitologici. Stomacul, intestinul subțire, cecul și colonul au fost separate și deschise longitudinal, iar conținutul lor după spălările succesive a fost izolat în cutii *Petri* individual. Ficatul a fost examinat pentru identificarea larvelor de *Cestoda spp.* și *Capilaria hepatica*. Formele parazitare identificate au fost recuperate, numărate și păstrate în etanol 95%. Identificarea speciilor a fost efectuată pe criteriu morfologic după Рыжиков К. [25; 26]. Gradul de infestare cu *Capillaria hepatica* a fost determinat microscopic prin estimarea volumetrică a porțiunii de ficat afectat (+ constituie 25,0%, ++ – 50,0%, +++ – 75,0%, ++++ – 100%), între lamele compresorului.

Rezultate și discuții

Șoarecele de casă este o specie cu o distribuție globală largă și o prezență notabilă în Republica Moldova și servește drept gazdă (definitivă, intermediară) pentru un spectru larg de paraziți, incluzând ectoparaziți hematofagi, nematozi intestinali, cestozii și protozoare cu potențial zoonotic.

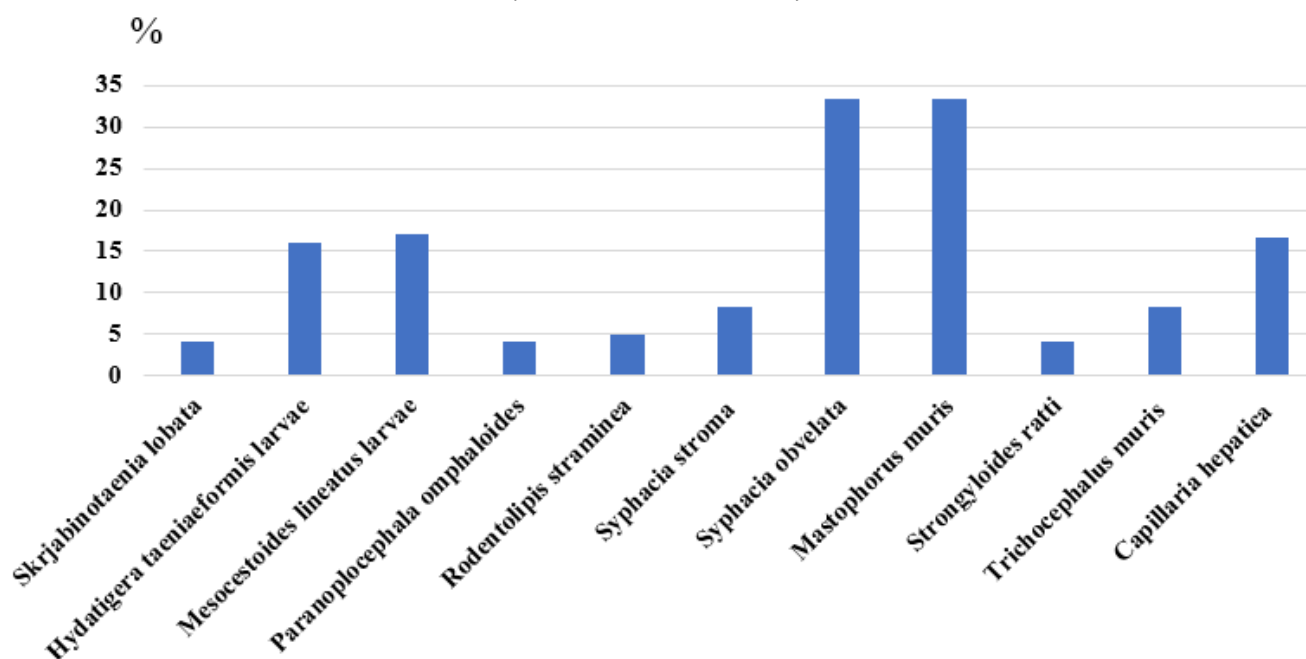


Figura 1. Prevalența speciilor de helminți la *Mus musculus*

Cercetările privind studiul diversitatea comunităților de paraziți la *M. musculus* a pus în evidență 11 specii de helminți (fig. 1). Din rezultatele obținute constatăm faptul că cele mai răspândite specii au fost *Mastophorus muris* și *Syphacia obvelata* avînd ambele o prevalență de 33,3%, urmate respectiv de *Mesocetoides lineatus larvae* – 17,0%, *Capillaria hepatica* – 16,7%, *Hydatigera taeniaeformis larvae* – 16,0%, *Syphacia stroma* – 8,3%, *Trichocephalus muris* – 8,3%, *Rodentolepis straminea* – 5,0%, *Skrjabinotaenia lobata* – 4,2%, *Paranoplocephala omphaloides* – 4,2%, iar *Strongyloides ratti* are prevalența de 4,2%.

Specia cea mai invazivă și cu cea mai înaltă intensitate este *Syphacia stroma* – 100,5 exemplare, urmată respectiv de *Syphacia obvelata* – 82,5 exemplare, *Strongyloides ratti* – 14,0 exemplare, *Mastophorus muris* – 3,3 exemplare, *Skrjabinotaenia lobata* – 2,0 exemplare, *Paranoplocephala omphaloides* – 1,0 exemplare, *Rodentolepis straminea* – 2,0 exemplare, *Trichocephalus muris* – 2,0 exemplare, *Hydatigera taeniaeformis larvae* – 1,0 exemplare, *Mesocetoides lineatus larvae* – 1,0, *Paranoplocephala omphaloides* – 1,0 exemplare, iar *Capillaria hepatica* avînd o intensitate medie (++) a ficatului.

Structura taxonomică a speciilor de helminți identificate la șoarecele de casă, se încadrează în 3 clase, 10 familii, 10 genuri și 11 specii. Din clasa Cestoda au fost identificate 5 specii (*Mesocetoides lineatus larvae* (*Tetrathyridium*), *Skrjabinotaenia lobata*, *Hydatigera taeniaeformis larvae* (*Strobilocercus fasciolaris*), *Paranoplocephala omphaloides*, *Rodentolepis straminea*) cu o pondere de 45,5%, 4 specii din clasa Secernentea (*Syphacia obvelata*, *Syphacia stroma*, *Mastophorus muris*, *Strongyloides ratti*) cu o pondere de 36,4%, iar 2 specii sunt din clasa Adenophorea (*Trichocephalus muris*, *Capillaria hepatica*) constituind 18,1% din totalul de specii identificate. Evaluând structura endoparazitismului constatăm o diversitate taxonomică bogată cu nivel de infestare și indicele invazional total sporit în proporție de 71,9% (gazde infestate).

Rezultatele cercetărilor efectuate în Republica Moldova la începutul anilor '60, denotă un nivel de infestare mai scăzut și variază în funcție de gazdă. unde nivelul infestării cu speciile din clasa Cestoda variază în funcție de gazdă. Astfel, speciile din clasa Cestoda au o prevalență după cum urmează: *P. omphaloides* la *Microtus arvalis* – 0,76%, *C. cricetorum* la *M. arvalis* – 1,51%, la *Clethrionomys glareolus* – 22,32%, iar *S. lobata* la *Apodemus flavicollis* – 4,37% și la *A. sylvaticus* – 2,67%. Unele specii din Nematoda cum ar fi *Heligmosomoides polygyrus* – la *A. flavicollis* constituia 0,95%, la *A. sylvaticus* – 1,06%, *Trichocephalus muris* la *A. sylvaticus* – 1,62%, iar la *Mus musculus* era de 2,5%. Cele mai abundente specii s-au dovedit a fi *Syphacia obvelata* la *A. flavicollis* cu intensitatea de 21,92% și *Syphacia stroma* – 10,47% [19; 20]. Lucrări mai recente descriu diferite specii parazitare identificate la mai multe specii de rozătoare. La gazda *A. flavicollis* prevalența cu *Mesocetoides lineatus* a fost înregistrată cu 4,0%, respectiv cu *Hydatigera taeniaeformis* – 8,0%, *Skrjabinotaenia lobata* – 8,0%, *Capillaria hepatica* – 12,0%, *Syphacia obvelata* – 32,0%, *Heligmosomoides polygyrus* – 8,0%, *Trichocephalus muris* – 24,0% [1]. Fauna helmintică la specia gazdă *A. sylvaticus* este constituită din următoarele specii: *Plaghiorchis elegans* – 10,7%, *Hydatigera taeniaeformis larvae* – 10,7%, *Skrjabinotaenia lobata* – 7,1%, *Taenia pisiformis larvae* – 3,57%, *Syphacia stroma* – 10,7%, *Syphacia obvelata* – 7,1%, *Heligmosoma polygyrus* – 3,57%, *Strongyloides ratti* – 3,57%, *Trichocephalus muris* – 14,2% [2]. Alte cercetări parazitologice efectuate la gazda *M. arvalis* denotă o prevalență cu *Paranoplocephala omphaloides* de 16,1%, respectiv cu *Rodentolepis straminea* – 19,3%, *Catenotaenia cricetorum* – 6,5%, *Skrjabinotaenia lobata* – 22,5%, *Capillaria hepatica* – 22,6%, *Syphacia stroma* – 16,1%, *Syphacia obvelata* – 38,7%, *Heligmosomoides polygyrus* – 19,4%, *Strongyloides ratti* – 12,9%, *Mastophorus muris* – 29,0% și cu *Trichocephalus muris* – 22,5% [3]. Speciile parazitare identificate la gazda *Myodes glareolus* denotă o prevalență cu *Mesocetoides lineatus larvae* – 14,0%, *Paranoplocephala omphaloides* – 10,3%, *Rodentolepis straminea* – 69,0%, *Hydatigera taeniaeformis larvae* – 10,3%, *Catenotaenia cricetorum* – 10,3%, *Skrjabinotaenia lobata* – 10,3%, *Taenia pisiformis larvae* – 13,7%, *Capillaria hepatica* – 27,5%, *Syphacia stroma* – 17,2%, *Syphacia obvelata* – 24,1%, *Heligmosomoides polygyrus* – 10,0%, *Strongyloides ratti* – 6,9%, *Mastophorus muris* – 17,2% și cu *Trichocephalus muris* – 17,2% [4].

Rezultate similare au fost relatate și în lucrările altor cercetători din țările vecine. În România, la 13 specii de rozătoare mici (*Crociodura leucodon*, *C. suaveolens*, *Sorex araneus*, *S. minutus*, *Neomys anomalus*,

Apodemus agrarius, *A. flavicollis*, *A. sylvaticus*, *A. uralensis*, *Microtus agrestis*, *M. arvalis*, *M. subterraneus*, *Clethrionomys glareolus*) s-au constatat 29 specii parazitare, dintre care: 3 specii (10,3%) din clasa Digenea, 14 specii (48,3%) din clasa Cestoda, 1 specie (3,5%) din clasa Acanthocephala și 11 specii (38,0%) din clasa Nematoda [6; 7]. În Ungaria, rezultatele investigațiilor parazitologice efectuate la *M. musculus*, denotă o prevalență a unor specii parazitare după cum urmează: *Trichocephalus muris* de 8,5%, *Heligmosomoides polygyrus* – 10,8%, *Syphacia obvelata* – 5,4%, iar *Syphacia stroma* – 0,2% [9]. În Rusia, parazitofauna la *Mus musculus* este constituită din 4 taxoni: 1 specie din clasa Cestoda (*Hydatigera taeniaeformis larvae* – 15,5%), 3 specii din clasa Nematoda (*Capillaria hepatica* – 6,5%, *Trichocephalus muris* – 5,0%, *Syphacia obvelata* – 3,3%) [24]. În altă lucrare științifică se relatează 4 specii parazitare (*Syphacia obvelata* 33,3%, *Aspicularis tetraptera* 33,3%, *Mastophorus muris* 33,3%, *Trichocephalus muris* 33,3%) identificate la *Mus musculus* [21].

Comparativ cu anii precedenți, rezultatele obținute denotă o majorare considerabilă a indicilor invazionali. Acest fapt se datorează, suprafețelor de pârloage cu condiții favorabile pentru dezvoltarea rozătoarelor mici. Totodată, sporirea considerabilă a numărului de vulpi de 7 – 8 ori [17], în hrana cărora predomină rozătoarele mici (70%), favorizează răspândirea formelor parazitare libere și poluarea poliparazitară a mediului ambiant. [5].

În acest context, monitorizarea parazitofaunei la rozătoarele mici în diferite arealuri are o importanță bioecologică, medicală și veterinară în prevenirea transmiterii agenților patogeni la om și alte animale implicate în ciclurile biologice ale paraziților motiv pentru care sunt necesare măsuri de diminuare a nivelului de infestare la animalele sălbatice.

Concluzii

1. Structura taxonomică a speciilor de helminți identificate la specia gazdă *M. musculus* (Linneus, 1758), este încadrată în 3 clase, 10 familii, 10 genuri și 11 specii: inclusiv 5 specii din clasa Cestoda (*Skrjabinotaenia lobata*, *Hydatigera taeniaeformis larvae*, *Mesocestoides lineatus larvae*, *Paranoplocephala omphaloides*, *Rodentolepis straminea*) cu o pondere de 45,5%, 4 specii din clasa Secernentea (*Syphacia stroma*, *Syphacia obvelata*, *Mastophorus muris*, *Strongyloides ratti*) cu o cotă de 36,4% și 2 specii din clasa Adenophorea (*Trichocephalus muris*, *Capillaria hepatica*) constituind 18,1% din totalul de specii identificate.

2. Cercetările parazitologice la șoarecele de casă, au pus în evidență o prevalență cu specia *Skrjabinotaenia lobata* constituie – 4,2%, respectiv cu *Hydatigera taeniaeformis larvae* – 16,0%, *Mesocestoides lineatus larvae* – 17,0%, *Paranoplocephala omphaloides* – 4,2%, *Rodentolepis straminea* – 5,0%, *Syphacia stroma* – 8,3%, *Syphacia obvelata* – 33,3%, *Mastophorus muris* – 33,3%, *Strongyloides ratti* – 4,2%, *Trichocephalus muris* – 8,3%, iar cu *Capillaria hepatica* – 16,7%.

3. Evaluând structura endoparazitismului constatăm o diversitate taxonomică bogată și un nivel de infestare sporit, iar indicii invazionali total constituind 71,9% din gazdele infestate.

Bibliografie:

1. CHIHAI, O., ROMASHOV, B., ROMASHOVA, N., NISTREANU, V., LARIONA., ERHAN, D., TĂLĂMBUȚĂ, N., RUSU, Ș., SAVIN, A., SYTNIC, V. *Ecological features and diversity of helminth fauna of host species Apodemus flavicollis in Republic of Moldova. Actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity* Ediția 8-a, 2013. Conferința “Actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity” Chișinău, Moldova, 10-12 octombrie 2013. P. 40-41. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/40-41_1.pdf [Accesat: 21.02.2025]
2. CHIHAI, O., ERHAN, D., NISTREANU, V., LARION, A., ROMASHOV, B., ROMASHOVA, N., TALAMBUTA, N., RUSU, Ș., MELNIC, G., ZAMORNEA, M. *Helminth fauna of the rodent species Apodemus sylvaticus in the Republic of Moldova. Simpozion Internațional consacrat jubileului de 75 de ani al profesorului Andrei Munteanu “Valorificarea rațională și protecția diversității lumii animale”, 30-31 octombrie 2014. Chișinău, 2014. P. 131-132. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/131-132_8.pdf [Accesat: 21.02.2025]*

3. CHIHAI, O., ERHAN, D., TĂLĂMBUȚĂ, N., RUSU, Ș., NISTREANU, V., LARION A., MELNIC, G., ZAMORNEA, M., NAFORNIȚA, N., ANGHEL, T. *Parazitofauna șoarecelui de câmp (Microtus arvalis). The materials of the International Symposium „Actual problems of zoology and parasitology: achievements and prospects” dedicated to the 100th anniversary from the birth of academician Alexei Spassky, one of the founders of the Academy of Science of Moldova and of the Parasitological school of the Republic of Moldova*, 13 October 2017. Chisinau. 2017. P. 118. ISBN 978-9975-66-590-2. <https://zoology.md/sites/default/files/2020-09/Culegere-coperta-Simpozion-2017.pdf> [Accesat: 21.02.2025]
4. CHIHAI Oleg, ERHAN Dumitru, TĂLĂMBUȚĂ Nina, RUSU Ștefan, NISTREANU Victoria, LARION Alina, ZAMORNEA Maria, MELNIC Galina, NAFORNIȚĂ Nicolae, RUSU Vadim. *Evaluarea helmintofaunei la Myodes glareolus din Rezervația Naturală „Plaiul fagului” // Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2018, № 2 (335). P. 85-93. https://zoology.md/sites/default/files/2022-02/Culegere_Simpozion_Functional_Ecology_Animals_2018_165x240_DOI_compressed.pdf [Accesat: 21.02.2025]
5. CHIHAI, O., SAVIN, A., NISTREANU, V., LARION, A., RUSU, Ș., TĂLĂMBUȚĂ, N., ZAMORNEA, M., MELNIC, G., COȘCODAN, D. *Caracteristica epidemiologică a parazitofaunei la Vulpes vulpes (Linnaeus, 1758) din ecosisteme naturale și antropizate ale Republicii Moldova*. In: *Studia Universitatis Moldaviae, Seria „Științe Reale și ale Naturii”*. 2023, nr. 6 (166). P. 60 – 69. ISSN 1814-3237. https://natural.studiamsu.md/wp-content/uploads/2023/12/8_Chihai_et_al.pdf [Accesat: 21.02.2025]
6. CHIRIAC, E., BARBU, P. *Contribuții la cunoașterea helmintofaunei micromamiferelor din împrejurimile macinului (Dobrogea de Nord)*. Studii Cere. Biol. 1962. 14: 385-392.
7. CHIRIAC, E., BARBU, P. *Cu privire la helmintofauna unor micromamifere din R.P.R.* An. Univ. București, 1963. N. 12: P. 181-191.
8. GARRETSON, A. C., BLANCO-BERDUGO, L. A., DUMONT B. L. Mapping D. *Global Distribution of Mus musculus: Implications for Evolutionary Genetics*. BioRxiv preprint. Available: <https://doi.org/10.1101/2024.07.09.602589> [Accesat: 21.02.2025]
9. KRISKA, T. *Parasitic helminths of house mouse (Mus musculus) in Hungary*. *Miscellanea Zoologica Hungarica*, T. 8, 1993. P. 13-23.
10. LARION, A., CÎRLIG, T., NISTREANU, V., CALDARI, V., DIBOLSCAIA, N., BURLACU, V. *Diversity of mammal fauna from the area Cricova-Goian of Ichel River basin, Republic of Moldova*. In: *„Sustainable use and protection of animal world in the context of climate change”, X-th International Conference of Zoologists, dedicated to the 75th anniversary from the creation of the first research subdivisions and 60th from the foundation of the Institute of Zoology*, 16-17 September 2021. P. 328-333. ISBN 978-9975-157-82-7. Available: file:///C:/Users/Oleg%20Chihai/Downloads/Diversity_of_mammal_fauna_from_the_area_Cricova-Go.pdf [Accesat: 21.02.2025]
11. MESLIN, F. X., STOHR, K., HEYMANN, D. *Public health implications of emerging zoonoses*. *Revue Scientifique et Technique*. 2000. Vol. 19. Nr. 19. P. 310-317. <http://dx.doi.org/10.20506/rst.19.1.1214> [Accesat: 21.02.2025]
12. MUNTEANU, A., LARION, A., SAVIN, A., SÂTNIC, V., NISTREANU, V. *Distribuția biotopică și raportul speciilor Mus spicilegus și Mus musculus în agrobiocenoze*. In: *Simpozionul „Sustainable use and protection of animal world diversity” Chișinău, Moldova*, 30-31 octombrie 2014. P. 71-73. Available: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/71-73_2.pdf [Accesat: 21.02.2025]
13. MUSSER, G., HUTTERER, R., KRYŠTUFK, B., YIGIT, N. & MITSAIN, G. 2016. *Mus musculus*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T13972A115117618*. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T13972A22405706.en> [Accesat: 21.02.2025]
14. MUSTAPHA, T., DASKUM, A. M., MAJID, R. A. UNYAH, N. Z. *A Review on Rodent-borne Parasitic Zoonosis: Public Health Risk to Humans*. *South Asian Journal of Parasitology* 2 (4): 2019. P. 263-277. Available: <https://journalsajp.com/index.php/SAJP/article/view/47/93> [Accesat: 21.02.2025]
15. NISTREANU, V., SAVIN, A., ȚURCAN, V., LARION, A., PALADI, V., SÎTNIC, V. *Metode de cercetare în teren a faunei de vertebrate terestre. Indicație metodică*. Chișinău, F.E.-P. „Tipografia Centrală”, 2021, 64 p. https://zoology.md/sites/default/files/2022-02/Nistreanu%20s.a_Metode%20cercetare%20teren%20fauna%20vertebrate%20terestre_2021_0.pdf [Accesat: 21.02.2025]

16. PELIKAN, J., ZEJDA, J., HOLISOVA, V. *Influence of trap spacing on the catch size of dominant species of small forest mammals*. Zool. Listy, 1975, Tom 24, nr. 4, p. 313-324.
17. SAVIN, A., CAISÎN, V., GROSU, Gh. *Dinamica efectivelor și impactul unor prădători în ecosistemele Republicii Moldova. /Materialele Simpozionului International dedicate aniversării a 100 ani a Academici-anului Alexei Spassky*. 13 octombrie 2017, Chișinău, 2017. P 403-404. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/403-404_0.pdf [Accesat: 21.02.2025]
18. TAYLOR, L. H., LATMAN, S. M., WOOLHOUSE, E. J. *Risk factors for human disease emergence*. Philosophical Transactions of the Royal Society. B. 2001. Vol. 356. Issue 1411. P. 983-989. DOI: 10.1098./rstb.2001.0888. Risk factors for human disease emergence [Accesat: 21.02.2025]
19. АНДРЕЙКО, О. Ф. Гельминты млекопитающих / О. Ф. Андрейко // Природа заповедника Кодры. Кишинев, 1984. С. 163-169.
20. АНДРЕЙКО, О. Ф. Паразиты млекопитающих Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1973, 185 с.
21. ВЛАСОВ, Е. А. Гельминты диких млекопитающих центрально-черноземного заповедника (фауна, экология, патогенное значение) 03.02.11. – паразитология. ДИССЕРТАЦИЯ на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Курск, 2016. 167 С. <https://www.dissercat.com/content/gel-minty-dikikh-mlekovitayushchikh-tsentralno-chernozemnogo-zapovednika-fauna-ekologiya-pato> [Accesat: 21.02.2025]
22. КИРИЛЛОВА, Н. Ю., КИРИЛЛОВ, А. А. Эколого-фаунистический анализ гельминтов мышевидных грызунов Самарской Луки. В: Известия Самарского НЦ РАН, 2005, Спец. вып. 4, С. 261–275.
23. КИРИЛЛОВА, Н. Ю. Гельминтофауна млекопитающих самарской луки. Сообщение 3. Лесная мышь *Sylvaeetus uralensis (Linnaeus) (Rodentia, Muridae)* Самарская Лука. В: Проблемы региональной и глобальной экологии. 2012, Т. 21, № 4, С. 148-151.
24. РОМАШОВА, Н. Б. Экология и биоразнообразие гельминтов мышевидных грызунов в условиях островных лесов центрального Черноземья. Диссертация кандидата биологических наук, Ромашовы, Натальи Борисовны. Воронеж, 2003. 212 с. <https://www.dissercat.com/content/ekolo-giya-i-bioraznoobrazie-gelmintov-myshevidnykh-gryzunov-v-usloviyakh-ostrovnykh-lesov-ts> [Accesat: 21.02.2025]
25. РЫЖИКОВ, К. М., ГВОЗДЕВ, Е. В., ТОКОБАЕВ, М. М., ШАЛДЫБИН, Л. С., МАЦАБЕРИДЗЕ, Г. В., МЕРКУШЕВА, И. В., НАДТОЧИЙ, Е. В., ХОХЛОВА, И. Г., ШАРПИЛО, Л. Д. *Определитель гельминтов грызунов фауны СССР. Цестоды и трематоды*. Москва: Наука, 1978. 232 с.
26. РЫЖИКОВ, К. М., ГВОЗДЕВ, Е. В., ТОКОБАЕВ, М. М., ШАЛДЫБИН, Л. С., МАЦАБЕРИДЗЕ, Г. В., МЕРКУШЕВА, И. В., НАДТОЧИЙ, Е. В., ХОХЛОВА, И. Г., ШАРПИЛО, Л. Д. *Определитель гельминтов грызунов фауны СССР. Нематоды и акантоцефалы*. Москва: Наука, 1979. 272 с.
27. СОКОЛОВ, Е. В., КОТЕНКОВА, Е. В., ЛЮЛЯХИНА, С. И., *Биология домово́й и курганчиково́й мышей*. Москва: Наука, 1990. 208 с.

N. B.: Cercetările au fost efectuate în cadrul subprogramului: 010701, „Evaluarea structurii și funcționării lumii animale și ecosistemelor acvatice sub influența factorilor biotici și abiotici în contextul asigurării securității ecologice și bunăstării populației”.

Date despre autori:

Oleg CHIHAI, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5881-0722

E-mail: olegchihai@yahoo.com

Ștefan RUSU, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-3204-5436

E-mail: rusus1974@yahoo.com

Maria ZAMORNEA, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător.

ORCID: 0000-0001-8987-3390

E-mail: mariazamornea@gmail.com

Alina LARION, cercetător științific coordonator, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5313-4518

E-mail: alinalarion68@gmail.com

Nina TĂLĂMBUȚĂ, doctor în științe biologice, conferențiar universitar, Universitatea Liberă Internațională din Moldova.

ORCID: 0000-0003-3740-4335

E-mail: ntalambuta@ulim.md

Prezentat: 12.03.2025

CZU: 551.578.1:551.583(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_16](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_16)

IMPACTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE ASUPRA REGIMULUI PRECIPITAȚIILOR ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Rodica COJOCARI, Valentin RĂILEANU, Galina MÎNDRU,

Universitatea de Stat din Moldova

Schimbările climatice regionale, cauzate de încălzirea globală, se manifestă prin impactul lor asupra cantității și a regimului precipitațiilor atmosferice. Valorile principalelor elemente ale climei teritoriului Republicii Moldova suferă modificări regionale semnificative, îndeosebi cantitatea, intensitatea și regimul precipitațiilor. În acest studiu sunt utilizate scenariile modificărilor climatice, elaborate de Grupul Interguvernamental de Expertiză pentru Schimbări Climatice (IPCC), care de rând cu baza datelor de la cele 17 stații meteorologice din Republica Moldova, pentru anii 1986-2005, au servit la modelarea hărților pentru perioadele 2021-2040, 2041-2060 și 2081-2100. Rezultatele obținute denotă o scădere a cantităților de precipitații în sezonul cald și o majorare a acestora în sezonul rece. Astfel, schimbările climatice determină și vor continua să determine un regim spațio-temporal al căderii precipitațiilor tot mai variabil, accentuând riscurile de secetă în perioada de vegetație activă a culturilor.

Cuvinte-cheie: schimbări climatice, precipitații, scenarii RCP, adaptare, agricultură, resurse de apă.

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE PRECIPITATION REGIME IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Regional climate changes caused by global warming are manifested by the impact on the amount of precipitation. The Republic of Moldova, located in a variable climate zone, is facing regional changes in precipitation. In this study, using the climate scenarios developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and based on data from 17 meteorological stations for the period 1986-2005, maps were modeled for the periods 2021-2040, 2041-2060 and 2081-2100. The results obtained show a decrease in precipitation amounts in the warm season, and an increase in them in the cold season. Thus, climate change will determine a more variable precipitation regime in time and space, increasing the risks of drought during the period of active crop vegetation.

Keywords: climate change, precipitation, RCP scenarios, adaptation, agriculture, water resources.

Introducere

Schimbările climatice, prin fenomenul accentuat de încălzire, modifică valorile și regimul principalelor elemente meteorologice la nivel global, iar acest lucru are un impact direct și asupra cantității și a regimului spațio-temporal al precipitațiilor, generând perioade cu secete intense și îndelungate urmate de ploi torențiale [4, 5, 6, 7].

Teritoriul Republicii Moldova, din punct de vedere climatic, primește o cantitate medie multianuală de precipitații între 470 și 620 mm [1, 2]. De la an la an cantitatea anuală absolută de precipitații poate varia în limite destul de mari, de la 208 mm în anul 1928 la Comrat și până la 915 mm în anul 1912. Impactul schimbărilor climei la nivel regional, a determinat o schimbare în distribuția acestora. De exemplu, căderile de precipitații din anotimpul de vară cantitativ rămân același, doar că sunt distribuite spațial predominant sub formă de averse, ceea ce favorizează instaurarea secetei, cu afectarea ciclului de creștere al plantelor și formarea recoltei.

În studiul de față ne-am propus să stabilim impactul de durată a acestor schimbări asupra cantității de precipitații pentru teritoriul Republicii Moldova.

Metode și materiale aplicate

La baza studiului au stat bazele de date „CANTITATEA DE PRECIPITAȚII” de la 17 stații meteorologice, pentru perioada 1986-2005 (perioadă de referință) din arhiva Serviciului Hidrometeorologic de Stat.

Metodele de studiu au cuprins utilizarea scenariilor RCP (căi reprezentative de concentrare), elaborate de Grupul Interguvernamental de Experți asupra Schimbărilor Climatice (IPCC) [3]. Aceste modele de simulare climatică sunt esențiale în înțelegerea riscurilor și a impacturilor schimbărilor climatice. RCP-urile sunt etichetate cu numere care reprezintă cantitatea de radiație solară suplimentară (în wați pe metru pătrat, W/m^2), care ar putea apărea în atmosfera Pământului până în anul 2100, comparativ cu nivelurile preindustriale.

Modelarea cartografică a fost efectuată, cu utilizarea softului ArcGIS ce cuprinde modelele: RCP2.6 – scenariul cu emisii scăzute (limite stricte de emisii); RCP4.5 – scenariul cu emisii moderate și RCP8.5 – scenariul cu emisii mari (fără reducerea emisiilor), pentru 3 intervale de timp: 2021-2040, 2041-2060 și 2081-2100.

Pentru o mai bună înțelegere a efectelor schimbării climei, precipitațiile au fost analizate pentru 2 perioade: sezonul cald (perioada de creștere activă a vegetației) și sezonul rece (perioada când are loc acumularea pasivă a umidității în sol).

Rezultate obținute și discuții

Principala sursă pentru asigurarea culturilor agricole cu resurse de umiditate sunt precipitațiile atmosferice care infiltrându-se favorizează acumularea acestora la nivelul rădăcinilor și a apelor freatice.

Modelată cartografic cantitatea de precipitații pentru perioada de referință a sezonului cald (fig. 1) ne prezintă valori care oscilează între 267-501 mm (media fiind 384 mm), valori față de care vom raporta posibilele oscilații de viitor.

Modelele obținute pentru regimului precipitațiilor conform scenariul RCP2.6 (fig. 2), sunt mai puțin severe decât în scenariile de emisii mari și prezintă diferențieri spațiale ne semnificative.

Conform acestui scenariu cantitatea de precipitații pentru intervalele de timp net următor (2024-2040) și mediu (2041-2060) este în descreștere cu 10 mm și 6 mm corespunzător. Pentru perioada lungă de timp (2080-2100) se prognozează o creștere cu +2 mm a cantității de precipitații din sezonul cald.

Modelele climatice pentru scenariul RCP 4,5 sunt puțin mai pesimiste (fig. 3), pentru toate intervalele de timp stabilindu-se valori în descreștere a cantității de precipitații.



Figura 1. Cantitatea de precipitații căzute în sezonul cald (perioada de referință, 1986-2005)

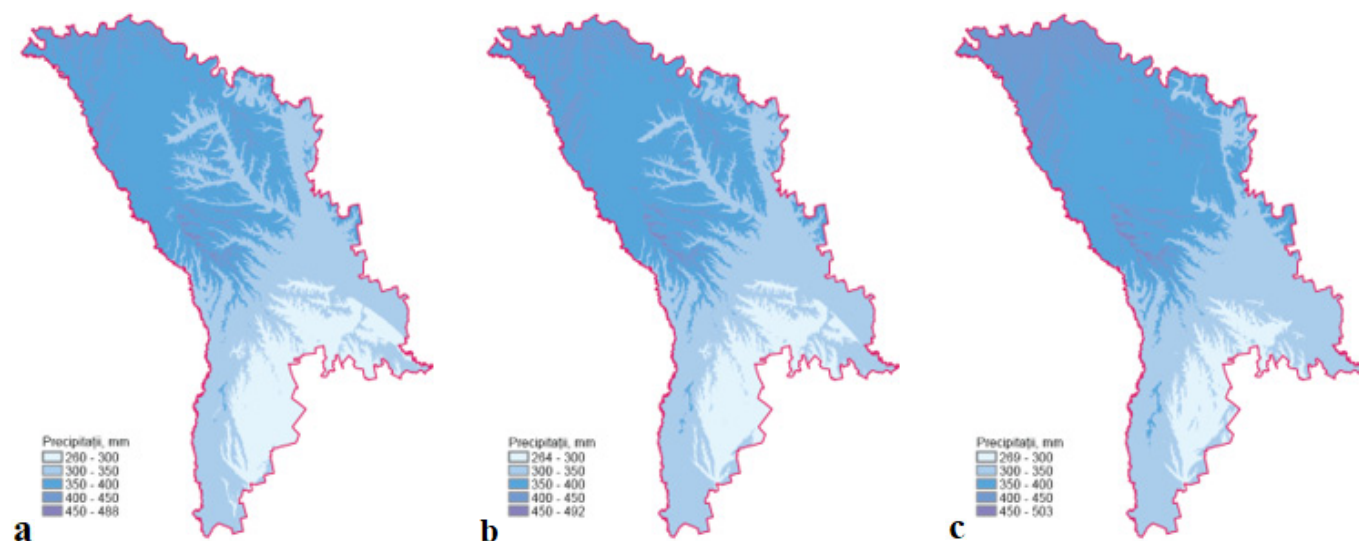


Figura 2. Cantitatea de precipitații modelată conform RCP 2.6 (a – 2021-2040, b – 2041-2060, c - 2080-2100)

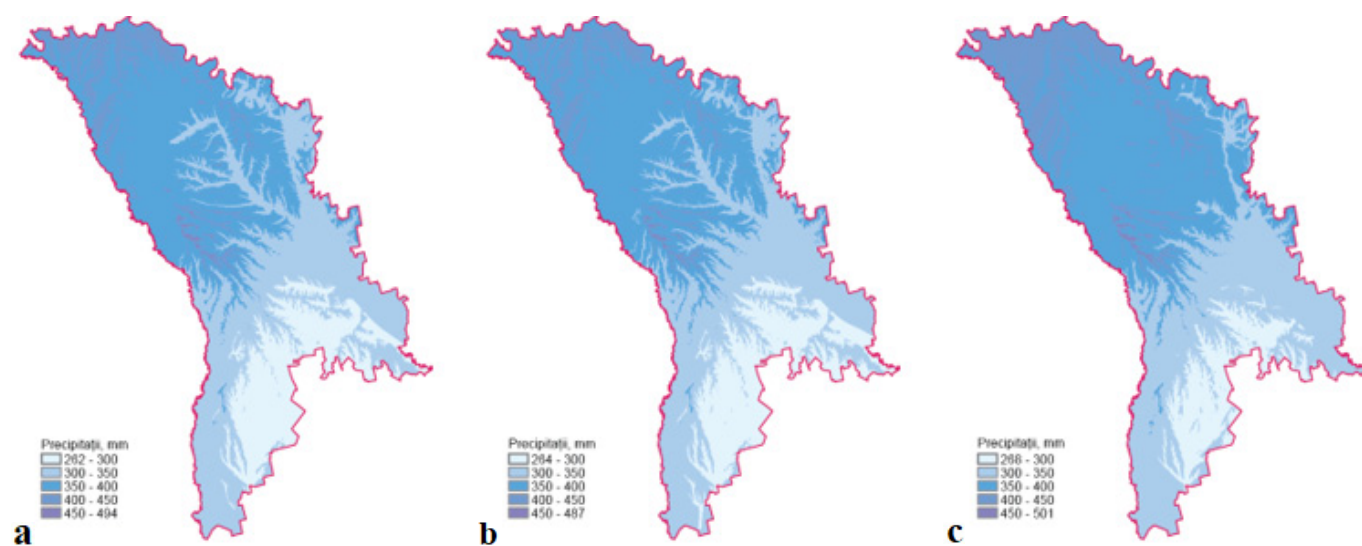


Figura 3. Cantitatea de precipitații modelată conform RCP4.5 (a – 2021-2040, b – 2041-2060, c – 2080-2100)

În intervalul 2024-2040 vor cădea cu 6 mm mai puține precipitații, față de perioada de referință, în perioada 2041-2060 vor cădea cu 14 mm mai puține și cu o diferență de 0 mm în perioada 2080-2100.

Conform celui mai pesimist scenariu RCP 8.5 pe teritoriul Republicii Moldova cantitatea de precipitații va prezenta oscilații între 249 – 515 mm (fig. 4).

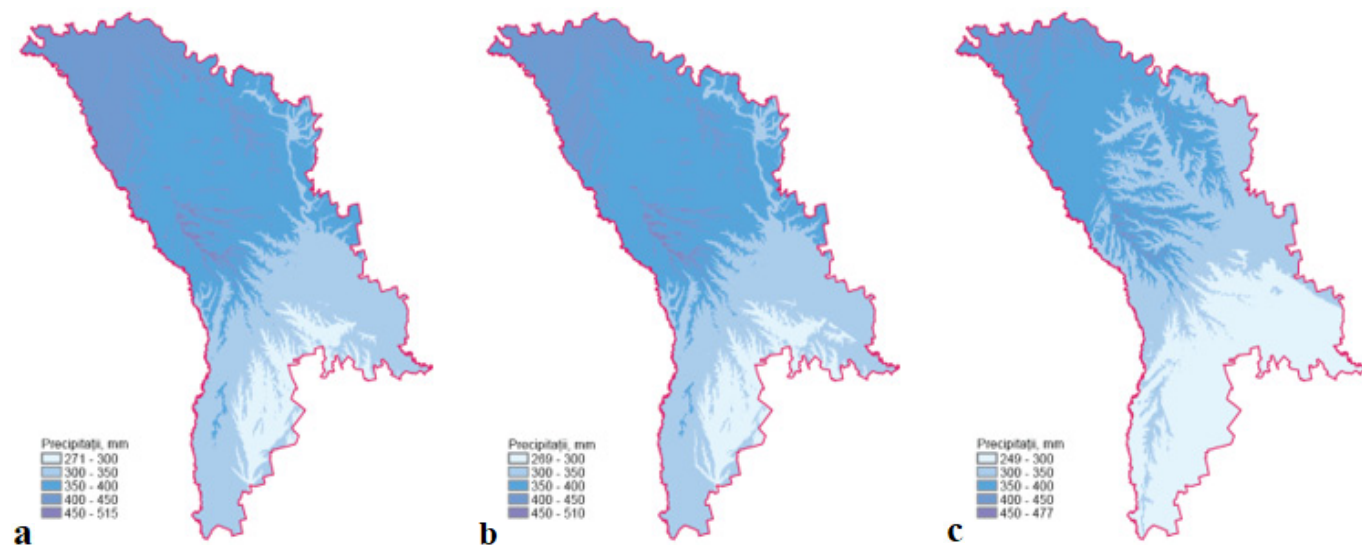


Figura 4. Cantitatea de precipitații modelată după RCP8.5 (a – 2021-2040, b – 2041-2060, c – 2080-2100)

Distribuite pe intervale de timp pentru primele 2 intervale (fig. 4 a și fig. 4 b) vom înregistra valori în creștere + 9 mm și + 2,5 mm. În perioada de lungă durată (fig. 4 c) se va stabili o insuficiență de - 21 mm.

Sezonul rece se va caracteriza prin oscilații pozitive ale cantității de precipitații (în toate scenariile și intervalele de timp) față de perioada de referință (fig. 5).

Astfel oscilațiile cantității medii de precipitații pentru RCP2.6 (fig. 6 a, b, c) vor fi cuprinse între +17,5 mm - +34 mm.

Limite mai mari de oscilație vor prezenta cantitățile medii de precipitații conform RCP4.5 (fig. 6 d, e, f) + 23 și +29 mm și conform RCP8.5 (fig. 6 g, h, i) +18 mm - +35 mm.

Valoarea medie anuală a cantității de precipitații din perioada de referință a constituit 618,5 mm.

Media anuală de precipitații pe fonul majorării cantităților din sezonul rece va fi în creștere (tab. 1) limitele de oscilație constituind $+4 - +26$ mm.

Modelele climatice pe măsură ce clima se schimbă prezintă o tendință generală a precipitațiilor de a deveni mai variabile în aspect spațial și imprevizibile în aspect temporal. Totodată menționăm faptul că suprapunând modelele pentru valorile temperaturii care prezintă o creștere constantă insuficiența de resurse de umiditate va deveni și mai vădită.

Tabelul 1. Valoarea medie a cantității de precipitații în aspect anual

	2024 - 2040	Δ	2041 - 2060	Δ	2080 - 2100	Δ
RCP 2.6	622	4	629	11	644	26
RCP 4.5	630	12	628	10	643	25
RCP 8.5	642	24	632	14	626	8

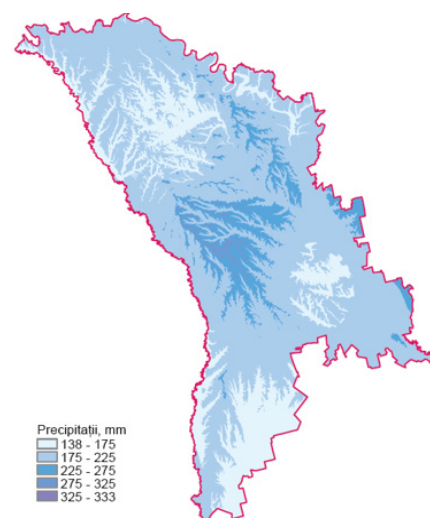
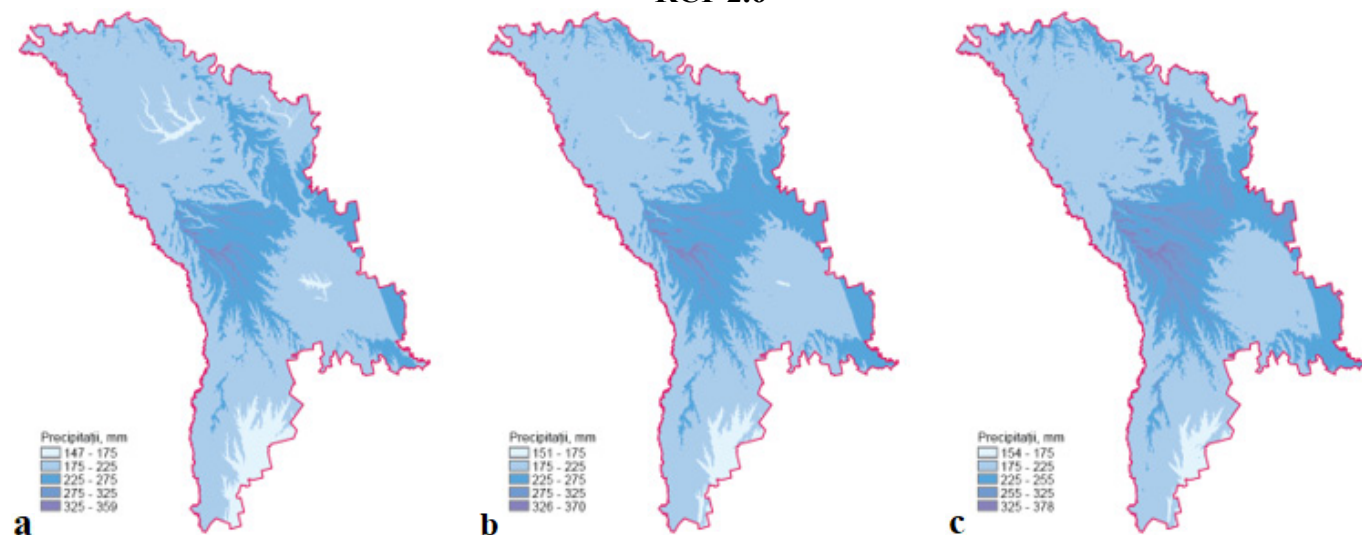
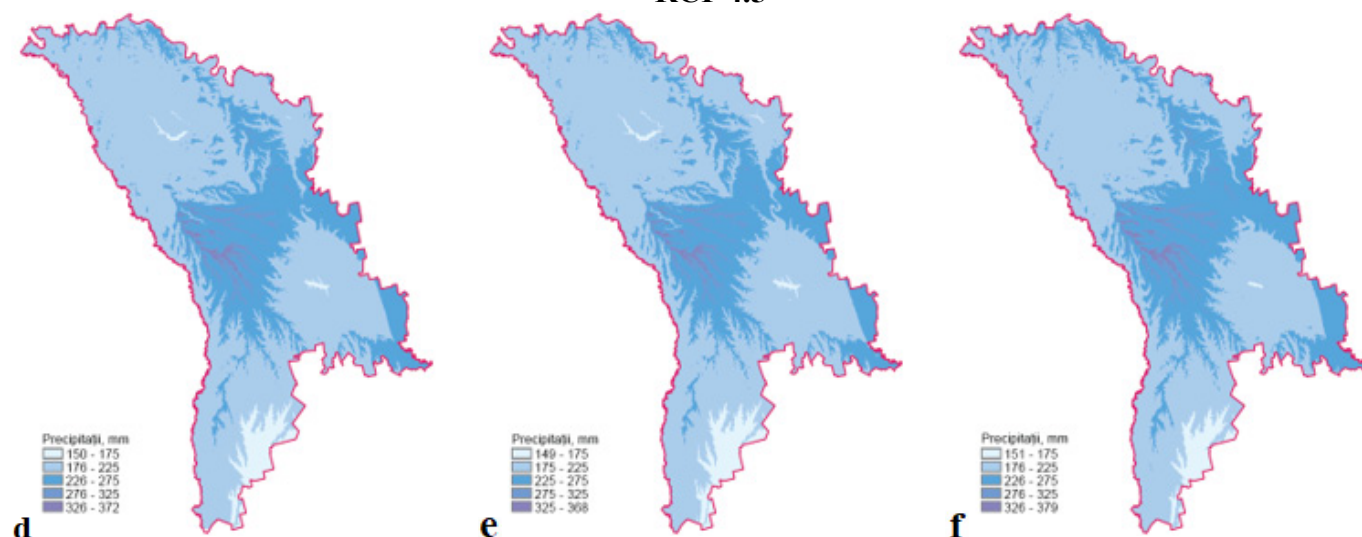


Figura 5. Cantitatea de precipitații căzute în sezonul rece (perioada de referință 1986-2005)

RCP 2.6



RCP 4.5



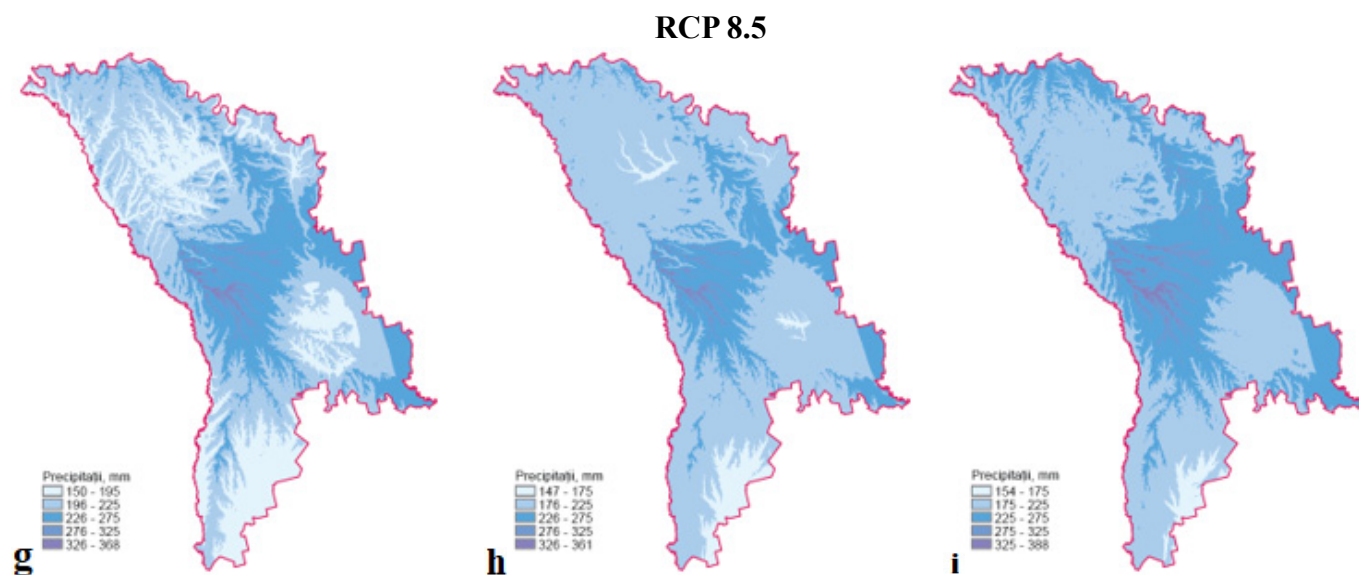


Figura 6. Modelarea cantității de precipitații conform scenariile RCP pentru diferite intervale de timp

Concluzii

Studiul privind efectele schimbărilor climatice asupra cantității și distribuției precipitațiilor în Republica Moldova sa bazat pe scenarii RCP. Conform acestor modelele teritoriul țării este destul de sensibil la schimbările din regimul de cădere al precipitațiilor. Analizând modelele pentru diferite perioade și scenarii, s-a constatat o scădere generală a cantității de precipitații în sezonul cald, în ciuda unor variabilități spațiale specifice. Acest lucru este în special adevărat în scenariile cu emisii moderate și ridicate (RCP4.5 și RCP8.5). Totuși, cel mai surprinzătoare sunt oscilațiile observate în anumite perioade de timp. Aceste schimbări vor determina o frecvență mai mare a perioadelor cu secetă în perioada de vegetație activă a culturilor agricole.

În contrast, în sezonul rece, modelele arată o tendință de creștere a cantității de precipitații. Cu toate acestea, având în vedere că valorile temperaturii la fel sunt în creștere, nu excludem instaurarea insuficienței de apă și în acest sezon.

Conform scenariilor RCP, efectele schimbărilor climatice sunt vizibile în tendințele de scădere a precipitațiilor pe termen lung, iar aceste modificări vor duce la un regim mai variabil și imprevizibil al precipitațiilor.

Bibliografie:

1. RĂILEANU, V., BEJAN, I.U., NEDEALCOV, M., et al. *Atlas - Schimbările climatice și starea actuală a peisajelor*. Ch.: „Impressum”, 2021. 100 p. ISBN 978-9975-62-439-8. Informația a fost prezentată la Conferința „Schimbările climatice și sănătatea solului”.
2. *Atlas Republica Moldova: Factorii naturali și antropici de risc* / Institutul de Ecologie și Geografie. - Chișinău: S.n, 2020 (Tipogr. „Impressum”). – 104 p, ISSN 978-9975-3308-6-2
3. <https://interactive-atlas.ipcc.ch/regional-information> (Accesat 9 ianuarie 2025)
4. CHENDEȘ, V., CORBUȘ, C., BOJARIU, R., MĂTREĂȚĂ, M., PREDA, A. *Scenarii privind schimbările climatice și impactul asupra resurselor de apă Hidrotehnica* Vol. 69 22 martie 2024 p. 41-2
5. https://www.researchgate.net/publication/381432610_Scenarii_privind_schimbarile_climatice_si_impactul_asupra_resurselor_de_apă
6. CONSTANTIN, Dana Maria (Oprea), IONAC, N., MARINICĂ, I. VĂTĂMANU, V. V., MARINICĂ, A. F., GRIGORE, E., BOGAN, E. ONȚEL, I. *The Agro-Climatic Resources of the Year 2015 and their Impact on the Agricultural Crops in the South – West of Romania, Scientific Papers Series “Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development”, Vol. 19, Issue 2, 2019 PRINT ISSN 2284-7995, E-ISSN 2285-3952, pag. 81-91. http://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.19_2/Art11.pdf*

7. PITICAR, A., MIHĂILĂ, D., LAZURCA, L. G., BISTRICEAN, P.I., PUȚUNTICĂ, A., BRICIU, A. E. *Spatiotemporal distribution of reference evapotranspiration in the Republic of Moldova Theoretical and Applied Climatology* 124, Volumul 124 p. 1133-1144. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-015-1490-2>
8. AMIHĂEȘEI, VA., MICU, DM., CHEVAL, S., DUMITRESCU, A., SFÎCĂ, L., BÎRSAN MV *Changes in snow cover climatology and its elevation dependency over Romania (1961–2020) Journal of Hydrology: Regional Studies* 51, 101637 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581823003245>

N. B.: Studiul a fost realizat în cadrul Subprogramului „010801 Sporirea securității ecologice și rezilienței ecosistemelor la modificările actuale de mediu”. Rezultatele cercetărilor au fost prezentate în cadrul conferinței „Schimbările climatice și sănătatea solului”.

Date despre autori:

Rodica COJOCARI, doctor în științe geonomice, șef de laborator, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-4560-7709

E-mail: rodica.cojocari78@gmail.com

Valentin RĂILEANU, doctor în științe fizice, cercetător științific coordonator, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-2000-8216

E-mail: valentinraileanu11@yahoo.com

Galina MÎNDRU, doctor în științe geonomice, cercetător științific superior, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0009-6679-6113

E-mail: mindru.galina@mail.ru

Prezentat: 04.03.2025

CZU: 619:616.728.2:636.7

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_17](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_17)

ASPECTE ANATOMO-TOPOGRAFICE ALE ARTICULAȚIEI COXO-FEMURALE LA CÂINE

Antonina DUMITRIU,*Universitatea Tehnică a Moldovei*

Studiul anatomico-topografic al articulației coxo-femorale la câini, reprezintă o importanță majoră pentru medicii veterinari, crescători de câini și biologi, vizând structurile anatomice de susținere și mișcare. Articulația șoldului, este susținută de mușchi robusți (cu inserție coxo-femurală), permite flexie-extensie, adducție și rotație, dar este vulnerabilă la modificări morfologice, influențând sănătatea câinelui, inclusiv în displazia coxofemurală sau bolile degenerative post-luxație. În cadrul studiului, au fost analizate 18 cadavre (36 membre pelvine) prin disecție pe material proaspăt/formolizat. În urma analizei structurilor ligamentare ale articulației coxo-femorale, am observat că *Ligamentum capitis ossis femoris* nu se limitează la aderarea exclusivă la *Fossa acetabuli*. Acesta aderă, de asemenea, la *Ligamentum transversum acetabuli* care este completat de un „ligament accesoriu puternic”. Acest ligament suplimentar se extinde în direcție caudală, fixându-se pe creasta acetabulară prin incizură și continuându-se extracapsular pe suprafața cranioventrală a corpului ischiului.

Cuvinte-cheie: articulație coxo-femurală, ligament, inserție, topografie, câine.

ANATOMO-TOPOGRAPHICAL ASPECTS OF THE COXO-FEMORAL JOINT IN THE DOG

The anatomico-topographic study of the coxofemoral joint in dogs is of major importance for veterinarians, dog breeders and biologists, targeting the anatomical structures of support and movement. The hip joint, is supported by the coxofemoral muscles, allows flexion-extension, but is vulnerable to morphologic changes, influencing the health of the dog, including in coxofemoral dysplasia or post-dislocation degenerative diseases. In the study, 18 cadavers were analyzed (36 pelvic limbs) by dissection on fresh/formolized material. Upon analyzing the ligamentous structures of the coxo-femoral joint, we observed that the *ligamentum capitis ossis femoris* is not limited to exclusive adherence to the *Fossa acetabuli*. It also adheres to the *ligamentum transversum acetabuli* which is supplemented by a “strong accessory ligament”. This additional ligament extends in a caudal direction, attaching to the acetabular crest through the incision and continuing extracapsularly on the cranioventral surface of the body of the ischium.

Keywords: coxo-femoral joint, ligament, insertion, topography, dog.

Introducere

Posibilitatea realizării unui studiu anatomico-topografic, orientat spre determinarea indicilor morfometrici legați de creșterea și stabilizarea componentelor aparatului de susținere și mișcare din regiunea coxo-femurală la câine, reflectă interesul medicilor veterinari, proprietarilor de canise, precum și al specialiștilor din domeniul biologiei mamiferelor.

În comparație cu alte articulații ale membrului pelvin, articulația coxo-femurală este înconjurată și susținută de grupe musculare robuste, care își au originea pe osul coxal și se inseră pe extremitatea proximală a osului femur [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Structura și funcționalitatea articulației șoldului la câine pot fi influențate încă din primele stadii ale vieții, având un impact semnificativ atât asupra bunăstării animalului, cât și asupra proprietarilor acestuia [10].

Grație formei sferoidale a suprafețelor articulare, chiar și cele mai mici modificări morfologice pot provoca schimbări semnificative în presiunile exercitate asupra acestora, afectând funcționalitatea articulațiilor câinelui pe termen lung. În plus, orice modificare morfologică persistentă, chiar și după intervenția chirurgicală pentru luxația de șold, poate avea repercusiuni importante în perioada adultă, contribuind la apariția unor boli degenerative [11, 12, 13, 14, 15, 16].

Articulația coxofemurală canină (*articulatio coxae*) este o articulație sferoidală tipică, sinovială, de tip diartroză [17, 1, 15]. Suprafața sa articulară este formată de *caput ossis femoris* ce prezintă o fosetă ligamentară *fovea capitis*, acetabulum cu arii articulare și fosa acetabulară (*fossa acetabuli*); sprânceana cavității acetabulare cu un burelet fibrocartilaginos acetabular (*labrum acetabulare*), care mărește suprafața de contact și care sare peste incizura acetabulară formând *ligamentum transversum acetabuli* [4, 8, 9].

Ca mijloace de legătură ale structurilor intra-articulare, ligamentele pericapsulare (menționate de puțini autori) includ: *ligamentum iliofemorale* – fixat pe porțiunea cranială a capsulei articulare; *ligamentum ischiofemorale* – cu fixare pe porțiunea caudală a capsulei articulare și *ligamentum pubofemorale* – situat pe porțiunea ventrală a capsulei articulare. Acestea sunt structuri de țesut moale, derivate din capsula articulară sub forma unor fascicule fibroase, având rolul de a asigura conexiunea dintre suprafețele osoase [18, 19, 4, 8, 9].

Din perspectiva clinică, articulația șoldului canin, împreună cu toate structurale sale adiacente, joacă un rol esențial în afecțiunile ortopedice la câini, cum ar fi displazia coxofemurală [2, 15].

Totuși, ligamentul capului femural, cunoscut oficial sub denumirea de *Ligamentum capitis ossis femoris* conform nomenclurii NAV [4], este descris în mod ambiguu, reflectând informații de ordin general. Situat în interiorul capsulei articulare, care se remarcă prin rezistența sa considerabilă, acest ligament are forma unui con trunchiat, cu baza mai largă fixată pe osul coxal și baza mai îngustă pe femur, conectând fosa acetabulară cu fovea capului femural [20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27].

Rolul său este semnificativ, în special în perioada de creștere, când acționează ca o „punte” pentru vasele de sânge, iar ulterior contribuie nu doar la susținerea articulației, ci și la limitarea mișcărilor excesive [18]. Caracterizat printr-o elasticitate notabilă, ligamentul poate suferi alungiri sau îngroșări, ceea ce poate duce la hipertrofie [28], fiind, de asemenea, susceptibil la rupturi parțiale sau totale [24, 27].

Numeroase lucrări de specialitate detailează traiectul și punctele de inserție ale ligamentului capului femural, care își are originea în fosa acetabulară, traversează creasta acetabulară (*incisura acetabuli*) și se fixează în fovea capului femural [26]. Acesta prezintă ramificații care se împletesc cu ligamentul transvers al acetabulului, formând o atașare extinsă, cu aspect de evantai, la nivelul acetabulului [1, 30, 3]. Ligamentul capului femural se distinge ca o structură complexă, conținând țesut adipos și vase de sânge, și manifestă variații importante ale inserțiilor în funcție de speciile animale, precum și un număr diferit de fascicule legate de mișcările de rotație ale șoldului [31].

În urma acestei analize succinte a literaturii, am identificat multiple descrieri incorecte ale componentelor ligamentare, generând contradicții și confuzii. Informațiile neclare au un impact semnificativ, obstruționând clarificarea mecanismelor etiopatogenice ale afecțiunilor articulației coxofemorale la câini. Obiectivul studiilor a fost obținerea unei cunoașteri detaliate a anatomiei topografice a ligamentelor legate de articulația șoldului, pentru a înțelege mai bine importanța funcționalității articulației coxofemorale.

Material și metode

Cercetarea a fost realizată în laboratorul de Morfologie și Morfopatologie al Departamentului Siguranța Alimentelor și Sănătate Publică din cadrul Facultății Medicină Veterinară, Universitatea Tehnică a Moldovei, în colaborare cu diferite clinici veterinare din orașul Chișinău. În calitate de material de cercetare au servit cadavre de câini, de rasă și metiși, de sex și vârste diferite, disecția anatomică și studiul morfometric a regiunii coxo-femorale la câine a fost realizat pe material proaspăt sau formolizat.

În total, au fost examinate 18 cadavre de câini, ceea ce a rezultat în 36 de obiecte de studiu, luând în considerare simetria membrelor pelvine. Acestea au fost obținute prin disecție macroscopică detaliată, urmând tehnica descrisă de Vorobiov V. P. [32], iar piesele anatomice au fost fixate în soluție de formol 10% timp de câteva zile, permițând evidențierea organizării morfofuncționale a structurilor articulației șoldului la câini. Pentru a preveni expunerea la vaporii toxici de formol, cu câteva zile înainte de prelucrare, soluția de conservare a fost înlocuită conform metodei propuse de Berne B. [33]. Prepararea acestei soluții a presupus respectarea următoarelor proporții: 3 000 ml apă, 1500 ml alcool etilic, 500 ml glicerină și 150 ml formalină (soluție mamă) [33]. Înainte de inițierea propriu-zisă a cercetării, speciile anatomice au fost clătite sub un jet continuu de apă.

Rezultate și discuții

Din punct de vedere anatomo-topografic, regiunea coxofemurală cuprinde o structură osoasă de bază, suprafețe articulare susținute de ligamente, precum și elemente de legătură intra- și extra-articulare, acestea din urmă fiind reprezentate de masa musculară. Numărul limitat de ligamente articulare conferă articulației o flexibilitate remarcabilă și o amplitudine sporită a mișcărilor la câini.

Mijloacele de conectare sunt constituite din două structuri ligamentare principale: capsula articulară și ligamentul capului femural. Capsula articulară are o structură simplă, lipsită de întărituri specifice, fiind alcătuită din fibre circulare în stratul profund și fibre longitudinale la suprafață. În poziție fiziologică, cea mai mare parte a capsulei se află sub tensiune. Partea cranială a capsulei articulare este protejată de un mușchi articular de dimensiuni reduse. Alți mușchi care contribuie la tensionarea capsulei includ:

- dorsal – mușchiul gluteu profund;
- ventral – mușchiul obturator intern;
- caudal – mușchii gemeni;
- cranio-medial – mușchiul iliopsoas.

Pe lângă disecția mușchilor din regiunea șoldului, realizată de la suprafață spre profunzime, a fost investigată și structura articulațiilor coxofemorale. Oasele ischium și pubis se întâlnesc în plan median la nivelul simfizei pelvine, o zonă care s-a dovedit extrem de dificil de disecat la exemplarele senile.

Articulația sacroiliacă este concepută mai degrabă pentru a asigura stabilitate decât pentru a facilita mobilitatea. La cadavrele câinilor adulți, majoritatea suprafețelor articulare erau conectate prin fibrocartilaj, înconjurat de cartilaj hialin și impregnat cu lichid sinovial.

Articulația șoldului, de tip sferoidal, permite în principal mișcări de flexie și extensie. Aceste mișcări sunt restricționate de acțiunea antagonistă a mușchilor rotatori mediali și laterali. Capsula articulară poate fi observată de la nivelul colului femural până la marginea periferică a buzei acetabulare.

Odată cu îndepărtarea capsulei articulare, ligamentul capului femural a devenit vizibil, permițând studierea sa anatomică. Ligamentul transvers al acetabulului a fost ulterior excizat pentru a facilita o vizualizare mai clară a punctelor de inserție și a continuității ligamentului capului femural. În final, la speciemenle conservate, ligamentul capului femural a fost disecat cu grijă, ceea ce a permis o analiză detaliată a orientării sale spre inserții și a structurii fasciculelor sale (figurile 1, 2).

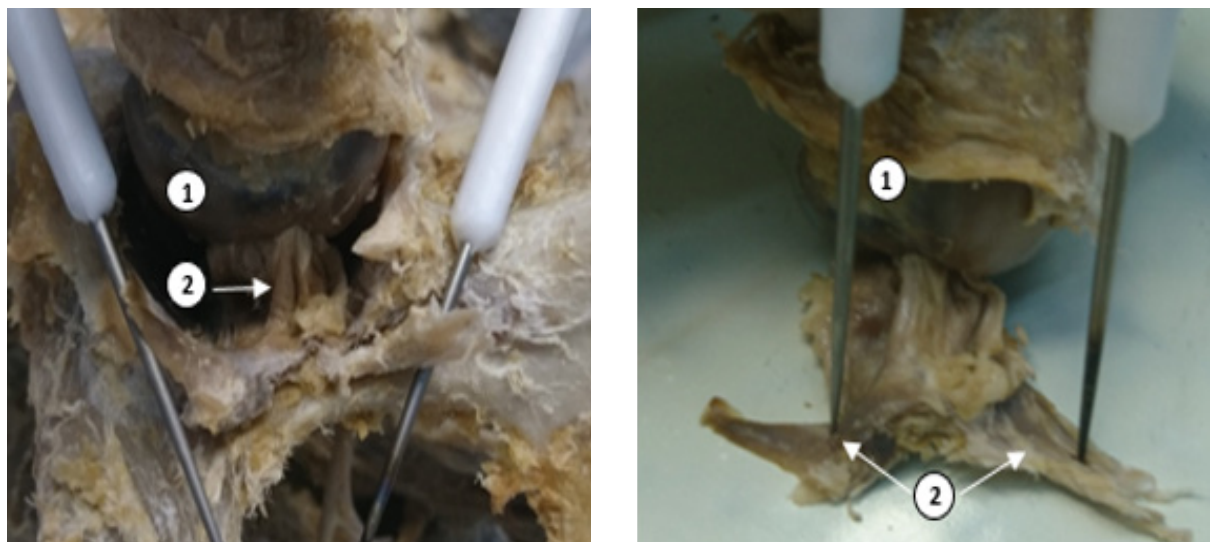


Figura 1. Articulația coxo-femurală la câine (macropreparat formolizat)

Notă: 1 – caput ossis femoris; 2 – Ligamentum capitis ossis femoris cu inserție extracapsulară, cranio-ventrală pe corpul ischiumului. Piese confecționate de A. Dumitriu.

Ligamentul capului femural își are originea în fovea capului femural și include o cantitate variabilă de țesut adipos. Porțiunea sa laterală, care se fixează pe fovea capului femural, are o formă cilindrică

și pare a fi constituită dintr-un singur fascicul. Pe măsură ce avansează spre acetabul, ligamentul se divide, formând mai multe fascicule parțial unite, care se ancorează în fosa acetabulară, de-a lungul marginii dorsale a ligamentului transvers al acetabulului (figura 2), precum și la baza prelungirii caudale a crestei acetabulare, extinzându-se extracapsular pe suprafața cranioventrală a corpului osului ischium.

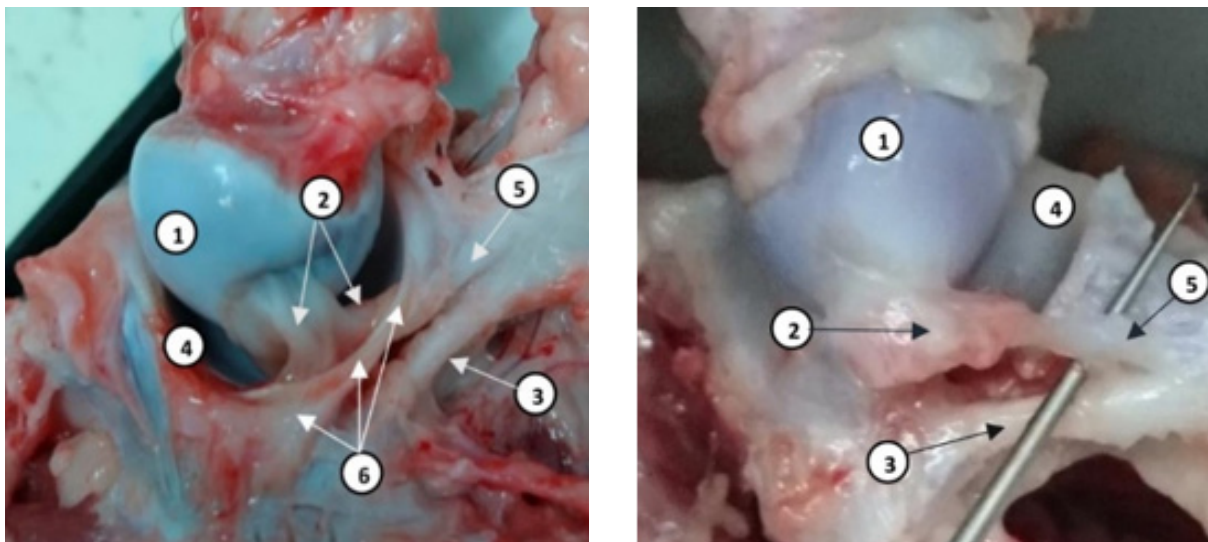


Figura 2. Articulația coxo-femurală la câine (macropreparat proaspăt)

Notă: 1 – caput ossis femoris; 2 – Ligamentum capitis ossis femoris cu inserție extracapsulară, cranioventrală pe corpul ischiumului; 3 – porțiunea ischio-pubiană a pelvisului; 4 – fosa acetabuli; 5 – inserția extracapsulară a ligamentum capitis femoris; 6 – ligamentum transversum acetabuli. Piese confecționate de A. Dumitriu.

Ligamentul capului femural se dovedește a fi o structură complexă, așa cum evidențiază și studiul comparativ efectuat de Canillas, F. și alții (2011) [31]. Aceștia au arătat că, la diverse specii – incluzând amfibieni, reptile, păsări și mamifere – ligamentul manifestă variații semnificative nu doar la nivelul inserțiilor, ci și în ceea ce privește numărul fasciculelor sale.

În urma analizei structurilor ligamentare ale articulației coxofemorale, am observat că *Ligamentum capitis ossis femoris* nu se limitează la aderarea exclusivă la *Fosa acetabuli*, așa cum este frecvent descris în literatura de specialitate. Acesta aderă, de asemenea, la *Ligamentum transversum acetabuli* care este completat de un „ligament accesoriu puternic” (menționat și de Casteleyn C. et al., 2015) [3]. Acest ligament suplimentar se extinde în direcție caudală, fixându-se pe creasta acetabulară prin incizură și continuându-se extracapsular pe suprafața cranioventrală a corpului osului ischium (fig. 3).

Asemănător rezultatelor obținute de autorii Casteleyn, C. și alții, 2015 [3], ligamentul capului femural nu este unica structură care se atașează doar de fosa acetabulară, așa cum este în general acceptat, ci aderă, de asemenea, la ligamentul acetabular transvers și este completat de un „ligament accesoriu puternic” care se îndreaptă în direcția caudală pentru a se atașa de creasta acetabulară și care se extinde pe suprafața cranio-ventrală a corpului ischiumului. Din multitudinea surselor bibliografice, am încercat să concretizăm, în ordine cronologică, descrierea ligamentului capului femurului de autori (tabelul 1).

În concordanță cu observațiile raportate de Casteleyn, C. și aliații (2015) [3], ligamentul capului femural nu se limitează la fixare exclusiv pe fosa acetabulară, așa cum se consideră în mod obișnuit. Acesta aderă, de asemenea, de ligamentul acetabular transvers și este completat de un „ligament accesoriu puternic” care se extinde în direcție caudală, cu atașare pe creasta acetabulară și continuându-se pe suprafața cranioventrală a corpului osului ischium. Pe baza numeroaselor surse bibliografice consultate, am încercat să sistematizăm, în ordine cronologică, descrierile ligamentului capului femural oferite de diverși autori (tabelul 1).

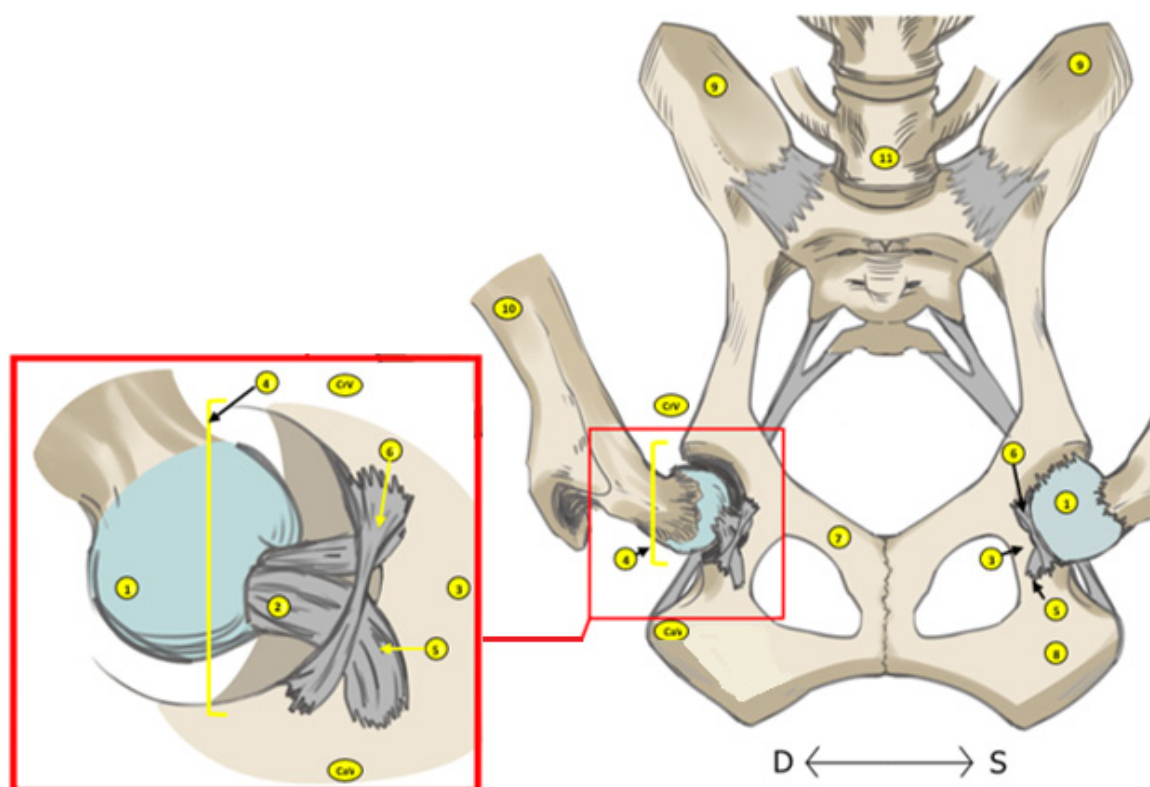


Figura 3. Particularități structurale ale articulației coxo-femorale la câine. Schemă, după A. Dumitriu

Legendă: 1 – caput ossis femoris, 2 – Ligamentum capitis ossis femoris cu inserție extracapsulară, cranio-ventrală pe corpul ischiului, 3 – porțiunea ischio-pubiană a pelvisului, 4 – fossa acetabuli, 5 – inserția extracapsulară a lig. capitis femoris, 6 – ligamentum transversum acetabuli, 7 – os pubis, 8 – os ischii, 9 – os ilium, 10 – os femoris, 11 – L7, CrV – cranioventral, CaV – caudoventral.

Tabel 1. Descrierea Ligamentum teres femoris la câine de diverși autori, în ordine cronologică

Nr.	Anul	Autori	Descrierea lig. capului femural
1	1975 1994 2004 2005 2010	Sisson, S., 1953, 1975; Anderson, W., 1994; Liebich, H.G. și col., 2004; Salomon, F., 2005; Dyce, K.M. și col., 2010.	Ligamentul, poziționat în interiorul capsulei articulare, asigură conexiunea dintre fosa acetabulară și fovea capului femural.
2	1986 2009	Nickel, R.A. și col., 1986; Liebich, H.G, și col., 2009.	Ligamentul capului femural își are originea în fosa acetabulară, traversează creasta acetabulară (<i>Incisura acetabuli</i>) cu fixare în fovea capului femural.
3	2004 2010	Evans, H. de Lahunta, A., 2010; Adams, D.R., 2004.	Ramurile ligamentului capului femural se împletesc cu ligamentul acetabular transvers, formând o atașare extinsă, cu aspect de evantai, la nivelul acetabulului.
4	2000	Barone, R., 2000;	Consemnează prezența unui ligament accesoriu ce se îndreaptă spre creasta acetabulară, în direcția ligamentului transvers acetabular, și iese din creasta acetabulară la nivelul marginii craniene.

5	2002	Budras, K.D. și Reese, S., 2002.	Ilustrează atașamentul și direcția ligamentului capului femural, care are o direcție caudală, la nivelul crestei acetabulare pentru a se atașa la coxal înafara articulației șoldului.
6	2015	Casteleyn, C. și col., 2015.	Evidențiază existența unui „ligament accesoriu” robust alături de ligamentul capului femural în articulația șoldului, fixat pe suprafața cranioventrală a corpului osului ischium.

Concluzii

Studiul a evidențiat că articulația șoldului la câini, este o structură complexă cu variații morfologice, esențială pentru mobilitate și acțiune, dar sensibilă la modificarea stabilității, ce pot duce la afecțiuni ortopedice precum displazia coxo-femurală.

Rolul ligamentului capului femural nu se limitează la conectarea fosei acetabulare cu fovea capului femural, ci se întinde cu ligamentul transvers acetabular și este completat de un „ligament accesoriu” puternic, extins extracapsular spre ischium, demonstrând o organizare mai complexă decât cea descrisă tradițional.

Descrierile contradictorii și ambigue din sursele bibliografice complică înțelegere etiopatogeniei patologiilor coxofemorale, subliniind necesitatea unor studii detaliate. Analiza anatomo-topografică a oferit date precise asupra structurilor ligamentare, dezvoltarea și cunoașterea funcționalității articulației și oferind o bază pentru viitoare investigații clinice și terapeutice.

Bibliografie:

- EVANS, H. E., A. de LAHUNTA. *Guide to the Dissection of the Dog*. 7th ed. Saunders Elsevier, 2010. p. 304. ISBN: 978-1-4377-0246-0.
- GINJA, M. M., SILVESTRE, A. M., GONZALO-ORDEN, J. M., FERREIRA, A. J. *Diagnosis, genetic control and preventive management of canine hip dysplasia: a review*. In: *Vet. J.* 2010, 184, pp. 269–276. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1090023309001506?via%3Dihub>
- CASTELEYN C., et al. *The Ligaments of the Canine Hip Joint Revisited*. In: *Anat. Histol. Embryol* [online]. 2015, 44, pp. 433-440. Disponibil: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25308720/>
- NOMINA ANATOMICA VETERINARIA, 6th ed. Published by the Editorial Committee Hanover (Germany), Ghent (Belgium), Columbia, MO (U.S.A.), Rio de Janeiro (Brazil), 2017. Disponibil: <https://www.wava-amav.org/wava-documents.html>
- GARRIDO, S. P. et al. *Canine Hip Dysplasia: A Natural Animal Model for Human Developmental Dysplasia of the Hip*. In: *J Orthop Res*. 2018;36(7):1807-1817. Disponibil: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jor.23828>
- VIDONI, B. et al. *Early diagnosis of canine hip laxity: correlation between clinical orthopedic examinations and the FCI scoring method in a closed cohort of rottweilers*. In: *Animale (Basel)* [online]. 2021, 11(2):416. Disponibil: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/2/416>
- SHIPOV, A., MILGRAM, J. *The hemipelvic muscle mass in small to medium size dogs and its association with canine hip dysplasia: A cadaveric study*. In: *Israel Journal of Veterinary Medicine*. 2022, Vol. 77 (4). Disponibil: https://www.ijvm.org.il/sites/default/files/3shipov_internet.pdf
- CONSTANTINESCU, Gh., OBER, C., INGA, C., LATORRE, R. *Old and new approaches and techniques in small animals*. Cluj-Napoca, AcademicPres, 2023. pp. 442. ISBN 978-630-309-000-9.
- CONSTANTINESCU, GHEORGHE M. *Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature*, 4 th. Revised ed., Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York, 2018. eISBN 978-3-13-242518-7
- DZHAMALBEKOVA, E. et al. *Early diagnosis and treatment of hip dysplasia in children in infancy*. In: *Bulletin of Science and Practice*. 2019, T. 5. №9. DOI: 10.33619/2414-2948/46
- TODHUNTER, R. J., BLISS, S. P., CASELLA, G. et al. *Genetic structure of susceptibility traits for hip dysplasia and microsatellite informativeness of an outcrossed canine pedigree*. In: *J Hered.* 2003, 94(1):39-48. Disponibil: <https://academic.oup.com/jhered/article/94/1/39/2187338?login=true>

12. BIJLSMA, J. W., BERENBAUM, F., LAFEBER, F. P. *Osteoarthritis: an up date with relevance for clinical practice*. In: *Lancet* [online]. 2011, Vol. 377, 9783, pp.2115–2126. Disponibil: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21684382/>
13. BODODEA, R. S. *Dezvoltarea articulației șoldului-corelații cu apariția luxației congenitale de șold*. Teză de doctorat. București, 2018.
14. DUMITRIU, A. *Displazia de șold la câini*. In: *Materialele conferinței științifice internaționale dedicată aniversării a 75 de ani de la fondarea Universității de Stat de Medicină și Farmacie "Nicolae Testemițanu"*. Chișinău, 2020, pp. 44-47, ISBN 978-9975-57-281-1. Disponibil: <http://repository.utm.md/handle/5014/28338>
15. DUMITRIU, A. *Biodinamica musculaturii regiunii coxofemorale la câini*. In: *Tezele celei de-a 74-a conferință a studenților, CE UASM, Chișinău*, 2021, p. 55, ISBN 978-9975-64-320-7. Disponibil: <http://repository.utm.md/handle/5014/28345>
16. DUMITRIU, A., DIDORUC, S., ENCIU, V. *Anatomic study of the coxo-femoral joint region and association with hip dysplasia in dogs*. In: *International Scientific and Practical Conference „Biosafety, protection and animal welfare”*. Kiev, Ucraina, 2023, pp. 101-104. УДК 619:616 (082). Disponibil: <http://repository.utm.md/handle/5014/28342>
17. COȚOFAN, V., PALICICA, R., HRÎȚCU, V., GANȚĂ, C., ENCIU, V. *Anatomia animalelor domestice*. Vol. I, Ed. Orizonturi universitare, Timișoara. 1999. ISBN 973-9400-30-2.
18. АКАЕВСКИЙ, А. И. *Анатомия домашних животных* / М.: Колос, 1984. – 543 с. УДК 636:611(075.8).
19. SCHACHNER, E. R., MANDI J. LOPEZ. *Diagnosis, prevention, and management of canine hip dysplasia: a review*. In: *Vet Med (Auckl)* . 2015, 6: 181–192. Disponibil: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30101105/>
20. SISSON, S., ROSSMAN, J. D. *Anatomia de los animales domesticos*. 5 a . Edicion, Tomo II, Mason, Barcelona, Spania, 2002. p. 1038. ISBN 84-458-0723-4.
21. SISSON, S., ROSSMAN, J. D. *The Anatomy of the Domestic Animals*. Saunders Co, Phyladelphia-London-Toronto, 1953. p. 972. Card number: 52-11367.
22. ELLENBERGER, W. und H., BAUM. *Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere*. Justus Springer Verlag, 1974. ISBN-13 :978-3-642-80833-3, e-ISBN-13 :978-3-642-80832-6. DOI: 10.1007/978-3-642-80832-6
23. ANDERSON, W. D., NDERSON, B. G. *Limbs and back*. In: *Atlas of Canine Anatomy*. London: Lea & Febiger, 1994. pp. 957–967. ISBN-13: 978-0812115352, ISBN-10: 081211535X.
24. SALOMON, F. V., GEYER, H., GILLE, U. *Anatomie fur die Tiermedizin*. Stuttgart: Enke Verlag. 2008. ISBN 9783930410751.
25. DONE, S. H., GOODY, P. C., EVANS, S. A., STICKLAND, N. C. *The pelvis*. In: *Color Atlas of Veterinary Anatomy*, vol. 3, 2nd ed. London: Mosby – Elsevier. 2009. ISBN 97807234-3415-3
26. LIEBICH, H. G., H. E. KONIG, and J. MAIERL. *Hinteroder Beckengliedmaßen (Membra pelvina)*. In: *Anatomie der Haussaugetiere – Lehrbuch und Farbatlas fur Studiumund Praxis*, 4. Auflage. Stuttgart: Schattauer. 2009. ISBN-10:3794526503, ISBN-13:978-3794526505.
27. DYCE, K. M., SACK, W.O., W ENSING, C. J. C. *Textbook of Veterinary Anatomy*. Fourth Edition, Saunders Elsevier, Missouri. 2010. ISBN: 9781416066071.
28. SCHOENECKER, P. L., LESKER, P. A., OGATA, K. *A dynamic canine model of hip dysplasia: gross and histological pathology, and the effect of position of immobilization on capital femoral epiphyseal blood flow*. In: *J Bone Joint Surg Am* . 1984, 66(8):1281-8. Disponibil: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6490704/>
29. LIEBICH, H. G., H. E. KONIG, and J. MAIERL. *Hinteroder Beckengliedmaßen (Membra pelvina)*. In: *Anatomie der Haussaugetiere – Lehrbuch und Farbatlas fur Studiumund Praxis*, 4. Auflage. Stuttgart: Schattauer. 2009. ISBN-10:3794526503, ISBN-13:978-3794526505.
30. BARONE, R. *Arthrology et Myologie*. In: *Anatomie Comparee des Mammiferes Domestiques*, Tome 4, 4th ed. Paris: Editions Vigot. 2000, pp. 251–261. ISBN-13: 978-2957196012
31. CANILLAS, F. et al. *An approach to comparative anatomy of the acetabulum from amphibians to primates*. In: *Anat Histol Embryol* [online]. 2011, 40(6), pp. 466-473. Disponibil: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21714810/>
32. ВОРОБЬЕВ, В. П. *Избранные труды*. МЕДГИЗ, Ленинград, 1958. 346 с.

33. БОРЗЯК, Э. И. *Техника изготовления анатомических препаратов*. Витебск, 2010. 317с. ISBN 978-985-466-431-6
34. NICKEL, R., SCHUMMER, A., SEIFERLE, E., FREWEIN, J., WILKENS, H., WILLE, KH. *The Anatomy of the Domestic Animals*. Vol.1: *The Locomotor System of the Domestic Animals*. Berlin: Verlag Paul Parey, 1986. ISBN : 9783489560180
35. ADAMS, D. R. *Musculoskeletal System*. In: *Canine Anatomy – A Systemic Study*. 4th ed. Ames: The Iowa State Press. 2004, pp. 83–89. ISBN: 081381281X.
36. BUDRAS, K. D., REESE, S. *Synovial Structures of the Pelvic Limb*. In: *Anatomy of the Dog*, 5th ed. Hannover: Schlutersche. 2007, pp. 76-86. ISBN 978-3-89993-018-4

Date despre autor:

Antonina DUMITRIU, doctorandă, asistent universitar, Universitatea Tehnică a Moldovei.

ORCID: 0000-0002-2154-618X

E-mail: antonina.dumitriu@sasp.utm.md

Prezentat: 06.03.2025

CZU: 613.2.038:616.441-053.2

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_18](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_18)

NUTRITIONAL APPROACH IN HASHIMOTO’S THYROIDITIS: A PEDIATRIC CASE STUDY

*Adriana-Daniela SOCIANU,**George Emil Palade University of Medicine,**Camelia RÂTEA,**State University of Moldova, Chișinău*

This case study analyzes the effects of a personalized nutritional intervention on immune function, gut health, and symptomatology in a 10-year-old girl with Hashimoto’s thyroiditis and celiac disease. The objective was to assess changes in biological markers and correct nutritional deficiencies.

Over the course of one year, at the Mitogenix Innovations Clinic in Targu-Mures, a diet excluding gluten, lactose, sugar, honey, and yeast was implemented. This dietary intervention was combined with functional foods and nutraceuticals to optimize metabolic status.

The results indicated increased levels of vitamin D3, zinc, and prealbumin, along with a reduction in anti-TPO, anti-transglutaminase IgA/IgG, and total IgE levels. The study highlights the role of medical nutrition in immune modulation and metabolic health, emphasizing the importance of continuous monitoring and personalized dietary strategies in managing pediatric autoimmune disorders.

Keywords: Hashimoto’s thyroiditis, autoimmunity, personalized nutritional intervention, pediatrics, clinical nutrition.

ABORDARE NUTRIȚIONALĂ ÎN TIROIDITA HASHIMOTO: STUDIU DE CAZ PEDIATRIC

Acest studiu de caz analizează efectele unei intervenții nutriționale personalizate asupra funcției imune, sănătății intestinale și simptomatologiei unei fete de 10 ani cu tiroidită Hashimoto și boală celiacă. Scopul a fost evaluarea modificărilor markerilor biologici și corectarea deficiențelor nutriționale.

În timp de un an, în cadrul clinicii Mitogenix Innovations din Târgu-Mureș, s-a implementat o dietă fără gluten, lactoză, zahăr, miere și drojdie, combinată cu alimente funcționale și nutraceutice pentru optimizarea statusului metabolic.

Rezultatele au indicat creșterea nivelurilor vitaminei D3, zincului și prealbuminei, alături de reducerea anti-TPO, anti-transglutaminază IgA/IgG și IgE totale. Studiul evidențiază rolul nutriției medicale în modularea imunității și sănătatea metabolică, subliniind importanța monitorizării și strategiilor dietetice personalizate în managementul tulburărilor autoimune pediatrie.

Cuvinte-cheie: tiroidita Hashimoto, autoimunitate, intervenție nutrițională personalizată, pediatrie, nutriție clinică.

Introduction

Hashimoto’s thyroiditis is the most common cause of thyroid disorders in children and adolescents. The histological features of the disease include a diffuse lymphocytic infiltrate in the thyroid gland and varying degrees of fibrosis with fatty infiltration. The clinical presentation and disease progression vary among patients. Most children are asymptomatic and exhibit normal thyroid function at the time of diagnosis. In symptomatic cases, the most common manifestations include goiter and growth retardation.

This condition is characterized by the presence of anti-thyroid peroxidase (TPO) and anti-thyroglobulin (TG) antibodies in the blood. A comprehensive diagnosis is based on the evaluation of thyroid hormone levels and thyroid ultrasound [1].

Autoimmune thyroiditis, also known as Hashimoto’s thyroiditis, is the most common cause of acquired hypothyroidism in childhood, with a prevalence of 1% to 3%, peaking during adolescence. The condition predominantly affects females, with a female-to-male ratio ranging from 4:1 to 8:1 [2].

The etiology of autoimmune thyroiditis is multifactorial, involving a complex interplay between genetic and environmental factors that contribute to thyroid autoimmunity. It is estimated that genetic predisposition accounts for approximately 80% of the risk, while environmental triggers, such as excessive iodine intake, certain medications, infections, stress, and radiation exposure, constitute the remaining 20% [3, 4].

The genetic susceptibility to autoimmune thyroiditis is supported by epidemiological evidence, including familial aggregation, as 20-30% of cases have a positive family history of the disease [4].

It has been shown that the rising incidence of autoimmune diseases is closely linked to significant alterations in the gut microbiota, driven by multiple factors, including dietary changes and widespread antibiotic use. In this context, gut dysbiosis has been identified as a potential trigger for autoimmunity, as disruptions in the gut ecosystem may impair immune regulation and contribute to the development of autoimmune diseases [5].

An imbalance in the gut microbiota may promote autoimmunity through several mechanisms affecting the immune system, including modulation of immune responses, activation of antigen-presenting cells, and disruption of the Th17/Treg cell balance. Additionally, increased intestinal permeability, due to alterations in tight junction protein expression, may further amplify this process [6].

Changes in gut bacterial composition (dysbiosis), overgrowth of specific microbial species that enhance intestinal permeability, and activation of pro-inflammatory pathways are microbial factors that may negatively impact thyroid function [7,8,9].

The gut microbiota plays a crucial role in regulating the absorption of essential minerals for thyroid function, including iodine, selenium, zinc, and iron. These minerals are vital for thyroid health, and their imbalances have been linked to thyroid dysfunction [9].

Zinc deficiency affects thyroid function by disrupting the synthesis of TRH, TSH, T3, and T4, as well as impairing T3 interaction with nuclear receptors and its binding to DNA. A potential mechanism underlying zinc deficiency is impaired gastrointestinal absorption, which may compromise thyroid hormone metabolism and regulation [10].

Human studies have demonstrated that patients with hypothyroidism frequently exhibit low or deficient vitamin D levels compared to healthy individuals. An inverse correlation has been observed between 25-hydroxy-vitamin D concentrations and levels of anti-thyroid peroxidase (TPO) antibodies, anti-thyroglobulin (TG) antibodies, and TSH, while a positive association exists between 25-hydroxy-vitamin D and T3 levels. Additionally, reduced vitamin D levels in hypothyroidism may be a consequence of the disease rather than a direct cause [11, 12, 13, 14].

Aim of the study

The aim of this study was to evaluate the effects of nutritional intervention and functional foods on malnutrition correction, immune balance restoration, and improvement of digestive symptoms in a child diagnosed with celiac disease and Hashimoto's thyroiditis.

The study was conducted over a 12-month period (January 2024 – January 2025), during which the evolution of biochemical parameters, the response to a gluten-, lactose-, yeast-, and sugar-free diet, and the impact of the intervention on body weight, thyroid function, inflammation levels, overall health, and bowel function were systematically monitored.

Materials and methods

This case study involved a 10-year-old girl diagnosed with celiac disease and Hashimoto's thyroiditis, who presented in January 2024 for nutritional evaluation and intervention. The patient was part of the Mitogenix Innovations nutrition clinic in Targu Mures, where she received specialized dietary counseling and support tailored to her autoimmune conditions. A comprehensive nutritional history and medical assessment revealed persistent symptoms, including weight stagnation, lack of appetite, hard stools, recurrent abdominal pain, night tremors resembling chills, low energy levels, and weakened immunity.

Initial laboratory analyses indicated significant nutritional deficiencies, including low levels of prealbumin, vitamin D3, iron, and zinc, alongside intestinal dysbiosis.

A personalized nutritional intervention was implemented, emphasizing the exclusion of gluten, lactose, yeast, and sugar to promote gut recovery and restore nutritional balance. The diet was supplemented with nutraceuticals to correct deficiencies and support immune function.

Over a 12-month period (January 2024 – January 2025), the patient underwent regular monitoring through laboratory tests and clinical assessments to track the evolution of biochemical parameters, improvement in gastrointestinal symptoms, and weight gain.

The supplementation regimen during the intervention included zinc, vegan protein, digestive enzymes, vitamin D3, digestive teas, calming herbal extracts, probiotics, quercetin, colon support supplements, and other nutraceuticals aimed at reducing inflammation.

The patient's progress was monitored through laboratory analyses conducted at three different time points throughout the study period. These assessments revealed significant improvements across multiple parameters, including thyroid antibody negativity, increased serum prealbumin, elevated serum zinc and vitamin D3 levels, and overall weight gain.

These findings suggest that targeted nutritional intervention and supplementation played a key role in restoring metabolic balance, improving immune function, and supporting overall health.

Results and discussion

In our case study, we observed a significant increase in serum vitamin D3 levels, from 35.8 ng/mL to 57.5 ng/mL, following the dietary intervention and targeted supplementation. This improvement suggests an optimization of vitamin D status, likely influenced by supplementation, enhanced absorption, and improved overall nutritional balance.

Given the well-documented role of vitamin D3 in immune modulation, inflammation control, and thyroid function, this increase may have contributed to the reduction in autoimmune markers observed in the patient. These findings align with previous research indicating that vitamin D deficiency is common in autoimmune thyroid disorders and that restoring adequate levels may support immune homeostasis and metabolic health.

Further monitoring is required to assess the long-term stability of vitamin D levels and its ongoing impact on immune and thyroid function.

This increase in vitamin D3 levels aligns with previous studies demonstrating that vitamin D supplementation can reduce disease activity in Hashimoto's thyroiditis. Additionally, a randomized clinical trial reported a significant reduction in anti-thyroglobulin antibodies and TSH levels following three months of vitamin D administration [15].

The dietary intervention also resulted in a decrease in IgA anti-transglutaminase antibodies, suggesting a potential modification of the immune response associated with celiac disease. Specifically, IgA anti-transglutaminase antibody levels dropped from 55.3 U/mL to 3.9 U/mL, indicating a positive response to the gluten-free diet and overall immune modulation.

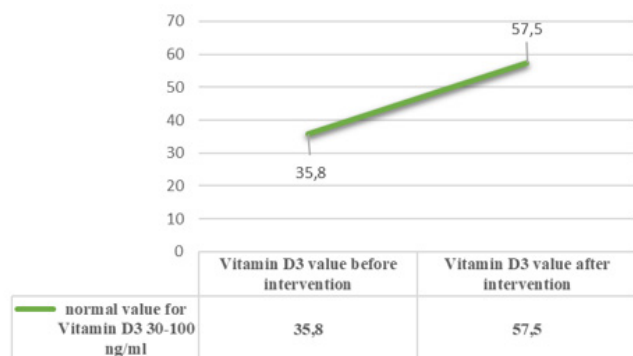


Figure 1. Evolution of serum vitamin D3 25-hydroxy during clinical nutritional intervention

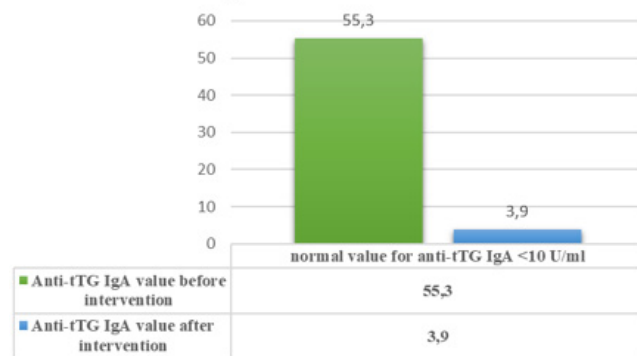


Figure 2. Evolution of IgA anti-transglutaminase antibodies during clinical nutritional intervention

Following the dietary intervention, a reduction in anti-tTG IgG antibody levels from 46.8 U/mL to 10.3 U/mL was observed, suggesting a decrease in inflammation and an improvement in immune tolerance. This decline may indicate a positive response to dietary modifications, particularly the elimination of gluten, which is known to play a key role in triggering autoimmune reactions in celiac disease.

A reduction in anti-tTG IgG antibodies is a positive indicator, suggesting a potential improvement in the autoimmune response. Studies have demonstrated that specific dietary interventions, such as a gluten-free diet, can influence antibody levels. In one study, after three months on a gluten-free diet, IgA-tTG and IgG-tTG antibody levels decreased in 19 out of 20 children with celiac disease [16].

Additionally, serum analysis revealed an increase in zinc levels from 0.84 mg/L to 1.58 mg/L, indicating a potential improvement in nutritional status and mineral metabolism. Given zinc's critical role in immune function, thyroid health, and gut integrity, this increase may have contributed to the overall clinical improvements observed in the patient.

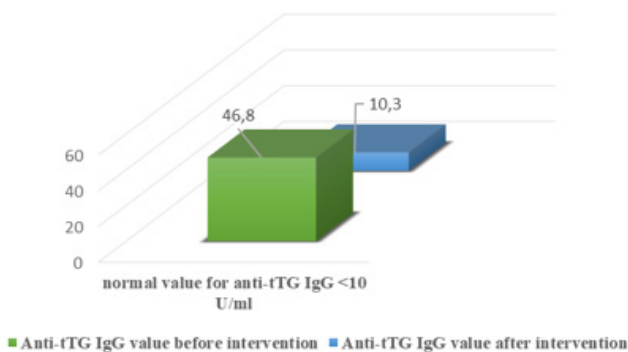


Figure 3. Evolution of IgG anti-transglutaminase antibodies during clinical nutritional intervention

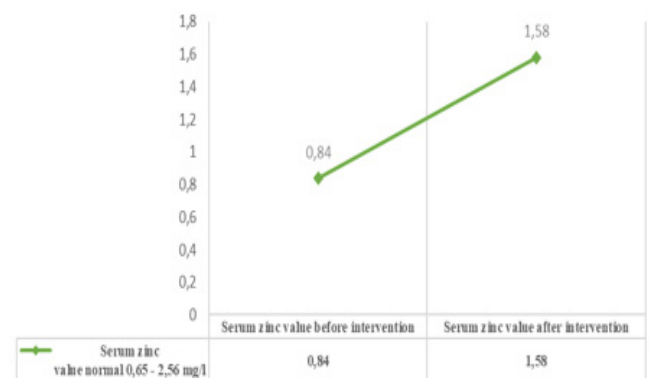


Figure 4. Evolution of serum zinc during clinical nutritional intervention

Patients with autoimmune diseases often exhibit zinc deficiency, as this trace element is essential for immune function and the regulation of inflammatory processes [17]. Restoring zinc levels through dietary intervention and supplementation may contribute to immune modulation and reduced inflammation, supporting overall metabolic balance.

Additionally, an increase in serum prealbumin levels was observed, indicating an improvement in protein status and liver function. This suggests an adequate nutritional intake, which is crucial for maintaining immune competence and overall health in individuals with autoimmune conditions. Following the dietary intervention, a decrease in anti-TPO antibody levels was observed, suggesting a reduction in autoimmune activity in the thyroid.

The decline in anti-TPO antibodies may indicate an improvement in thyroid inflammation, potentially reflecting a modulation of the immune response. Studies have shown that specific interventions, such as vitamin D supplementation, can help lower anti-TPO antibody levels, contributing to the management of autoimmune thyroiditis and supporting thyroid health [15].

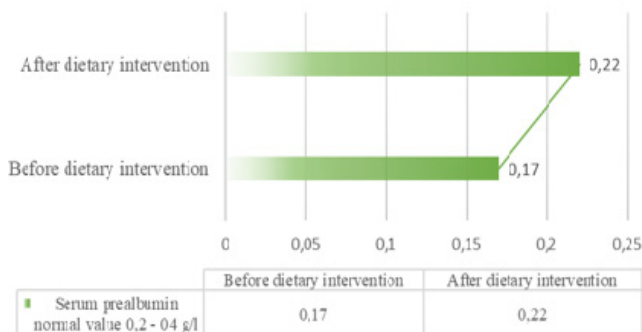


Figure 5. Evolution of serum prealbumin according to nutritional intervention

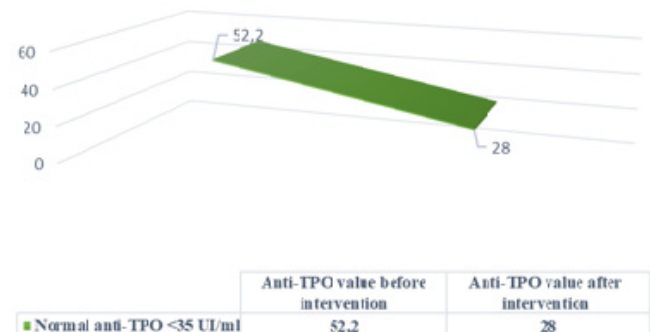


Figure 6. Evolution of anti-TPO antibodies according to nutritional intervention

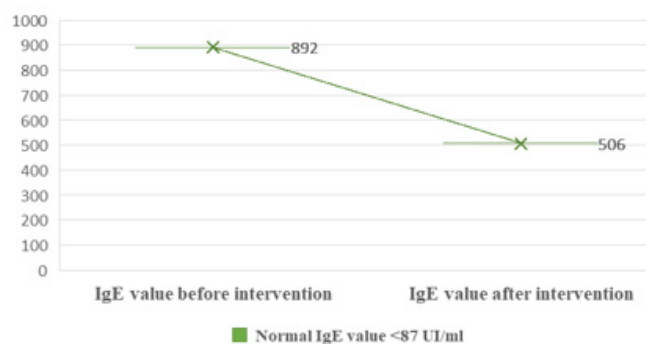


Figure 7. IgE evolution according to nutritional intervention

to the optimization of serum zinc, vitamin D3, and serum prealbumin levels, as well as to the reduction of inflammatory and autoimmune markers, supporting immune regulation and metabolic balance.

Following the dietary intervention, a significant reduction in IgE levels was observed, decreasing from 892 IU/mL to 506 IU/mL. This decline suggests an improvement in the allergic response and a reduction in systemic inflammation, indicating a positive modulation of immune function. Lower IgE levels may reflect decreased hypersensitivity reactions, which are commonly associated with gut permeability issues and immune dysregulation in autoimmune conditions.

These variations suggest that the tailored nutritional intervention, including the implemented treatment regimen, had a positive impact on homeostasis and nutritional status. This intervention contributed

Table 1. Recommended supplements and functional foods in clinical nutrition intervention

Dietary supplement	Dose administered	Frequency of administration	Administration period
EGG albumin	1 cup	Every 2 days	2 months
Lauricidin powder	1 teaspoon per day dissolved in water	Daily	2 months
Rubia cardifolia tea	1 teaspoon per 300 ml of water	Daily	2 months
Enzymatic bioconcentrate from fruits, vegetables, and seeds	10 ml in the morning or evening	Daily	2 months
Chewable digestive enzymes for children	1 capsule at noon and 1 capsule in the evening	Daily	2 months
Zinc with black elderberry	3 ml per day	Daily	2 months
Parasites Cleanse	1 capsule in the morning and 1 capsule in the evening	For 21 days with a 10-day break, then repeat	21 days
Vitamin D3 with cofactor	1 capsule per day	Daily	2 months
Hydrolyzed Vegan Protein	30-40 g per day	Daily	2 months
Digestive enzymes	1 capsule in the morning	Daily	2 months
Formula with licorice root and lion's mane	1 capsule every 2 days	Every 2 days	2 months
Turmeric tea	1 cup per day	Daily	1 months

This integrated approach incorporated functional foods, targeted supplements, specific dietary adjustments, and continuous monitoring, contributing to immune system enhancement and systemic inflammation reduction in the evaluated pediatric patient.

Conclusion

During our one-year follow-up study of this pediatric case, conducted at the certified nutrition clinic of Mitogenix Innovations in Târgu-Mureș, we observed the critical role of medical nutrition therapy in supporting optimal growth, immune function, and metabolic balance. A structured, evidence-based dietary intervention, tailored to the patient's individual needs, demonstrated a significant impact on clinical outcomes, reinforcing the importance of personalized nutritional strategies in pediatric autoimmune disease management.

Bibliographie:

1. CASTELL, E. C. *Hashimoto's disease in a cohort of 29 children and adolescents. Epidemiology, clinical course, and comorbidities in the short and long term. Archivos Argentinos de Pediatría*, 2018, 116(1), p. 56-68.
2. ADMONI, O., RATH, S., ALMAGOR, T., ELIAS-ASSAD, G., TENENBAUM-RAKOVER, Y. *Long-Term Follow-Up and Outcomes of Autoimmune Thyroiditis in Childhood. Frontiers in Endocrinology*, 2020, 11, p. 1664-2391.
3. SARANAC, L., ZIVANOVIC, S., BJELAKOVIC, B., STAMENKOVIC, H., NOVAK, M., KAMENOV, B. *Why Is the Thyroid so Prone to Autoimmune Disease? Hormone Research in Paediatrics*, 2011, 75, p. 157-165.
4. CASTO, C., PEPE, G., LI POMI, A., CORICA, D., AVERSA, T., WASNIEWSKA, M. *Hashimoto's thyroiditis and Graves' disease in genetic syndromes in pediatric age. Genes*, 2021, 12(2), p. 222.
5. XU, H., LIU, M., CAO, J., LI, X., FAN, D., XIA, Y., et al. *The dynamic interplay between the gut microbiota and autoimmune diseases. Journal of Immunology Research*, 2019, 1, p. 7546047.
6. DEHNER, C., FINE, R., KRIEGL, M. A. *The microbiome in systemic autoimmune disease: mechanistic insights from recent studies. Current Opinion in Rheumatology*, 2019, 31(2), p. 201-207.
7. GONG, B., WANG, C., MENG, F., WANG, H., SONG, B., YANG, Y., SHAN, Z. *Association between gut microbiota and autoimmune thyroid disease: a systematic review and meta-analysis. Frontiers in Endocrinology*, 2021, 12, p. 774362.
8. JIANG, W., LU, G., GAO, D., LV, Z., LI, D. *The relationships between the gut microbiota and its metabolites with thyroid diseases. Frontiers in Endocrinology*, 2022, 13, p. 943408.
9. KNEZEVIC, J., STARCHL, C., TMAVA BERISHA, A., AMREIN, K. *Thyroid-gut-axis: how does the microbiota influence thyroid function? Nutrients*, 2020, 12(6), p. 1769.
10. BALTACI, A.K., MOGULKOC, R., BELVIRANLI, M. *Serum levels of calcium, selenium, magnesium, phosphorus, chromium, copper and iron—their relation to zinc in rats with induced. Acta Clinica Croatica*, 2013, 52, p. 151-156.
11. HU, S., RAYMAN, M. P. *Multiple nutritional factors and the risk of Hashimoto's thyroiditis. Thyroid*, 2017, 27, p. 597-610.
12. MACKAWY, A. M., AL-AYED, B. M., AL-RASHIDI, B. M. *Vitamin D deficiency and its association with thyroid disease. International Journal of Health Science*, 2013, 7, p. 267-275.
13. UNAL, A. D., TARCIN, O., PARILDAR, H., CIGERLI, O., EROGLU, H., DEMIRAG, N. G. *Vitamin D deficiency is related to thyroid antibodies in autoimmune thyroiditis. Central European Journal of Immunology*, 2014, 39, p. 493-497.
14. SHIN, D. Y., KIM, K. J., KIM, D., HWANG, S., LEE, E. J. *Low serum vitamin D is associated with anti-thyroid peroxidase antibody in autoimmune thyroiditis. Yonsei Medical Journal*, 2014, 55, p. 476-481.
15. CHAHARDOLI, R., SABOOR-YARAGHI, A. A., AMOUZEGAR, A., KHALILI, D., VAKILI, A. Z., AZIZI, F. *Can Supplementation with Vitamin D Modify Thyroid Autoantibodies (Anti-TPO Ab, Anti-Tg Ab) and Thyroid Profile (T3, T4, TSH) in Hashimoto's Thyroiditis? A Double Blind, Randomized Clinical Trial. Hormone and Metabolic Research*, 2019, 51(5), p. 296-301.
16. AGARDH, D., LYNCH, K., BRUNDIN, C., IVARSSON, S. A., LERNMARK, A., CILIO, C. M. *Reduction of tissue transglutaminase autoantibody levels by gluten-free diet is associated with changes in subsets of peripheral blood lymphocytes in children with newly diagnosed coeliac disease. Clinical and Experimental Immunology*, 2006, 144(1), p. 67-75.
17. IHNATOWICZ, P., DRYWIEŃ, M., WĄTOR, P., WOJSIAT, J. *The importance of nutritional factors and dietary management of Hashimoto's thyroiditis. Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 2020, 27(2), p. 184-193.

Data about the authors:

Adriana-Daniela SOCIANU, Mitogenix Innovations – Center for Clinical Nutrition and Mitochondrial Regeneration, George Emil Palade University of Medicine, Pharmacy, Science, and Technology of Târgu-Mureș, Master's Student in Clinical and Community Nutrition.

ORCID: 0009-0001-5312-1290

E-mail: adriana.socianu@mitogenix.ro

Camelia RÂTEA, Mitogenix Innovations – Center for Clinical Nutrition and Mitochondrial Regeneration, State University of Moldova, Doctoral School of Biological, Genomic, Chemical, and Technological Sciences, PhD Student in Human and Animal Physiology.

ORCID: 0009-0005-1087-0119

E-mail: camelia.ratea@mitogenix.ro

Presented: 01.03.2025

CZU: 579.873.7:631.4(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_19](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_19)

ИЗМЕНЕНИЕ БИОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СТРЕПТОМИЦЕТОВ ПОЧВ МОЛДОВЫ, ВЫРАЩЕННЫХ НА СРЕДАХ РАЗНОГО СОСТАВА

Светлана БУРЦЕВА, Максим БЫРСА,

Технический Университет Молдовы

Владимир ШЕПТИЦКИЙ,

Молдавский государственный университет

Юлия БЕРЕЗЮК, Анастасия ВАСИЛЬЧУК,

Приднестровский университет им. Т. Г. Шевченко

Изучена способность штаммов стрептомицетов, выделенных из почв Молдовы, к накоплению в биомассе липидов и аминокислот в зависимости от состава питательной среды. Установлено, что изучаемые штаммы лучше растут на комплексных средах, из проверенных штаммов больше всего биомассы (≈ 20 г) образует штамм *Streptomyces gougerotii* CNMN-Ac-14 (66) на среде М-1, максимальное количество липидов ($\approx 13,5\%$) было обнаружено у штамма *Streptomyces sp.* 49 при росте на среде М-1, фосфолипидная фракция ($\approx 17,2\%$) в максимальном количестве содержалась в биомассе штамма *Streptomyces sp.* 49 при росте на среде R, стериновая фракция ($\approx 15\%$) – у штамма *Streptomyces gougerotii* CNMN-Ac-14 (66) при росте на среде М-1. Изучение аминокислотного состава показало, что исследуемые штаммы синтезируют 19 аминокислот, суммарное количество незаменимых аминокислот составляет 35-40%.

Ключевые слова: *Streptomyces*, питательная среда, биомасса, липиды, аминокислоты.

CHANGES IN THE BIOSYNTHETIC ACTIVITY OF STREPTOMYCETES IN THE SOILS OF MOLDOVA GROWN ON MEDIA OF DIFFERENT COMPOSITION

The ability of streptomycete strains isolated from the soils of Moldova to accumulate lipids and amino acids in biomass, depending on the composition of the nutrient medium, was studied. It was found that the studied strains grow better on complex media; of the tested strains, the most biomass (≈ 20 g) is formed by the *Streptomyces gougerotii* CNMN-Ac-14 (66) strain on M-1 medium; the maximum amount of lipids ($\approx 13.5\%$) was found in the strain *Streptomyces sp.* 49 during growth on M-1 medium, the phospholipid fraction ($\approx 17.2\%$) was contained in the maximum quantity in the biomass of the strain *Streptomyces sp.* 49 when growing on R medium, the sterol fraction ($\approx 15\%$) – in the *Streptomyces gougerotii* CNMN-Ac-14 (66) strain when growing on M-1 medium. The study of amino acid composition showed that the studied strains synthesize 18-19 amino acids, the total amount of essential amino acids is 35-40%.

Keywords: *Streptomyces*, nutrient medium, biomass, lipids, amino acids.

Введение

Стрептомицеты примечательны своими выраженными биосинтетическими свойствами: они обладают способностью к образованию множества физиологически активных веществ: антибиотиков, витаминов, ферментов, липидов, аминокислот, фитогормонов и пр., стимулирующих рост и развитие сельскохозяйственных животных и растений. Эти соединения находят применение в различных сферах жизни: фармацевтической промышленности, медицине, сельском хозяйстве, в том числе растениеводстве и ветеринарии [1, 2, 3]. Поиск активных продуцентов, исследование влияния условий культивирования для направленного синтеза различных биологически активных веществ, изучение

состава полученной биомассы – важные шаги для исследователей, предлагающих биомассу почвенных стрептомицетов как источник различных соединений для применения в сельском хозяйстве, фармации и пр.

Стрептомицеты наиболее широко распространены в почве, где могут составлять до 40,0% от общего количества почвенных бактерий. В составе биомассы стрептомицетов содержится большое количество насыщенных жирных кислот, сложные полярные липиды – дифосфатидилглицерин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилинозитол [4]. Исследованием [5] показано наличие насыщенных и ненасыщенных жирных кислот с четным и нечетным числом углеродных атомов от C₁₄ до C₁₈ в биомассе штамма *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ac-06 (36).

Цель исследований – изучение состава биомассы штаммов стрептомицетов, выделенных из почв Молдовы, при их культивировании на средах разного состава.

Материалы и методы.

Объектом исследования были штаммы, выделенные из почвы центральной части Республики Молдовы: *Streptomyces fradiae* CNMN-Ac-11 (19), *Streptomyces plicatus* CNMN-Ac-13 (33), *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ac-06 (36), *Streptomyces gougerotii* CNMN-Ac-14 (66), а также неидентифицированные штаммы *Streptomyces spp.* 12, 49, 205 не идентифицировали.

Штаммы *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ac-06 и *Streptomyces fradiae* CNMN-Ac-11 были идентифицированы совместно с сотрудниками Института Микробиологии и Вирусологии НАН Украины (г. Киев). Штаммы *Streptomyces plicatus* CNMN-Ac-13 и *Streptomyces gougerotii* CNMN-Ac-14 были идентифицированы совместно с сотрудниками Института Биохимии и Физиологии Микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина РАН (г. Пущино).

Культуры хранили двумя способами: методом периодических пересевов, используя 3 агаризованных среды – среду Чапека, среду Гаузе и овсяный агар, а также в лиофильном виде.

Для проведения исследования по изучению состава биомассы готовили инокулум, выращивая каждый из штаммов на жидкой синтетической среде Дюлоне с глюкозой в течение 3-х дней на вибростоле (180-200 об/мин) в конических колбах, далее культивирование вели на жидких средах: синтетических с глюкозой – среда Чапека, Дюлоне, комплексных – среда R [6], M-1 [7], содержащих в качестве основных источников углерода и азота - крахмал, кукурузную муку и нитрат аммония. Культивирование вели при +27°C на вибростоле (180-200 об/мин) в течение 5 дней, далее биомассу отделяли от культуральной жидкости центрифугированием (5000 об/мин в течение 20 мин). Количество биомассы определяли гравиметрическим методом. Затем проводили экстракцию липидов из биомассы методом Фолча в модификации, описанной в работе [8]. Качественный и количественный состав липидов определяли методом тонкослойной хроматографии на пластинках “Sorbfil” и денситометрически, описанным в работе [9].

Для подготовки проб биомассы изучаемого штамма для определения аминокислотного состава использовали метод гидролиза 6N-соляной кислотой [10, с. 63]. Пробу взвешивали и количественно переносили в пробирки из пирекса или ссиала, куда добавляли 6N-соляную кислоту в двукратном избытке. Пробирки запаивали, а затем комплексные пробы выдерживали в воздушном термостате при 110±10°C в течение 24 часов. После гидролиза пробирки охлаждали, содержимое пробирок количественно переносили и фильтровали. Кислоту в полученной жидкости испаряли в вакуумном роторном испарителе при 400°C до pH=2,2. Аминокислотный состав полученной биомассы определяли методом ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе AAA-339 M „Microtehnа” (Чехия).

Результаты и их обсуждение.

На начальном этапе исследования изучали количество биомассы при культивировании на средах разного состава (синтетические среды – Дюлоне и Чапека, и комплексные среды - M-1 и R). Анализируя данные, выяснили, что накопление биомассы при росте на комплексных средах (R и M-1) в 2-3 раза выше, чем на синтетических.

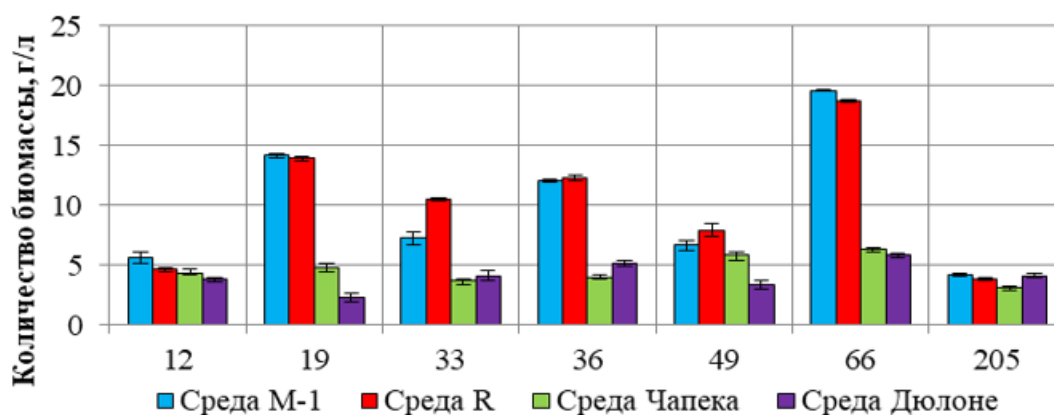


Рисунок 1. Изменение количества биомассы штаммов стрептомицетов при культивировании на разных средах

Наиболее продуктивным оказался штамм *Streptomyces gougerotii* CNMN-Ас-14 (66): на комплексной среде М-1 количество биомассы составило $19,62 \pm 0,07$ г/л, а на среде R – $18,72 \pm 0,14$ г/л. У штамма *Streptomyces fradiae* CNMN-Ас-11 (19) количество биомассы при росте на среде М-1 было $14,15 \pm 0,21$ г/л, а на среде R – $13,46 \pm 0,52$ г/л. Минимальная продуктивность при росте как на комплексных, так и на синтетических средах наблюдалась у штамма *Streptomyces sp.* 205. Невысокая биосинтетическая активность выявлена у практически всех штаммов при росте на синтетической среде Дюлоне (Рис. 1).

Известно, что биомасса стрептомицетов содержит большое количество липидов - до 40,0% и более в зависимости от условий культивирования и особенностей организма [2]. Оценка способности изучаемых штаммов к липидообразованию показала следующее.

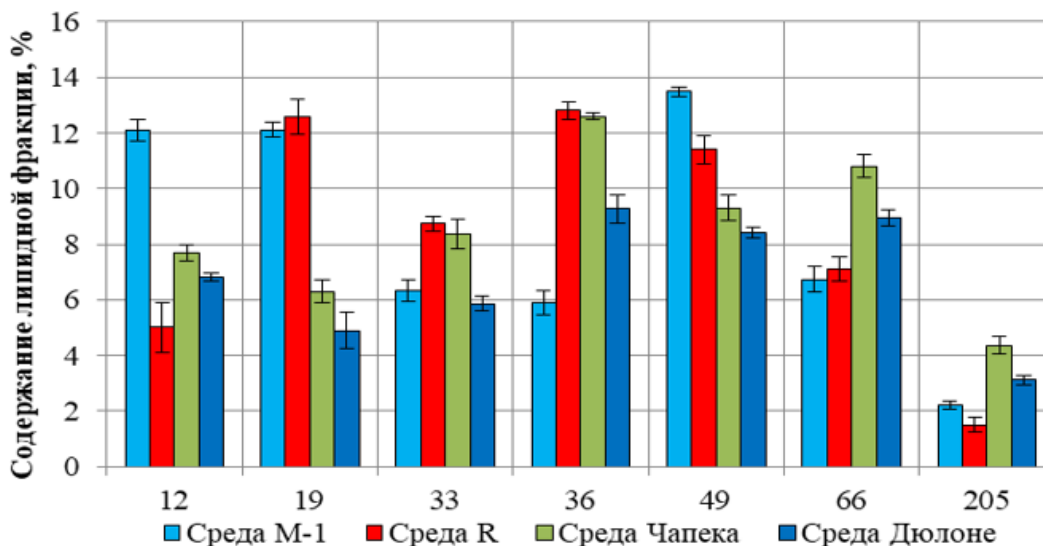


Рисунок 2. Количество липидов в биомассе стрептомицетов, выращенных на средах разного состава

На рис. 2 видно, что у штамма *Streptomyces gougerotii* CNMN-Ас-14 (66) было отмечено выраженное накопление липидов в биомассе при росте на синтетических средах: $10,81 \pm 0,39\%$ – на среде Чапека и $8,94 \pm 0,29\%$ – на среде Дюлоне. Также продуктивным оказался штамм *Streptomyces sp.* 49: в биомассе содержалось $13,51 \pm 0,17$ и $11,41 \pm 0,50\%$ липидов при культивировании на комплексных средах М-1 и R соответственно. Способность к липидообразованию при росте на комплексных средах оказалась высокой у штамма *Streptomyces fradiae* CNMN-Ас-11 (19). При культивировании данного штамма на комплексных средах М-1 и R количество липидов биомассы составило $12,11 \pm 0,27$ и $12,85 \pm 0,55\%$, соответственно.

Далее определяли фракционный состав липидов биомассы, полученной при культивировании исследуемых штаммов на комплексных (М-1 и R) и синтетических (Чапека и Дюлоне) средах. Известно, что фосфолипиды стрептомицетов могут стабилизировать систему антиоксидантной защиты организма, стеринавая фракция проявляет иммуностимулирующее действие, особенно в комплексе с полисахаридами и фосфолипидами, а триглицериды являются поставщиками энергии. Также известно, что фосфолипиды стрептомицетов отличаются высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот, которые, в свою очередь, важны как для самих микроорганизмов, так и при применении их биомассы в различных областях [2, 11, с. 28].

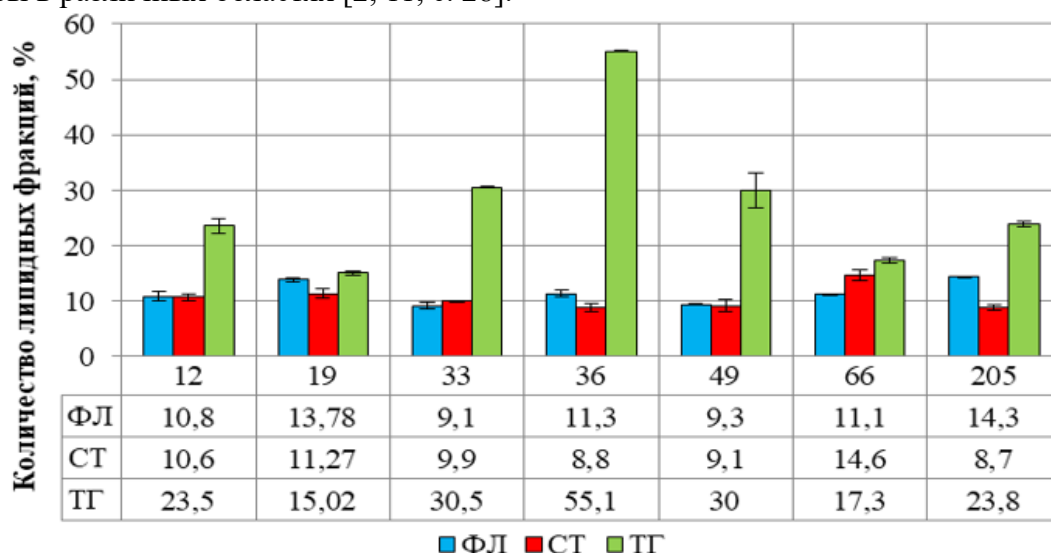


Рисунок 3. Содержание основных липидных фракций (фосфолипиды, стерины, триглицериды) в липидах биомассы стрептомицетов, выращенных на среде М-1

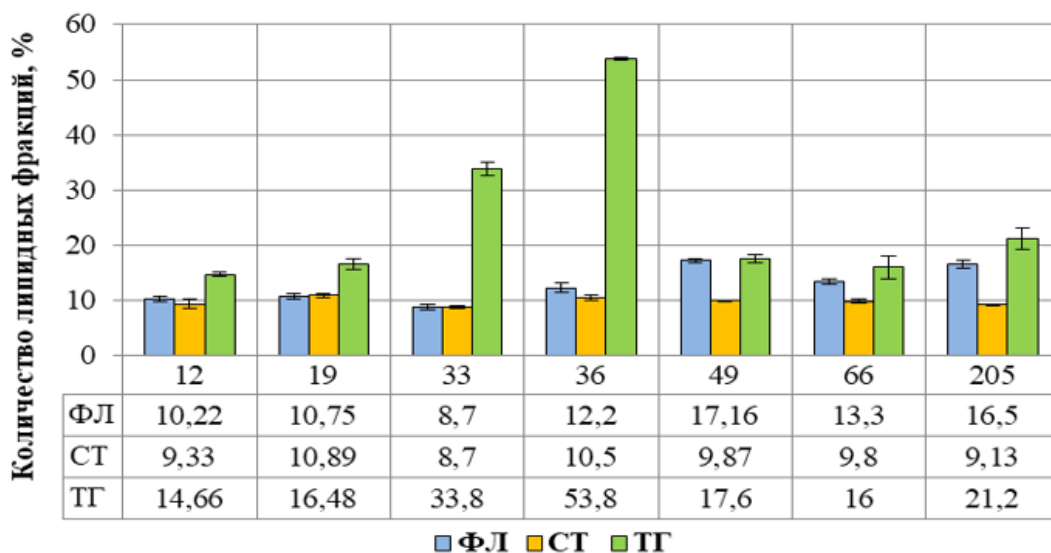


Рисунок 4. Количество основных липидных фракций (фосфолипиды, стерины, триглицериды) в липидах биомассы штаммов стрептомицетов, выращенных на среде R

Замечено, что количество основных физиологически активных липидных фракций (ФЛ, СТ) было разным в зависимости от состава питательной среды. Рис. 3-6 показывают, что содержание фосфолипидной фракции было максимальным в липидах биомассы штаммов *Streptomyces sp.* 12, *Streptomyces fradiae* CNMN-Ac-11 (19), *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ac-06 (36), культивируемых на синтетических средах Чапека и Дюлоне, также было отмечено высокое содержание фосфолипидов у штаммов *Streptomyces fradiae* CNMN-Ac-11 (19), *Streptomyces gougerotii* CNMN-Ac-14 (66), *Streptomyces spp.* 49, 205, выращенных на комплексных средах М-1 и R. Наибольшее содер-

жание стериновой липидной фракции выявлено в липидах биомассы штамма *Streptomyces fradiae* CNMN-Ас-11 (19) при росте на комплексных средах М-1 и R, а также высокая биосинтетическая активность в отношении синтеза стерина наблюдалась у штаммов *Streptomyces gougerotii* CNMN-Ас-14 (66) и *Streptomyces sp.* 12 при их росте на комплексных и синтетических средах.

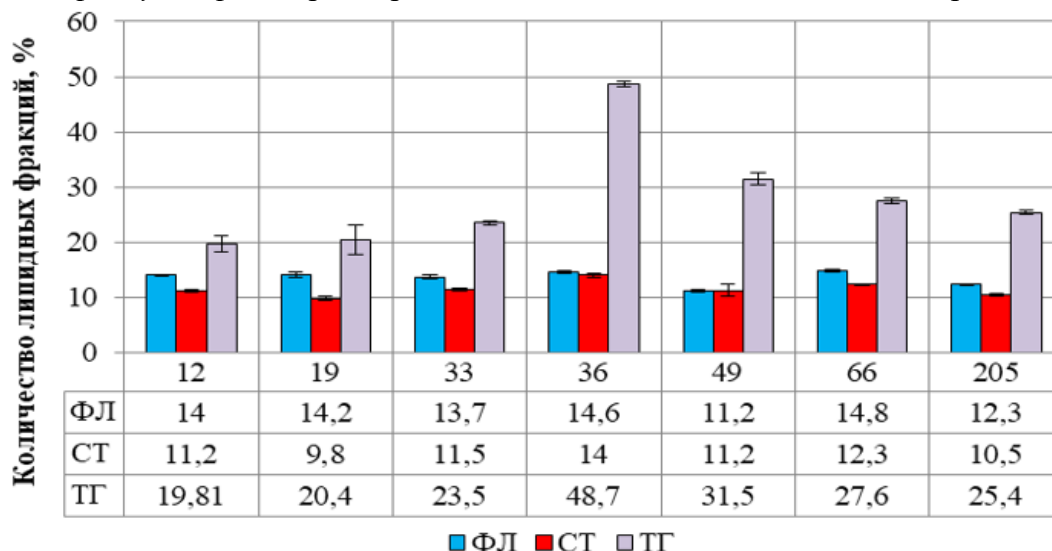


Рисунок 5. Содержание основных липидных фракций (фосфолипиды, стерины, триглицериды) в липидах биомассы стрептомицетов, культивированных на среде Чапека

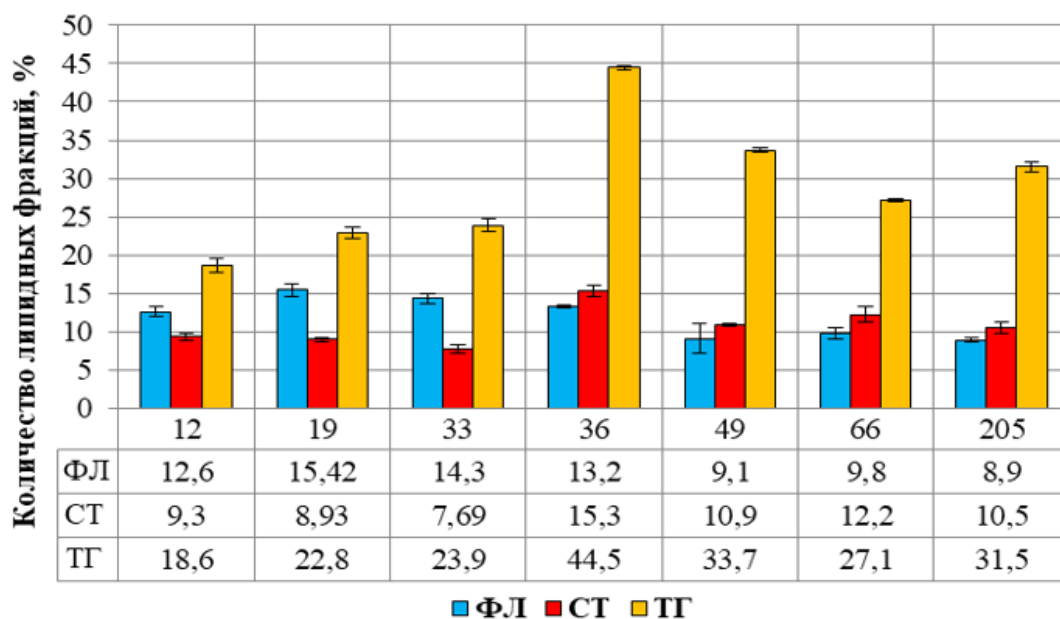


Рисунок 6. Количество основных липидных фракций (фосфолипиды, стерины, триглицериды) в липидах биомассы стрептомицетов, полученных при росте на среде Дюлоне

Содержание триглицеридов составило от 14,7% (*Streptomyces sp.* 12 при росте на среде R) до 55,1% (*Streptomyces massasporeus* CNMN-Ас-06 (36) при росте на среде М-1). Максимальная продуктивность в отношении синтеза триглицеридов отмечена у штамма *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ас-06 (36) при росте на всех видах питательных сред, также высокие биосинтетические возможности для этой липидной фракции показали штаммы *Streptomyces plicatus* CNMN-Ас-13 (33) и *Streptomyces sp.* 49.

Далее изучали аминокислотный состав биомассы штаммов *Streptomyces fradiae* CNMN-Ас-11 (19) и *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ас-06 (36) как наиболее перспективных продуцентов. Было обнаружено содержание 19 аминокислот. Исследования показали, что качественный аминокислотный состав биомассы изученных штаммов идентичен, а количество зависит от среды культивирования и от

штамма. Например, при сравнении аминокислотного состава биомассы штаммов *Streptomyces fradiae* CNMN-Ac-11 (19) и *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ac-06 (36), культивированных на питательной среде R, выяснили, что в полученной биомассе суммарное содержание аминокислот составило около 300 мг/г и 250 мг/г соответственно (Таблица 1). Общее количество заменимых аминокислот (синтезируются макроорганизмом) в биомассе штамма *Streptomyces fradiae* CNMN-Ac-11 (19) составило 65% от общего количества, а незаменимых (лизин, гистидин, метионин, треонин, лейцин, изолейцин, валин, фенилаланин) – около 33%, тогда как у *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ac-06 (36) – 52% и 47% соответственно. Содержание иммуноактивных аминокислот (треонин, валин, триптофан, аспарагиновая и глутаминовая кислоты, серин, аланин, цистин, γ -аминомасляная кислота) в биомассе штаммов *Streptomyces fradiae* CNMN-Ac-11 (19) и *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ac-06 (36) составило около 62% и 48% от общего количества соответственно. Все они формируют иммуноактивные белки организма, участвуют в образовании специфических антител, ускоряют производство Т-лимфоцитов [12, с. 68].

Таблица 1. Суммарное содержание аминокислот в биомассе штаммов *Streptomyces fradiae* CNMN-Ac-11 (19) и *Streptomyces massasporeus* CNMN-Ac-06 (36) при культивировании на комплексной среде R

Сумма аминокислот	<i>Streptomyces fradiae</i> CNMN-Ac-11 (19)	<i>Streptomyces massasporeus</i> CNMN-Ac-06 (36)
Σ аминокислот	291,1±3,1	246,8±0,2
Σ заменимых аминокислот	189,3±0,8	128,0±0,9
Σ незаменимых аминокислот	96,8±0,2	115,2±0,1
Σ иммуноактивных аминокислот	179,3±0,7	118,5±0,2
Σ гликогенных аминокислот	99,8±1,8	83,1±0,4
Σ кетогенных аминокислот	57,2±0,2	75,6±0,1
Σ протеиногенных аминокислот	286,1±0,2	243,2±0,5
Σ серосодержащих аминокислот	14,5±1,2	10,7±0,4

Среди аминокислот наибольшее количество наблюдалось у глутаминовой кислоты – 27-29% от общего количества, аланина – аминокислоты с иммуностимулирующим действием – около 12%. Незаменимая аминокислота лейцин была в наибольшем количестве – около 9% от общей массы аминокислот. Содержание незаменимых аминокислот в биомассе стрептомицетов важно тем, что они не могут самостоятельно синтезироваться в организме животных и человека, поэтому необходимо обеспечить их поступление с пищей [12, с. 23].

Биомасса изучаемых штаммов может служить основой для получения кормовых препаратов для животноводства, использующихся с целью стимуляции роста сельскохозяйственных животных и птицы. Экспериментально было показано, что биомасса штамма *Streptomyces fradiae* CNMN-Ac-11 (19), полученная при разных условиях культивирования, положительно повлияла на рост и общее развитие организма теплокровных животных (крыс), их репродуктивные показатели. В обычных условиях добавление к основному рациону питания биомассы штамма стрептомицетов привело к увеличению массы тела опытных животных на 23,0–26,0% больше по сравнению с контрольными. Кроме того, при исследовании фертильности добавление биомассы в корм способствовало увеличению количества родившихся крысят на 1 самку (на 3,33 новорожденных), также в опытной группе не было зафиксировано ни одного летального исхода [13].

Выводы

Таким образом, штаммы стрептомицетов, выделенные из почв Молдовы обладают биосинтетическим потенциалом, выраженным в разной степени. Отличительной особенностью стрептомицетов является разнообразный биохимический состав биомассы, который может меняться при разных условиях роста, в частности, при изменении состава среды культивирования. Биомасса стрептоми-

цетов содержит биологически активные липидные соединения и аминокислоты, в том числе, незаменимые, что может лечь в основу ее использования в качестве биопрепарата для увеличения массы тела, плодовитости и стрессоустойчивости теплокровных животных.

Библиография:

1. БОЛОРМАА, Ч., ТАЗЕТДИНОВА, Д. И., АЛИМОВА, Ф. К. *Характеристика Streptomyces из пустынных почв Монголии*. В: *Фундаментальные исследования*, 2012, nr 9, с. 545-549.
2. БУРЦЕВА, С. А. *Биологически активные вещества стрептомицетов (биосинтез, свойства, перспективы применения)* / Автореферат диссертации доктора хабилитат биологии. Кишинев, 2002. 35 с.
3. CHATER, K. F., BIRO, S., LEE, K. J., PALMER, T., SCHREMPF, H. *The complex extracellular biology of Streptomyces*. In: *FEMS Microbiological Reviews*, 2010, nr 34, p. 171–198.
4. HASANI, A., KARIMINIK, A., ISSAZADEH K. *Streptomyces: Characteristics and Their Antimicrobial Activities*. In: *International Journal of Advanced Biological & Biomedical Research*, 2014, v. 2, p. 63-75.
5. БРАТУХИНА, А. *Естественная изменчивость и биосинтетическая активность актиномицетов Streptomyces massasporeus* / Автореферат диссертации доктора биологии. Кишинев, 2012. 32 с.
6. РЫСБАХОВ, К. Р. *Использование хлопкового шрота в средах для биосинтеза антибиотика гризина*. В: *Антибиотики, витамины и стимуляторы микробного происхождения*. Труды института Микробиологии и Вирусологии АН Казахской ССР, 1974, Алма-Ата, Наука, том 19, с. 57-63.
7. BURȚEVA, S. A. *Biosynthesis of lipids and fattyacids by streptomycetes*. In: *Roumanian Biotechnological Letters*, 1999, nr. 4(6), p. 535-540.
8. BURȚEVA, S., USATII, A., TODERAȘ, A. *Variabilitatea formelor spontane ale tulpinii Streptomyces sp. 36 pro-ducatoare de substanțe bioactive*. În: *Buletinul AȘM. Seria Științe biologice și chimice*, 1996, nr. 4, p. 27-32.
9. ПОСТОЛАКИЙ, О. М., БУРЦЕВА, С. А. *Влияние миллиметрового излучения на рост и липидообразование Streptomyces canosus CNMN-Ас-02 и его вариантов*. В: *Электронная обработка материалов*, 2009, nr. 2(259), с. 93-97. Доступно: <https://eom.usm.md/index.php/journal/article/view/930/852> / [Просмотрено: 27.01.2025]
10. КОЗАРЕНКО, Т. Д., ЗУЕВ, С. Н., МУЛЯР, Н. Ф. *Ионообменная хроматография аминокислот (теоретические основы и практика)*. Новосибирск: Наука, 1981. 157 с.
11. КОВАЛЬЧУК, Л. П., ДОНЕЦ, А. Т., БУРЦЕВА, С. А. *Липиды актиномицетов*. Кишинев: Штиинца, 1979. 104 с.
12. ГАРАЕВА, С. Н., РЕДКОЗУБОВА, Г. В., ПОСТОЛАТИЙ, Г. В. *Аминокислоты в живом организме*. Chișinău: AȘM, 2009. 552 с.
13. БЕРЕЗЮК, Ю. *Биосинтетические свойства Streptomyces fradiae CNMN-Ас-11 и физиологические эффекты биомассы на организм теплокровных животных (крыс)* / Автореферат диссертации доктора биологии. Кишинев, 2019. 30 с.

Благодарность: Исследования были проведены при поддержке Правительства Республики Молдова, Министерства Образования и Исследований, субпрограмма исследований 020101 “InBioS – Soluții biotehnologice inovative pentru agricultură, medicină și protecția mediului”. Контракт институционального финансирования nr. 4/FI от 22 февраля 2024.

Данные об авторах:

Юлия БЕРЕЗЮК, доктор биологических наук, доцент, Приднестровский университет им. Т. Г Шевченко.

ORCID: 0009-0006-4649-6381

E-mail: ulia203@mail.ru

Светлана БУРЦЕВА, доктор хабилитат биологических наук, профессор-исследователь, главный научный сотрудник, Институт Микробиологии и Биотехнологии Технический Университет Молдовы.

ORCID: 0000-0001-7412-7897

E-mail: svetlana.burteva@imb.utm.md

Максим БЫРСА, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Институт Микробиологии и Биотехнологии, Технический Университет Молдовы.

ORCID: 0000-0003-3068-1719

E-mail: maxim.birsa@imb.utm.md

Анастасия ВАСИЛЬЧУК, старший преподаватель, Приднестровский университет им. Т. Г. Шевченко.

ORCID: 0009-0001-8325-8730

E-mail: vasilchuk2009@mail.ru

Владимир ШЕПТИЦКИЙ, доктор хабилитат биологических наук, доцент-исследователь, главный научный сотрудник, Институт Физиологии и Санокреатологии, Молдавский государственный университет.

ORCID: 0000-0002-6306-7021

E-mail: septitchi@mail.ru

Получено: 06.03.2025

CZU: 633.854.78:581.19

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_20](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_20)

EXPLORAREA POTENȚIALULUI FLORII-SOARELUI CA SURSĂ DE SUBSTANȚE BIOACTIVE ÎN CONTEXTUL BIOECONOMIEI CIRCULARE

Maria DUCA, Steliana CLAPCO, Ana MUTU, Angela PORT,

Universitatea de Stat din Moldova

Oana CRĂCIUNESCU, Elena Iulia OPRÎȚA, Elena MIHAI,

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Științe Biologice, București

Floarea-soarelui este o cultură importantă pentru sectorul agronomic și economia globală. În ultimele decenii, utilizarea și cultivarea florii-soarelui a cunoscut o extindere semnificativă la nivel global, inclusiv în Republica Moldova. Din punct de vedere fitochimic, floarea-soarelui conține o diversitate de compuși bioactivi, inclusiv acizi fenolici, flavonoide, terpene, taninuri, alcaloizi etc. cu efecte nutriționale și terapeutice. Studii recente subliniază potențialul acestei plante de a deveni o sursă importantă de substanțe naturale cu proprietăți antioxidante și antimicrobiene utile, atât în industria alimentară, cât și în cea farmaceutică.

Intensificarea cercetărilor asupra compușilor bioactivi din diferite părți ale plantei de floarea-soarelui și promovarea practicilor durabile de cultivare pot deschide noi perspective economice și sociale, contribuind la sănătatea umană și la conservarea mediului.

Articolul își propune să ofere o perspectivă detaliată asupra oportunităților oferite de substanțele biologice active din floarea-soarelui, în special în contextul aplicării lor în noi formule de suplimente alimentare, nutraceutice și farmaceutice.

Cuvinte-cheie: floarea-soarelui, *Helianthus annuus* L., organe florale, compoziție chimică, valoare nutrițională, substanțe bioactive, utilizări medicinale.

EXPLORING THE POTENTIAL OF SUNFLOWER AS A SOURCE OF BIOACTIVE SUBSTANCES IN THE CONTEXT OF THE CIRCULAR BIOECONOMY

Sunflower is an important crop for the global agriculture and economy. In the last decades, the use and cultivation of sunflower has experienced a significant expansion globally, including in the Republic of Moldova.

Phytochemically, sunflower contains a diversity of bioactive compounds, including phenolic acids, flavonoids, terpenes, tannins, alkaloids, etc. with nutritional and therapeutic effects. Recent studies emphasize the potential of this plant to become an important source of natural substances with antioxidant and antimicrobial properties, useful in both the food and pharmaceutical industries.

Expanding research on bioactive compounds from different parts of the sunflower plant and promoting sustainable agriculture practices can open new economic and social perspectives, contributing to human health and environmental conservation.

This review aims to provide a detailed insight into the opportunities offered by the biologically active substances from sunflower, especially in the context of their application in new formulas of dietary supplements, nutraceuticals and pharmaceuticals.

Keywords: sunflower, *Helianthus annuus* L., floral organs, chemical composition, nutritional value, bioactive substances, medicinal uses.

Introducere

Încă din cele mai vechi timpuri și până în prezent, între 75-90% din populația lumii utilizează diverse extracte din plante în calitate de remedii medicinale, fapt care a condus la creșterea interesului pentru identificarea compușilor biologici activi cu potențial curativ [1].

Floarea-soarelui (*Helianthus annuus* L.), originară din America de Nord, este o cultură de importanță economică, apreciată pentru semințele bogate în ulei de înaltă calitate, contribuind la dezvoltarea unei game largi de produse alimentare (ulei, germeni, semințe prăjite, etc.) [2]. În plus, această plantă reprezintă și o sursă valoroasă de compuși fenolici, flavonoide, alcaloizi, vitamine esențiale și minerale [3-5], având un rol fundamental în dezvoltarea unor noi lanțuri economice pentru obținerea de produse non-alimentare (biocombustibil), precum și produse antioxidante și anti-inflamatoare, cu valoare adăugată, pentru industria cosmetică și farmaceutică.

Semințele sunt bogate în lipide, proteine, carbohidrați, compuși fenolici, carotenoizi, vitamine și minerale (Tabelul 1), care asigură succesul germinării [6, 7]. Prin valorificarea economică a semințelor rezultă producția de ulei comestibil, precum și alte produse pe bază de ulei, cum sunt suplimentele alimentare, lecitina, săpunul și ceara [5, 8].

Uleiul obținut din semințele de floarea-soarelui este compus majoritar din trigliceride, și poate contribui la reducerea nivelului de colesterol și prevenirea depunerilor de grăsimi pe artere. Un studiu *in vivo* a relevat efectul protector al uleiului de floarea-soarelui, la doze de 20 mg/kg, în cazul infarctului miocardic indus cu epinefrină la iepuri neozelandezi [9]. Uleiul are în compoziție doi acizi grași poli- și mono-nesaturați, respectiv acidul linoleic (omega-6) (59%) și acidul oleic (omega-9) (30%), și doi acizi grași saturați, respectiv acidul stearic (6%) și acidul palmitic (5%) [10].

Proporțiile dintre cele patru tipuri principale de acizi grași pot varia în funcție de genotipul plantei, condițiile de cultivare și de tipul de procesare [11-13]. Uleiul de floarea-soarelui este apreciat pentru gust, culoare, conținutul ridicat de vitamine (A, D și E) [9]. Datorită conținutului de acizi grași, uleiul de semințe de floarea-soarelui a accelerat vindecarea unor incizii realizate pe partea dorsală a șobolanilor Wistar, prezentând activitate anti-inflamatoare și capacitate ridicată de reglare a metabolismului lipidic [14].

Tabelul 1. Compoziția semințelor decorticate de floarea-soarelui [7]

Clasă	Tip	Cantitate (g/100 g substanță uscată)
Lipide		47-65
Acizi grași		
<i>Polinesaturați</i>	acid linoleic	51-73
	acid linolenic	<0,3
<i>Mononesaturați</i>	acid oleic	15-37
<i>Saturați</i>	acid palmitic	5-7
	acid stearic	2-6
	acid arahidic	<0,3
Proteine		20,4-40
Peptide, aminoacizi, azot neproteic		1-13
Carbohidrați	fibre, amidon	4-10
Compuși fenolici	acizi fenolici	0,67-2,94
	acid clorogenic	0,50-2,40
	acid quinic	0,12-0,25
	acid cafeic	0,05-0,29
Carotenoizi	luteină, b-caroten	0,01-0,02
Vitamine		
<i>Liposolubile</i>	vitamina E (a- și g-tocoferol)	0,07
<i>Hidrosolubile</i>	vitamina B1 (tiamină)	0,002

Minerale		3-4
	potasiu	0,67-0,75
	fosfor	0,60-0,94
	sulf	0,26-0,32
	magneziu	0,35-0,41
	calciu	0,08-0,10
	sodiu	0,02

Un șir de studii histologice au arătat că tratamentul cu ulei de floarea-soarelui a fost benefic și în cazul unor leziuni realizate în zona lombară la cai, determinând vindecarea mai rapidă a rănii și o aliniere a fibrelor de collagen în etapa de cicatrizare [15]. Cercetările *in vitro* au indicat că extractul apos obținut din semințe de floarea-soarelui prezintă o activitate antioxidantă ridicată exprimată în capacitatea de neutralizare a radicalilor liberi și de reducere a ionului feric [6], precum și un potențial considerabil de a diminua simptomele astmului [16]. Extractul metanolic din semințe de floarea-soarelui bogat în glicozide, alcaloizi, taninuri, flavonoide și saponine a prezentat activitate antioxidantă, antibacteriană și antifungică față de un spectru larg de culturi, printre care *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* și *Aspergillus fumigatus* [17]. Extractul etanolic are un potențial hipoglicemic evidențiat în tratarea diabetului zaharat de tip 2 indus la șobolani [18]. Extractul uleios în hexan a fost util în tratarea dermatitei de scutec datorită activității antimicrobiene și a conținutului ridicat de zinc [19]. Tinctura de semințe de floarea-soarelui a prezentat un efect antigenotoxic la șoarecii tratați cu doxorubicină, spre deosebire de uleiul obținut din semințe [10].

Astfel, cercetările asupra compoziției chimice, valorii nutriționale și efectelor farmacologice s-au concentrat predominant pe semințele de floarea-soarelui. Celelalte părți ale plantei, considerate deșeuri agro-alimentare, cum sunt organele florale (petale, receptacul, flori tubulare), tulpina, frunzele, au fost mai puțin studiate prin prisma compoziției, structurii și activității biologice a compușilor bioactivi. De aceea, există un șir de oportunități de explorare suplimentară în contextul valorificării integrale a plantei pentru a maximiza randamentul economic și a îmbunătăți sustenabilitatea. Totodată, analiza mecanismelor de acțiune ale compușilor bioactivi din părțile componente ale florii-soarelui poate aduce beneficii majore atât în contextul unor noi formule de produse cosmetice, farmaceutice sau nutraceutice, cât și al agriculturii ecologice durabile, promovând utilizarea rațională și completă a resurselor agricole disponibile.

Importanța agronomică și ecologică a organizării florale

Organele florale – caliciul (sepale), corola (petale), staminele și gineceul (carpele), în strânsă corelație cu compoziția chimică a florii, îndeplinesc funcții esențiale susținând reproducerea și valorificarea economică. Arhitectura florală și compoziția chimică diversificată a organelor florale reflectă adaptările evolutive ale florii-soarelui pentru a sprijini și a eficientiza procesul de fertilizare și dezvoltare a semințelor, contribuind la atragerea polenizatorilor și protecția împotriva factorilor externi, asigurând astfel viabilitatea speciei [20].

Floarea-soarelui este o plantă cu inflorescență de tip capitul, formată din flori ligulate (sterile, cu funcție decorativă, esențială pentru atragerea insectelor), dispuse în jurul capitulului și flori tubulare (1.000-2.000 flori individuale de disc, hermafrodite). Acestea sunt conectate împreună la un receptacul comun și formează ceea ce pare a fi o floare unică. Prin dispunerea densă a florilor pe receptacul, corola contribuie la o polenizare entomofilă eficientă, esențială pentru formarea semințelor și randamentul agricol. Anteza începe de la periferie și avansează spre centrul capitulului, facilitând o polenizare continuă pe măsură ce florile se deschid (Figura 1). Această organizare în etape cu o structură circulară perfectă sprijină colaborarea cu polenizatorii și asigură o rată ridicată de fertilizare, conducând la producerea unui număr mare de semințe.

Caliciul este format din sepale reduse, sub formă de peri sau solzi, care asigură protecția mugurilor flori împotriva deshidratării și a daunelor datorate factorilor de mediu nefavorabili (secetă, vânt, arșiță) în timpul dezvoltării. Sepalele secretă polizaharide (pectine) [21] cu rol în coeziunea celulelor și polimeri, precum cutina și cerurile epicuticulare, care contribuie la formarea unei bariere hidrofobe, reducând pierderea

apei. După maturizarea fructelor, caliciul participă la dispersarea achenelor (fructele uscate) prin adaptări morfologice, asigurând răspândirea semințelor în mediu și perpetuarea speciei.

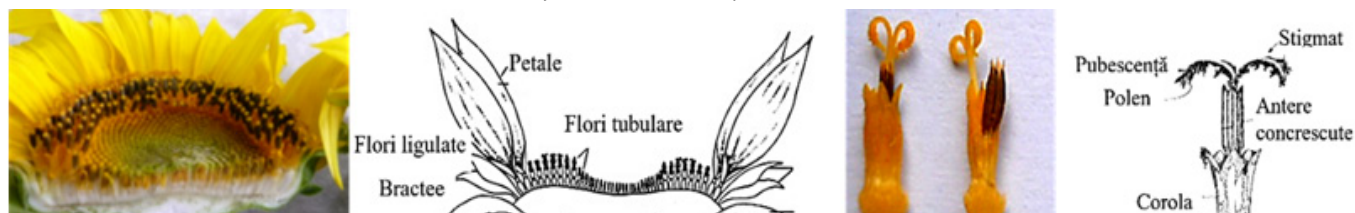


Figura 1. Prezentare generală a structurii florii la plantele de floarea-soarelui

Corola, prin culoarea și forma sa distinctivă, stimulează polenizarea entomofilă, esențială pentru fructificare și propagare. În cazul florii-soarelui, culoarea galben strălucitoare a petalelor este conferită de pigmenții carotenoizi (luteină, zeaxantină și beta-caroten) și joacă un rol important în vizibilitatea florii. Pigmenții antocianici, responsabili pentru nuanțele brun-roșiatice sau purpurii, sunt prezenți în cantități mici și au un rol secundar în atragerea polenizatorilor. Carotenoizii și flavonoidele (quercetină, kaempferol) au o influență majoră în determinarea preferinței polenizatorilor [22]. Diversitatea culorilor și a modelelor cromatice din flori reflectă variația adaptativă din lumea plantelor, având un rol important și în răspunsul la factorii biotici și abiotici, inclusiv în apărarea împotriva erbivorelor [23] și adaptarea la diferite temperaturi ale mediului [24, 25].

Androceul este format din 5 stamine cu filamente libere și antere fuzionate într-un tub. Staminele produc polen care conține proteine, enzime, aminoacizi, lipide și carbohidrați, precum și fitosteroli și vitamine (B, C), ca elemente nutritive esențiale pentru fertilizare și dezvoltarea embrionului, dar și pentru a atrage insectele polenizatoare [26]. Lipidele protejează polenul de deshidratare, asigurându-i viabilitatea pe parcursul transferului. Carbohidrații sunt necesari pentru atragerea polenizatorilor, iar proteinele susțin sănătatea coloniilor de albine. Un rol deosebit în atragerea albinelor și stimularea interacțiunii cu acestea îl au și uleiurile esențiale care conferă un miros specific [27]. Producția abundentă de polen asigură atragerea insectelor polenizatoare, în special a albinelor și, astfel, cresc șansele de fertilizare între diferite plante (polenizarea încrucișată), contribuind la diversitatea genetică și la producția optimă de semințe.

Gineceul este format dintr-un stil, un stigmat bifid și un ovul situat în ovarul inferior, fiind responsabil pentru captarea polenului și formarea semințelor. Stigmatul captează polenul adus de insecte prin intermediul polizaharidelor care intră în componența secrețiilor, facilitând procesul de polenizare. Stilul facilitează fuzionarea gameților masculini cu cei feminini, conducând la fecundare. Fitohormonii (auxine și gibereline) reglează dezvoltarea și fertilizarea, influențând creșterea ovulului și a embrionului, stimulează dezvoltarea pistilului și transformarea ovarului în achenă după fertilizare. Lipidele și uleiurile, implicate în formarea și protecția ovulului, asigură un mediu propice pentru fertilizare. Alcaloizii și flavonoidele oferă protecție ovulului împotriva agenților patogeni și a erbivorelor, contribuind la supraviețuirea și dezvoltarea semințelor. După fertilizare, ovarul inferior se transformă în achenă, care conține semințele cu material genetic și substanțele nutritive pentru a asigura procesul de germinare și răsărire a plantelor, contribuind la succesul reproducerii și productivitatea agricolă.

Alte roluri ale compușilor organici prezenți în organele florale sunt efectul antioxidant și protector împotriva stresului abiotic și biotic [22], contribuția la apărarea împotriva agenților patogeni datorată flavonoidelor [28], precum și acțiunea repelentă față de insectele dăunătoare datorată amestecurilor de terpenoide din uleiurile volatile cu miros specific [29-31].

Grație organizării florale a florii-soarelui și funcționării organelor florale această plantă prezintă o sursă valoroasă pentru bioeconomia sustenabilă, precum și pentru dezvoltarea de noi produse cu aplicații în industria alimentară și farmaceutică.

Activitatea biologică a compușilor naturali din floarea-soarelui

După cum s-a menționat, părțile componente ale *Helianthus annuus* L. conțin o varietate de compuși chimici, secretați ca metaboliți secundari, incluzând compuși polifenolici, terpene, carbohidrați, flavonoide, tanine, alcaloizi, saponine, steroizi, uleiuri esențiale și proteine, care joacă un rol crucial în procesele de creștere și dezvoltare

a plantei, precum și în mecanismele ei de protecție și apărare, contribuie la îndeplinirea funcțiilor fiziologice ale plantei, asigură atragerea polenizatorilor și succesul reproductiv al plantei. În același timp, compușii naturali bioactivi, în particular compușii polifenolici, pot fi izolați și caracterizați pentru proprietățile lor antioxidante, anti-inflamatoare și antimicrobiene, prezentând numeroase beneficii pentru sănătatea umană, fiind valoroși atât în alimentație, cât și în dezvoltarea de produse cu aplicații biomedicale și cosmetice [32] (Tabelul 2).

Prin cercetarea și valorificarea substanțelor bioactive din floarea-soarelui, se pot deschide noi oportunități economice, sprijinind tranziția către practici agricole durabile și asigurând totodată conservarea mediului și noi terapii alternative pentru promovarea sănătății.

Tabelul 2. Rolul biomedical și fitofarmaceutic al compușilor polifenolici prezenți în diferite componente florale ale *Helianthus annuus* L.

Clasă	Compus biologic activ	Funcție	Sursă	Referință
<i>Acizi fenolici</i>	Acizi fenolici (extract total)	Activitate hepatoprotectoare a extractelor apoase și etanolice	Petale	[9]
	Acid clorogenic	Compus polifenolic preponderent cu proprietăți antioxidante și anti-inflamatoare	Microplante și frunze	[33]
	Acid 1,3-dicafeoilquinic	Activitate antioxidantă, anti-inflamatoare și antimicrobiană	Petale și flori tubulare	[4, 35]
		Efect imunomodulator în dermatita atopică	Frunze	[36]
<i>Flavonoide</i>	Quercetin	Activitate anticancerigenă prin interacția cu receptorul de estrogen	Microplante, lăstari	[38]
	Quercetin 3-O-glucosida	Compus puternic antioxidant pentru protecția împotriva bolilor cronice și antiviral cu rol în reducerea infecției cu virusul gripei, Zika, Ebola, SARS-CoV-2	Petale și frunze	[34, 39]
		Activitate anti-inflamatoare prin reducerea producției de citokine și antioxidantă prin inhibarea xantin oxidazei la modele de șobolani cu gută indusă	Disc floral (receptacul)	[40, 41]
<i>Antociani</i>		Protejează planta de stresul biotic și abiotic	Petale	[25]
<i>Terpene</i>	Triterpene glicozidice - heliantoizida B	Activitate anti-inflamatoare față de edemul urechii indus la șoareci, similară indometacinului și hidroclortizonului	Petale	[42, 43]
	Monoterpene -a-pinen, a-terpineol, verbenona, terpinolen	Activitate antiproliferativă testată pe diferite linii de celule umane tumorale, antimicrobiană față de bacterii patogene și fungi, antioxidantă <i>in vitro</i>	Disc floral (Receptacul)	[44]
	69 compuși volatili, dintre care calcone, monoterpene, sesquiterpene	Activitate antioxidantă prin neutralizarea radicalilor liberi de DPPH, ABTS, reducerea ionului feric și inhibarea xantin oxidazei	Disc floral, frunze	[45, 46]
<i>Pigmenți</i>	Carotenoizi -luteină	Activitate antioxidantă similară curcuminei prin inhibarea peroxidării lipidice și a formării de specii reactive de oxigen. Activitate anti-inflamatoare și potențial în tratarea bolilor gastrointestinale	Petale	[47]

Taninuri		Activitate antioxidantă față de radicalii liberi de DPPH și antibacteriană și antifungică	Frunze	[50]
----------	--	---	--------	------

Alte aplicații practice ale părților componente de floarea-soarelui

Florile tinere și pețiolul de floarea-soarelui conțin fibre dietetice și constituie delicatose savuroase în supe și mâncăruri [35, 42]. Există cercetări privind utilizarea petalelor puternic colorate în galben pentru obținerea de pigmenți naturali utili în industria cosmetică [33].

Diferite părți componente ale plantei de floarea-soarelui și unii compuși bioactivi izolați constituie baza unor produse nutraceutice, ceaiuri, furaje și produse fitofarmaceutice și de fitoremediere (Tabelul 3).

Tabelul 3. Aplicații practice ale părților componente de *Helianthus annuus* L.

Produs	Sursă	Efect	Referință
Nutraceutice	Lăstari, micro-plante	Constituie o sursă de vitamine și minerale, aminoacizi, acizi grași și fibre pentru alimentația sănătoasă	[52]
Ceai, tinctură	Petale	De uz intern: imunomodulator, antitumoral, anti-inflamator, calmant pentru faringită, amigdalită, bronșită De uz extern: cataplasma pentru herpes, psoriazis	[53]
Ceai, tinctură	Frunze	De uz intern: tratamentul febrei, malariei, bolilor de plămân, diabetului De uz extern: cataplasma pentru răni, umflături, mușcături de șarpe și păianjen	[42]
Furaje	Frunze	Hrănirea animalelor și păsărilor	[54]
Fitofarmaceutice	Flori	Proteine care inhibă germinarea sporilor fungici de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> și mărește rezistența plantei la atacul patogenilor	[55]
	Frunze, tulpină	Lactone sesquiterpenice inhibă creșterea alungirii segmentelor coleoptile	[56]
Fitoremediere	Planta (rădăcină, lăstari, frunze)	Extrage poluanții din sol prin absorbția metalelor grele și neutralizarea radionuclizilor	[57]

Concluzii

Astfel, structura și funcțiile organelor florale ale florii-soarelui reflectă o adaptare remarcabilă pentru eficiența reproductivă și valorificarea economică. Compoziția chimică specifică fiecărui organ floral – de la pigmenți și flavonoide, la proteine și uleiuri – sprijină funcțiile esențiale pentru atragerea polenizatorilor, fertilizare și producția de semințe. Interacțiunea plantei cu polenizatorii, împreună cu randamentul ridicat al semințelor și beneficiile ecologice, transformă floarea-soarelui într-o cultură de importanță agronomică majoră, valoroasă atât pentru industria alimentară, cât și pentru agricultura durabilă. În plus, cercetarea în continuare a substanțelor bioactive din floarea-soarelui pentru proprietățile lor biochimice și biologice, deschide noi oportunități pentru extinderea utilizării acestora în domeniul cosmetic, farmaceutic și fitoterapeutic, contribuind astfel la tranziția către o bioeconomie circulară.

Floarea-soarelui reprezintă un nucleu al valorilor medicinale, fiind utilizată atât ca aliment, cât și ca medicament la nivel global. Baza farmacodinamică ce susține utilizarea extractelor de *Helianthus annuus* în sistemele etnomedicinale a fost stabilită, iar studiile farmacologice au demonstrat că aceste extracte au activități antioxidante, anti-inflamatoare, antitumorale, antipiretice, astringente, diuretice, catartice, antiasmatic, stimulente, vermifuge (antiparazitare), antimicrobiene și efecte hipoglicemice și în vindecarea rănilor.

Activitatea biologică semnificativă observată la *H. annuus* se datorează prezenței unei game variate de fitocompuși, inclusiv terpene, carbohidrați, fenoli, flavonoide, taninuri, alcaloizi, saponine, fitosteroli,

proteine active, uleiuri și steroizi. Prin utilizarea extractelor pentru medicamente și cosmetice, fermierii pot beneficia de o piață extinsă, adăugând valoare culturii. Rădăcinile, tulpinile, frunzele și florile pot fi valorificate pentru producția de uleiuri esențiale, extracte medicinale și bioproduse, minimizând deșeurile și maximizând rentabilitatea. Floarea-soarelui poate fi o sursă pentru dezvoltarea suplimentelor alimentare și produselor farmaceutice, având astfel un impact pozitiv asupra industriei agroalimentare și farmaceutice. Integrarea plantei de floarea-soarelui în agrosisteme durabile poate sprijini dezvoltarea unor suplimente naturale, reducând astfel dependența de substanțe chimice sintetice și conservând resursele naturale. Prin utilizarea extractelor medicinale bioactive, fermierii pot accelera adoptarea practicilor ecologice și pot participa la un lanț valoric care susține sănătatea oamenilor și a mediului.

Bibliografie:

1. DAVIS C. C., CHOISY P. *Medicinal plants meet modern biodiversity science*. In: *Current Biology*, 2024, nr. 34, R158-R173. ISSN: 0960-9822.
2. ARSHAD M., AMJAD M. *Medicinal use of Sunflower oil and present status of sunflower in Pakistan*. In: *Science, Technology & Development*, 2012, nr. 31(2), pp. 99-106. ISSN: 0950-0707.
3. KAMAL J. *Quantification of alkaloids, phenols and flavonoids in sunflower (Helianthus annuus L.)*. In: *African Journal of Biotechnology*, 2011, nr. 10(16), pp. 3149-3151, ISSN: 1684-5315.
4. LIANG Q., CUI J., LI H., et al. *Florets of sunflower (Helianthus annuus L.): potential new sources of dietary fiber and phenolic acids*. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, pp. 3435-3442. ISSN: 0021-8561.
5. ZOUMPOULAKIS P., SINANOGLU V.J., SIAPIS E., et al. *Evaluating modern techniques for the extraction and characterization of sunflower (Helianthus annuus L.) seeds phenolics*. In: *Antioxidants*, 2017, nr. 6(3), 46. ISSN: 2076-3921.
6. GIADA M.D.L.R., MANCINI-FILHO J. *Antioxidant capacity of the striped sunflower (Helianthus annuus L.) seed extracts evaluated by three in vitro methods*. In: *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2009, nr. 60(5), pp. 395-401. ISSN: 2455-4898.
7. GONZALEZ-PEREZ S., VEREIJKEN J.M. *Sunflower proteins: overview of their physicochemical, structural and functional properties*. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2007, nr. 87, pp. 2173-2191. ISSN: 0022-5142.
8. AMIRUL R. *Literature review: study of antibacterial activity of sunflower (Helianthus annuus L.) extract and its phytochemical profiles*. In: *Journal of Nutraceuticals and Herbal Medicine*, 2020, nr. 3(2), pp. 29-37. ISSN: 2615-4609.
9. KALAM M. A., HABEEB A., NOOR A., et al. *Gul-i-Aftabparast (Helianthus annuus L.): an under exposed, useful flower of unani medicine having nutraceutical and medicinal properties*. In: *Acta Scientific Pharmaceutical Sciences*, 2021, nr. 5(7), pp. 117-123. ISSN: 2581-5423.
10. BORIOLLO M.F., SOUZA L.S., RESENDE M.R., et al. *Nongenotoxic effects and a reduction of the DXR-induced genotoxic effects of Helianthus annuus L. seeds revealed by micronucleus assays in mouse bone marrow*. In: *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2014, nr. 14(1), p. 121. ISSN: 1472-6882.
11. IZQUIERDO N.L., AGUIRREZÁBAL L., ANDRADE F., et al. *Night temperature affects fatty acid composition in sunflower oil depending on the hybrid and the phenological stage*. In: *Field Crop Research*, 2002, nr. 77, pp. 115-126. ISSN: 0378-4290.
12. BAYDAR H., ERBAS S. *Influence of seed development and seed position on oil, fatty acids and total tocopherol contents in sunflower (Helianthus annuus L.)*. In: *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2005, nr. 29, pp. 179-186. ISSN: 1303-6173.
13. LEE Y.H., SONG H. L., PIAO X.M., et al. *Variations of seed traits, oil content and fatty acid composition in sunflower accession*. In: *The Korean Journal of Crop Science*, 2010, nr. 55, pp. 245-252. ISSN: 0252-9777.
14. MALIZA R., SYAIDAH R., AGUSTA I. *Incision-wound healing activity of sunflower seed oil (Helianthus annuus L.): in vivo and in silico study*. In: *Farmacina*, 2023, nr. 71(5), pp. 1001-1012. ISSN: 0014-8237.
15. OLIVEIRA L. A. T., SOUZA V. R. C., ENDRINGER D. C., et al. *Effects of topical application of sunflower-seed oil on experimentally induced wounds in horses*. In: *Journal of Equine Veterinary Science*, 2012, nr. 32, pp. 139-145. ISSN: 0737-0806.

16. HEO J. C., WOOS U., KWEON M. A., et al. *Aqueous extract of the Helianthus annuus seed alleviates asthmatic symptoms in vivo*. In: *International Journal of Molecular Medicine*, 2008, nr. 21(1), pp. 57-61. ISSN: 1791-244X.
17. SUBASHINI R., RAKSHITHA S. U. *Phytochemical screening, antimicrobial activity and in vitro antioxidant investigation of methanolic extract of seeds from Helianthus annuus L.* In: *Chemical Science Review and Letters*, 2012, nr. 1(1), pp. 30-34. ISSN: 2278-6783.
18. SAINI S. N. I., SHARMA S. *Antidiabetic effect of Helianthus annuus L. seeds ethanolic extract in streptozotocin nicotinamide induced type 2 diabetes mellitus*. In: *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 2013, nr. 25(2), pp. 382-387. ISSN: 0975-1491.
19. AZIZ F. M., DARWEESH M. J., RAHI F. A., et al. *In vivo and in vitro studies of a polar extract of Helianthus annuus seeds in treatment of napkin dermatitis*. In: *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 2014, nr. 24(2), pp. 1-3. ISSN: 0976-044X.
20. MASON C., PATEL H. S., DAVIS K. E., et al. *Beyond pollinators: evolution of floral architecture with environment across the wild sunflowers (Helianthus, Asteraceae)*. In: *Plant Ecology and Evolution*, 2017, nr. 150(2), pp. 139-150. ISSN: 2032-3913.
21. GAO Y., YANG L., ZU Y., et al. *Process optimization of ultrasound-assisted extraction of pectin from Helianthus annuus L. heads by response surface methodology*. In: *Advanced Materials Research*, 2014, nr. 955, pp. 848-854. ISSN: 1662-8985.
22. TODESCO M., BERCOVICH N., KIM A., et al. *Genetic basis and dual adaptive role of floral pigmentation in sunflowers*. In: *eLife*, 2022, nr. 11, e72072. ISSN: 2050-084X.
23. GRONQUIST M., BEZZERIDES A., ATTYGALLE A., et al. *Attractive and defensive functions of the ultraviolet pigments of a flower (Hypericum calycinum)*. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2001, nr. 98, pp. 13745-13750. ISSN: 0027-8424.
24. KOSKI M. H., ASHMAN T. L. *Macroevolutionary patterns of ultraviolet floral pigmentation explained by geography and associated bioclimatic factors*. In: *The New Phytologist*, 2016, nr. 211, pp. 708-718. ISSN: 0028-646X.
25. KOSKI M. H., MACQUEEN D., ASHMAN T. L. *Floral pigmentation has responded rapidly to global change in ozone and temperature*. In: *Current Biology*, 2020, nr. 30, pp. 4425-4431. ISSN: 0960-9822.
26. NICOLSON S. W., HUMAN H. *Chemical composition of the 'low quality' pollen of sunflower (Helianthus annuus, Asteraceae)*. In: *Apidologie*, 2013, nr. 44, pp. 144-152. ISSN: 0044-8435.
27. BERTOLI A., FAMBRINI M., DOVERI S., et al. *Pollen aroma fingerprint of two sunflower (Helianthus annuus L.) genotypes characterized by different pollen colors*. In: *Chemistry & Biodiversity*, 2011, nr. 8, pp. 1766-1775. ISSN: 1612-1872.
28. MIERZAK J., KOSTYN K., KULMA A. *Flavonoids as important molecules of plant interactions with the environment*. In: *Molecules*, 2014, nr. 19(10), pp. 16240-16265. ISSN: 1420-3049.
29. FARINA P., CONTI B. *Liabilities of essential oils as insect repellents*. In: *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2024, nr. 40, 100564. ISSN: 2468-5844.
30. BAHMANI K., ROBINSON A., MAJUMDER S., et al. *Broad diversity in monoterpene-sesquiterpene balance across wild sunflowers: Implications of leaf and floral volatiles for biotic interactions*. In: *American Journal of Botany*, 2022, nr. 109, pp. 2051-2067. ISSN: 0002-9122.
31. PRASIFKA J. R., SPRING O., CONRAD J., et al. *Sesquiterpene lactone composition of wild and cultivated sunflowers and biological activity against an insect pest*. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, nr. 63, pp. 4042-4049. ISSN: 0021-8561.
32. KOSTIC A. Z., JANACKOVIC P., KOLASINAC S. M., et al. *Balkans' Asteraceae species as a source of biologically active compounds for the pharmaceutical and food industry*. In: *Chemistry & Biodiversity*, 2020, nr. 17(6), e2000097. ISSN: 1612-1872.
33. PUTTHAR., VENKATACHALAM K., HANPAKDEESAKUL S., et al. *Exploring the potential of sunflowers: agronomy, applications, and opportunities within bio-circular-green economy*. In: *Horticulturae*, 2023, nr. 9, 1079. ISSN: 2311-7524.
34. GUO S., GE Y., JOM K. N. *A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common sunflower seed and sprouts (Helianthus annuus L.)*. In: *Chemistry Central Journal*, 2017, nr. 11, 95. ISSN: 1752-153X.

35. LI X., LI K., XIE H., et al. *Antioxidant and cytoprotective effects of the di-O-caffeoylquinic acid family: the mechanism, structure-activity relationship, and conformational effect*. In: *Molecules*, 2018, nr. 23(1), 222. ISSN: 1420-3049.
36. LEE H.S., KIM E. N., JEONG G. S. *Oral administration of Helianthus annuus leaf extract ameliorates atopic dermatitis by modulation of T cell activity in vivo*. In: *Phytomedicine*, 2022, nr. 106, 154443. ISSN: 0944-7113.
37. GOCMEN E., GOK S. B., ERDOGDU Y. *The effect of irrigation treatments at different development stages on the bioactive components of sunflower cake*. In: *Plant, Soil and Environment*, 2023, nr. 69, pp. 179-187. ISSN: 1214-1178.
38. PREMALATHA P., SARAVANAN K. *Molecular docking of quercetin from Helianthus annuus with human estrogen receptor*, 2017. In: *International Conference on Translational Medicine and Imaging (ICTMI-2017)*.
39. MBIKAY M., CHRETIEN M. *Isoquercetin as an Anti-Covid-19 medication: a potential to realize*. In: *Frontiers in Pharmacology*, 2022, nr. 13, 830205. ISSN: 1663-9812.
40. LI L., TENG M., LIU Y., et al. *Anti-gouty arthritis and antihyperuricemia effects of sunflower (Helianthus annuus) head extract in gouty and hyperuricemia animal models*. In: *BioMed Research International*, 2017, 5852076. ISSN: 2314-6133.
41. QIAO Z., HAN L., LIU X., et al. *Extraction, radical scavenging activities, and chemical composition identification of flavonoids from sunflower (Helianthus annuus L.) receptacles*. In: *Molecules*, 2021, nr. 26, 403. ISSN: 1420-3049.
42. DWIVEDI A., SHARMA G.N. *A review on Heliotropism plant: Helianthus annuus L.* In: *The Journal of Phytopharmacology*, 2014, nr. 3(2), pp. 149-155. ISSN: 2230-480X.
43. UKIYA M. *Triterpene glycosides from the flower petals of sunflower (Helianthus annuus) and their anti-inflammatory activity*. In: *Journal of Natural Products*, 2007, nr. 70(5), pp. 813-816. ISSN: 1520-6025.
44. LIU X.S., GAO B., LI W.N., et al. *Chemical composition and antimicrobial and antioxidant activities of essential oil of sunflower (Helianthus annuus L.) receptacle*. In: *Molecules*, 2020, nr. 25(22), 5244. ISSN: 1420-3049.
45. LIU X.S., GAO B., DONG Z. D., et al. *Chemical compounds, antioxidant activities, and inhibitory activities against xanthine oxidase of the essential oils from the three varieties of sunflower (Helianthus annuus L.) receptacles*. In: *Frontiers in Nutrition*, 2021, nr. 8, 737157. ISSN: 2296-861X.
46. CECCARINI L., MACCHIA M., FLAMINI G., et al. *Essential oil composition of Helianthus annuus L. leaves and heads of two cultivated hybrids "Carlos" and "Florom 350"*. In: *Industrial Crops and Products*, 2004, nr. 19, pp. 13-17. ISSN: 0926-6690.
47. KUMAR C. M., GOWDA T. V. *Sunflower (Helianthus annuus L.) petals: a new biological source of lutein*. In: *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2010, nr. 1(4), 438. ISSN: 0975-8585.
48. LU M., TAN L., ZHOU X. G., et al. *Secoisolariciresinol diglucoside delays the progression of aging-related diseases and extends the lifespan of Caenorhabditis elegans via DAF-16 and HSF-1*. In: *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020, 1293935. ISSN: 1942-0994.
49. PHILLIPS K. M. *Phytochemicals in sunflower kernel – literature review*, 2000. Available: <https://www.sunflowernsa.com> [Accesat: 03.12.2024].
50. SHARMA S. K., ALAMA A. *Phytochemical screening, antimicrobial, and antioxidant properties of Helianthus annuus and Hyophila involuta: a comparative account*. In: *Notulae Scientia Biologicae*, 2024, nr. 16(2), 11557. ISSN: 2067-3264.
51. EL-GEDDAWY M. A. U., SOROUR M. A., ABOU-EL-HAWA S. H., et al. *Effect of domestic processing and microwave heating on phenolic compounds and tannins in some oil seeds*. In: *International Journal of Agricultural Science*, 2019, nr. 1(2), nr. 23-32. ISSN: 2167-0447.
52. JIRAUNGKOORSKUL W. *Review of nutraceutical uses of an antioxidant sunflower sprout, Helianthus annuus*. In: *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 2016, nr. 9(6), pp. 21-23. ISSN: 2455-3891.
53. *Magazin plante medicinale*. Disponibil: <https://www.magazinplantemedicinale.ro/ceai-floarea-soarelui-petale-20gr.html> [Accesat: 28.11.2024].
54. *Britannica. Sunflower Description, Uses, & Facts*. Available: <https://www.britannica.com/plant/sunflower-plant> [Accessed: 12.12.2024].

55. GIUDICI A. M., REGENTE M. C., CANAL L. *A potent antifungal protein from Helianthus annuus flowers is a trypsin inhibitor*. In: *Plant Physiology and Biochemistry*, 2000, nr. 38(11), pp. 881-888. ISSN: 0981-9428.
56. SPRING O., HAGER A. *Inhibition of elongation growth by two sesquiterpene lactones isolated from Helianthus annuus L.* In: *Planta*, 1982, nr. 156(5), pp. 433-440. ISSN: 1432-2048.
57. ZHONG J., LIU Y., CHEN X., et al. *The impact of acid rain on cadmium phytoremediation in sunflower (Helianthus annuus L.)*. In: *Environmental Pollution*, 2024, nr. 340(2), 122778. ISSN: 1873-6424.

N. B.: Studiul a fost realizat în cadrul proiectului de colaborare moldo-română PN-IV-P8-8.3-ROMD-2023-0269 „Valorificarea complexă a subproduselor *Helianthus annuus* pentru obținerea de noi produse cu potențial biomedical” finanțat de Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior, a Cercetării, Dezvoltării și Inovării, România și a Subprogramului „011101 Abordări genetice și biotehnologice de management al agroecosistemelor în condițiile schimbărilor climatice”, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării a Republicii Moldova.

Date despre autori:

Maria DUCA, doctor habilitat în științe biologice, profesor universitar; academician, cercetător științific principal, Centrul de Cercetări Științifice în Genetică Funcțională, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5855-5194

E-mail: mduca2000@yahoo.com

Steliana CLAPCO, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător; șef Centrul de Cercetări Științifice în Genetică Funcțională, Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova.

ORCID: 0000-0001-7147-2740

E-mail: steliana.clapco@usm.md

Ana MUTU, doctor în științe biologice; cercetător științific superior, Centrul de Cercetări Științifice în Genetică Funcțională, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8603-142X

E-mail: ana.mutu@usm.md

Angela PORT, doctor în științe biologice, conferențiar universitar; cercetător științific coordonator, Centrul de Cercetări Științifice în Genetică Funcțională, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-3994-8918

E-mail: portang@yahoo.com

Oana CRĂCIUNESCU, doctor în științe biologice; cercetător științific gradul I, Departamentul Biologie Celulară și Moleculară, Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Științe Biologice, București, România.

ORCID: 0000-0003-0625-3650

E-mail: oana_craciunescu2009@yahoo.com

Elena Iulia OPRÎȚA, doctor habilitat în științe biologice; șef al Departamentului Biologie Celulară și Moleculară, Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Științe Biologice, București, România.

ORCID: 0000-0002-6996-6175

E-mail: iulia.oprita@incdsb.ro

Elena MIHAI, doctor în științe biologice; cercetător științific, Departamentul Biologie Celulară și Moleculară, Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Științe Biologice, București, România.

ORCID: 0009-0007-4980-8341

E-mail: elena.mihai@incdsb.ro

CZU: 581.132:634.22

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_21](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_21)

FORMAREA ȘI FUNCȚIONAREA APARATULUI FOTOSINTETIC LA POMII DE PRUN PE PARCURSUL PERIOADEI DE VEGETAȚIE

Alina GÎSCĂ,

Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al USM

Cercetarea în domeniu, este axată în principal pe studii fiziologice ale pomilor fructiferi. Scopul principal este de a scoate în evidență cei mai informativi indicatori funcționali ai unor soiuri în dependență de factori ai mediului ambiental. Seceta, prin insuficiența de apă în sol și atmosferă, temperatură și radiație solară înalte, este cel mai alarmant factor ce limitează productivitatea și stabilitatea recoltei pentru majoritatea culturilor, inclusiv pomicole. Studiul elementelor asociate procesului de fotosinteză la prun în condiții de insuficiență de umiditate a scos în evidență modificări ale suprafeței frunzelor per pom în dependență de soi și gradul de asigurare cu apă; subordonarea conținutului pigmentilor fotosintetici particularităților biologice ale soiului, precum și condițiilor de creștere.

Cuvinte-cheie: *prun, suprafață foliară, factori ambientali, frunze, secetă, pigmenți clorofilieni.*

FORMATION AND FUNCTIONING OF THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS IN PLUM TREES DURING THE VEGETATION PERIOD

Research in the field is mainly focused on physiological studies of fruit trees. The main goal is to highlight the most informative functional indicators of some varieties depending on environmental factors. Drought, through insufficient water in the soil and atmosphere, high temperature and solar radiation, is the most alarming factor limiting the productivity and stability of the harvest for most crops, including fruit crops. The study of elements associated with the photosynthesis process in plums under conditions of insufficient moisture has highlighted changes in the leaf area per tree depending on the variety and the degree of water deficiency; the subordination of the content of photosynthetic pigments to the biological peculiarities of the variety, as well as to growth conditions.

Keywords: *plum, leaf area, environmental factors, leaves, drought, chlorophyll pigments.*

Introducere

În țara noastră, cu condiții naturale de climă și de sol destul de favorabile pentru creșterea și fructificarea speciilor horticole, pomicultura reprezintă una din ramurile principale ale agriculturii. Se știe că pentru obținerea unor recolte mari de fructe, cu valoare biologică superioară, competitive pe piața internațională, pentru condiții de eficiență economică, este necesar de implementat în cultura speciilor pomicole cele mai bune soiuri și tehnologii avansate de cultivare a lor [1].

Obținerea unei producții ecologice sigure pentru mediu, cu un conținut bogat în substanțe valoroase din fructele cultivate, devine cea mai importantă sarcină a pomiculturii moderne. Prunul este o specie sâmburoasă promițătoare pentru Republica Moldova, ceea ce se explică prin valoarea deosebită de consum și un conținut bogat în ceea ce privește conținutul de zaharuri digerabile, pectine, acizi organici, vitamine, precum și o bună păstrare, ceea ce face posibilă utilizarea fructelor proaspete pe tot parcursul anului [2]. Prin urmare, producția lor ar trebui să crească constant. Cu toate acestea, în ciuda valorii mari a fructelor pentru economia națională, condițiile meteorologice din țară nu sunt întotdeauna satisfăcătoare pentru producția lor, a cărei scădere a productivității este adesea rezultatul efectului asupra plantei a unui complex de factori nefavorabili (temperatură, deficit de umiditate, dăunători), în urma cărora procesele de creștere sunt inhibate, aprovizionarea cu elemente nutritive este întârziată, se observă modificări ale echilibrului hormonal, ceea ce duce la o reducere semnificativă a randamentului [3].

Cultivarea eficientă a prunului necesită investigații profunde atât referitor la selectarea genotipurilor potrivite condițiilor pedoclimatice variabile, cât și la aprecierea capacităților de dezvoltare a pomilor altoiți. Astfel, stabilirea sortimentului ce posedă plasticitate ecologică largă și adaptabilitate înaltă la condiții variabile climatice și edafice reprezintă o sarcină foarte importantă pentru specia de prun [4].

Materiale și metode

Ca obiect de studiu au servit pomii de prun a două soiuri tardive: Stanley (de selecție străină) și Udlinionnaia (de selecție autohtonă) [5].

Cercetările științifice au fost efectuate pe durata perioadei de vegetație, în lizimetrele Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al USM.

Paralel metodelor descriptive a fost aplicată, metoda experimentală are ca și caracteristică esențială faptul de a face posibilă stabilirea de relații de cauzalitate între evenimente. Este deci, metoda care permite cu adevărat explicarea fenomenului studiat sub aspectul planificat. Experimentul este metoda de cercetare prin care se verifică o relație presupusă (dată în ipoteză) dintre două fenomene prin provocarea și controlul acestora de către experimentator[6].

Conform obiectivelor trasate în studiul de față au fost evaluate 2 variante: i) experimentală ce a inclus plante crescute în condiții de insuficiență de umiditate și ii) martor – plante crescute în condiții optime de creștere (cu irigare).

Concentrația de pigmenți sa determinat la spectrofotometru T60U după densitatea lor optică. Densitatea optică a extractului de pigmenți s-a determinat la lungimea de undă corespunzătoare maximului de absorbție a pigmenților "a", "b" și carotenoizi[7,8,9].

Datele obținute au fost prelucrate statistic (programa EXCEL).

Rezultatele cercetării

Creșterea vegetativă și fotosinteza prezintă suportul principal al vitalității, productivității și rezistenței plantelor. Creșterea asigură formarea, maturizarea și funcționarea organelor necesare pentru efectuarea procesului de fotosinteză datorită activității căruia sub influența energiei solare are loc sinteza substanțelor organice primare din cele neorganice din care în continuare se obțin compuși necesari ai celulei vegetale. Creșterea vegetativă este un indice al interacțiunii proceselor fiziologice și biochimice ce evidențiază starea fiziologică a plantelor și reacția la acțiunea factorilor mediului ambiant [7].

La începutul perioadei de vegetație a anului 2024 au fost efectuate măsurările biometrice a lăstarilor anuali, la pomii de prun. Din datele obținute privind dinamica creșterii lăstarilor în lungime și diametru, precum și numărul de frunze per lăstar, a fost constatat, că valorile acestor indici diferă. În varianta martor au fost constatate valori mai înalte privind lungimea frunzei, în raport cu cea experimentală (fig. 1).

După lățimea frunzei nu au fost înregistrate diferențe semnificative între variante, în timp ce pentru numărul de lăstari anuali se atestă diferențe evidente dintre martor și varianta experimentală (tabelul 1).

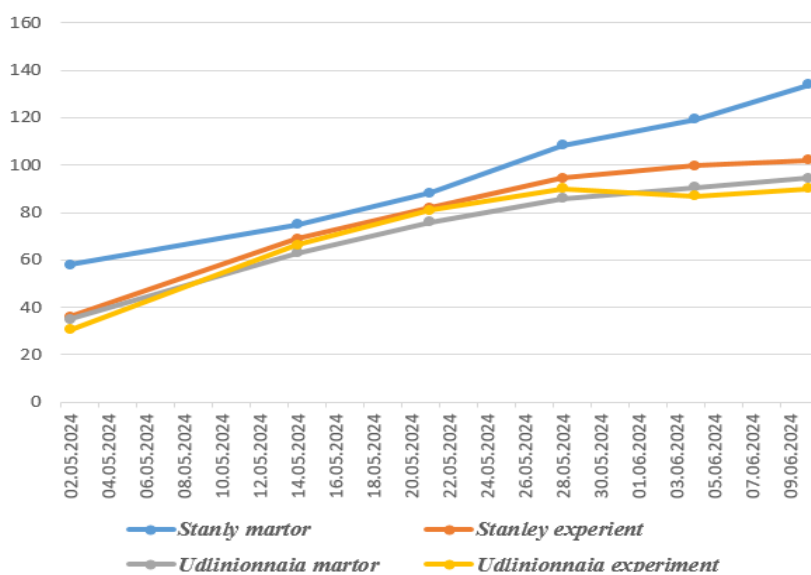


Figura 1. Dinamica creșterii lăstarilor anuali la soiurile de prun (lungimea, cm), anul 2024

Tabel 1. Numărul lăstarilor anuali la plantele de prun, a. 2024

Soi/Variantă	Număr lăstari	
	s. Stanley	s. Udlinionnaia
Martor	100 ±1,9	133 ±2,8
Experiment	89,5 ±2,1	94 ±1,0

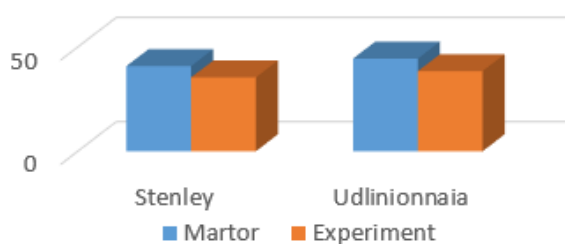


Figura 2. Suprafața medie a frunzelor la soiurile de prun în perioada de vegetație, a. 2024

Conform rezultatelor evaluării, dinamica creșterii suprafeței frunzelor plantelor de prun în timpul sezonului de vegetație în varianta martor și cea experimentală este proximală (fig. 2).

Formarea suprafeței foliare la prun a fost evaluată pe perioada de vegetație a pomilor, de creștere și rodire. La pomii de prun, suprafața frunzelor diferă nesemnificativ de la un soi la altul (fig. 2). Aceste date au fost înregistrate și la soiul Stanley, care conform literaturii de specialitate este mai rezistent la insuficiența de umiditate. Analizând variantele luate în studiu se atestă că pe perioada

de vegetație a anului 2024 la martor suprafața foliară a fost în medie cu 15% mai mare față de pomii din varianta cu insuficiență de umiditate.

Unul dintre indicii fiziologici importanți, care caracterizează influența condițiilor externe asupra plantelor, este conținutul de pigmenți clorofilieni [10], clorofilele a și b, carotenoizi în frunze. Determinarea conținutului de pigmenți clorofilieni și carotinoide în frunzele pomilor de prun în dependență de variantele analizate sunt prezentate în figura 3. Dinamica acumulării pigmenților fotosintetici la toate soiurile și variantele este identică.

Pe baza datelor înregistrate, putem remarca că în varianta experimentală conținutul de clorofilă și carotenoizi în frunzele plantelor de prun a fost modificat. Conținutul clorofilei a, b și a carotenoizilor în varianta martor este mai mare decât în varianta experimentală (fig. 3).

Soiul Stanley după conținutul clorofilei a, b, a+b, precum și carotenoizi s-a caracterizat prin valori mai stabile, devierile fiind în limitele 1-3%. Soiul Udlinionnaia a prezentat o vulnerabilitate mai accentuată la deficitul hidric. În frunzele acestui soi a fost remarcată o scădere a sumei clorofilelor a+b cu cca 7-9 %.

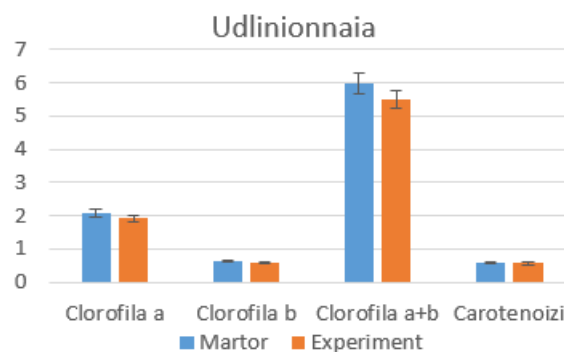
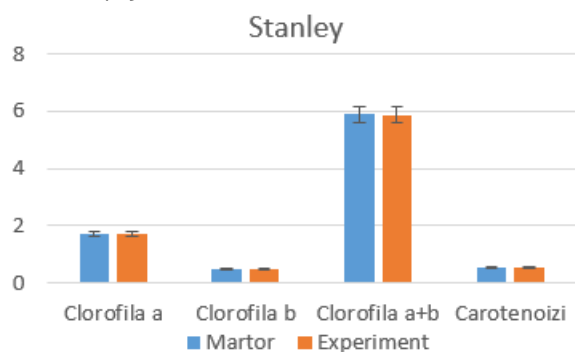


Figura 3. Conținutul de pigmenți clorofilieni în frunzele pomilor de prun, a. 2024 ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2}$)

O diferență mai mare între variante se observă la soiul Udlinionnaia, privind conținutul de pigmenți, pe toată perioada de vegetație, chiar și în luna iulie când temperaturile din timpul zilei au fost anormal de ridicate decât în mod normal, iar cantitatea de precipitații mai joasă decât norma.

În perioada caldă de vegetație din iunie-iulie, conținutul de pigmenți scade, dar la plantele cu umiditate suficientă acest lucru este mai puțin pronunțat decât la varianta experimentală. Tot odată, putem observa, că nivelul sumar al conținutului pigmenților și carotinoizilor în frunzele plantelor de prun este mai mare în varianta martor. Această diferență fiind explicată prin faptul că fiecare specie are particularitățile sale biologice și rezistență diferită la condițiile mediului.

Există o legătură cunoscută între parametri atât de importanți ai aparatului fotosintetic precum conținutul de clorofilă, indicele de clorofilă, potențialul fotosintetic al clorofilei ca un indicator cantitativ al productivității fotosintetice [9, 10]. Indicele de clorofilă, care caracterizează conținutul brut de clorofilă dintr-o plantă la un anumit moment de dezvoltare și este calculat în grame de clorofilă la 1 plantă, sau în grame de clorofilă pe m^2 de plantație.

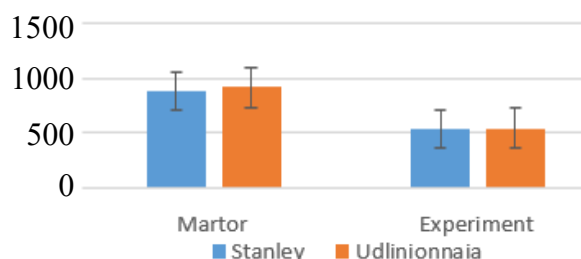


Figura 4. Indicele de clorofilă în frunzele pomilor de prun la date de 30.07.24 (g clorofilă·plantă⁻¹)

Conținutul brut de clorofilă dintr-o plantă într-o anumită perioadă de fenologică caracterizează potențialul fotosintetic al clorofilei. Acești indicatori sau evidențiat între diferitele variante martor și experiment (fig. 4). O diferență mai semnificativă s-a observat la soiul Udlinionnaia.

Concluzii

1. Suprafața frunzelor per pom de prun variază în dependență de soi și gradul de asigurare cu apă.
2. Indicii fiziologici asociați procesului fotosintetic sunt determinați de particularitățile biologice ale soiului, precum și de deficitul de umiditate.

Bibliografie:

1. CIMPOIEȘ Gh. *Pomicultură specială*. Chișinău, Editura Colograf-Com 2002, 336 p.
2. GRĂDINARU Gh. etc. *Prunul importanța culturii*. În: *Agrochimie*, 2009, 1-19 p.
3. RAPCEA M., MLADINOI V., BABUC V. etc. *Conceptia dezvoltării pomiculturii în Republica Moldova pe anii 2002-2020. Cercetări în pomicultură*. Vol. I. Chișinău, 2002, 17-19 p.
4. BABUC V. *Pomicultura*. Chișinău: T. Centrală, 2012. 664 p.
5. *Catalogul soiurilor de plante al Republicii Moldova pentru anul 2023*. Chișinău, 2023, 73-74 p.
6. CARP I., ABABEI R. *Bazele teoretico-metodice ale activității de cercetare*, Note de curs Chișinău, 2016, 224 p.
7. DUCA M., SAVCA E., PORT A. *Fiziologia vegetală. Tehnici speciale de laborator*. 173 p.
8. БАСЛАВСКАЯ С. С., ТРУБЕЦКОВА О. М. *Практикум по физиологии растений*. Изд. МГУ, 1964, с.105-117.
9. ШЛЫК А. А. *Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев*. // *Биохимические методы в физиологии растений*. М.: Колос, 1971, с.154-170.
10. АНДРИАНОВА Ю. Е., ТАРЧЕВСКИЙ И. А. *Хлорофилл и продуктивность растений*. М.: Наука, 2000. 135с.

N. B.: Cercetările au fost realizate în cadrul Proiectului de doctorat cu tema „Adaptarea cito-fiziologică a pomilor de prun la factorii ambientali și impactul asupra productivității”, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării.

Date despre autor:

Alina GÎSCĂ, cercetător științific, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al Universității de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova.

ORCID: 0009-0001-8770-673X/25.09.2023

E-mail: alina.gisca@sti.usm.md, telefon – 06779071.

Prezentat: 27.02.2025

CZU: 631.8

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_22](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_22)

FUNCȚIILE SANO-PEDOREGENERATIVE ȘI CLIMATO-ADAPTIVE ALE SISTEMULUI DE SUBSTANȚE ORGANICE AL CERNOZIOMURILOR

Gheorghe JIGĂU, Sergiu DOBROJAN, Galina DOBROJAN, Tatiana BUNDUC,

Universitatea de Stat din Moldova

Funcțiile sano-pedoregenerative și climato-adaptive ale diverselor grupe de substanțe organice din sol sunt examinate prin prisma funcționalității sistemului de substanțe organice, acesta fiind perceput ca continuum heterogen integral, interdeterminat și interdependent al substanțelor organice labile și humice inerte integrate în matricea minerală care asigură desfășurarea continuă a circuitului carbonului organic și elementelor biofile în cadrul eco/agro-ecosistemelor.

Interacțiunea echilibrată interdependentă și interdeterminată a substanțelor organice labile și celor inerte asigură stabilitatea funcțională a sistemului de substanțe organice.

Managementul funcționalității sistemului de substanțe organice și, respectiv al funcțiilor sano-pedoregenerative și climato-adaptive, presupune asigurarea continuității circuitului carbonului organic și al elementelor nutritive prin sustenabilizarea resurselor bioenergetice și a proceselor de humificare și de stabilizare a carbonului organic în sol.

Cuvinte-cheie: *sistem de substanțe organice, funcții ecosistemice, funcții sano-pedoregenerative.*

HEALTH-PEDOREGENERATIVE AND CLIMATE-ADAPTIVE FUNCTIONS OF THE ORGANIC SUBSTANCES SYSTEM OF CHERNOZIOMS

The health-pedoregenerative and climate-adaptive functions of various groups of organic substances in the soil are examined through the prism of the functionality of the organic substances system, which is perceived as an integral, interdetermined and interdependent heterogeneous continuum of labile organic substances and inert humic substances integrated into the mineral matrix that ensures the continuous development of the organic carbon and biophilic elements cycle within eco/agroecosystems.

The balanced interdependent and interdetermined interaction of labile and inert organic substances ensures the functional stability of the organic substances system.

The management of the functionality of the organic substances system and, respectively, of the health-pedoregenerative and climate-adaptive functions, involves ensuring the continuity of the organic carbon and nutrient cycle by sustaining bioenergetic resources and the processes of humification and stabilization of organic carbon in the soil.

Keywords: *organic substance system, ecosystem functions, health-pedoregenerative functions.*

Introducere

Provocările globale (schimbările climatice, degradarea vertiginoasă a sănătății și fertilității solurilor în special a celor biologic productive, extinderea spațiilor afectate de aridizare-deșertificare implică concluzia că agricultura intensivă sub orice formă nu a asigurat unul din obiectivele de bază reproducerea largită a funcțiilor ecosistemice, în special a celor sano-pedoregenerative și climato-adaptive.

În contextul funcțiilor specificate solul este definit sistem dinamic politazic, biorutinar, paraviu, ierarhic structurat, polinivellar, polifuncțional înzestrat cu funcții și servicii ecosistemice. Aceasta a implicat o abordare nouă, pedofuncțională, a solurilor cu plasarea accentelor pe sustenabilizarea proceselor tipogenetice cu regenerarea resurselor de sol și funcțiilor ecosistemice ale acestora.

Aceasta implică necesitatea identificării sensului și intensității proceselor pedogenetice cernoziomice în condiții de dereglare, progresiv unidirecționată, a echilibrului dintre factorii pedogenetici și învelișul de sol în condiții de stabilitate climatică și degradare accelerată a învelișului de sol.

În acest context scopul prezentelor cercetări presupune identificarea cadrului conceptual-metodologic de asigurare a funcționării regenerative unidirecționate a solurilor în condiții de perturbare a echilibrului dintre factorii pedogenetici și învelișul de sol în condiții de instabilitate climatică și degradare accelerată a învelișului de sol.

Metode și materiale aplicate

În cadrul prezentelor cercetări pornim de la o serie de provocări cu care se confruntă resursele de sol din spațiul dintre Prut și Nistru în contextul managementului funcțiilor sano-regenerative și climato-adaptive cărora le revine un rol decisiv în conservarea și reproducerea procesului pedogenetic cernoziomic.

În acest context cercetările noastre au arătat că în cadrul actului trend al condițiilor biopedoclimatice regionale acțiunea intercalată a schimbărilor climatice și agrogenezei au cauzat o serie de modificări pedofuncționale cu impact decisiv asupra funcțiilor ecosistemice în special a celor sano-pedoregenerative și climato-adaptive ale cernoziomurilor arabile cu impact decisiv asupra sensului și intensității proceselor tipogenetice cernoziomice [1]. Efectele specificate sunt intensificate de vulnerabilitatea sporită a spațiului dintre Prut și Nistru la schimbările climatice deoarece, ca urmare a suprafeței mici a spațiilor acvatice și a gradului sporit de dezmembrare-drenare erozională, încălzirea, caracteristică actualului trend al condițiilor climatice, se realizează accelerat și este cauzată de supraîncălzirea suprafeței solurilor aceasta fiind favorizată de mai mulți factori:

1. Reducerea gradului de acoperire cu vegetație și, respectiv, de umbrire a suprafeței solului;
2. Distrugerea, totală, pe mai mult de 80% din suprafața spațiului dintre Prut și Nistru a stratului de detrit humifer care în cernoziomuri îndeplinește funcția de strat protector și reglator al regimului termic;
3. Sporirea albedoului și reducerea căldurii specifice a solurilor ca urmare a dehumusierii, destructurării și deshidratării acestora;
4. Reducerea semnificativă a umidității relative a aerului aceasta prezentând valori caracteristice pentru spațiile aride.

Ca urmare a sporit frecvența secetelor, în special a celor bi-și triennale, gradul de severitate a acestora cu tendința de sporire a duratei.

Fenomenele specificate s-au răsfrânt asupra regimului hidrologic al solurilor, bilanțului apei și regimului hidric.

În profilul hidrologic al cernoziomurilor arabile pe parcursul perioadei de vegetație clar se conturează un strat secundar aridizat cu trăsături caracteristice stratului „fiziologic mort”. Ca urmare a destructurării s-a redus ascensiunea capilară. A scăzut drastic capacitatea pentru apă dar și cea de conservare a apei în sol. În același timp, s-a stabilit că modificările specificate poartă caracter rezidual-cumulativ, iar ca urmare climatul cernoziomurilor arabile nu mai poate fi considerat semi-arid-semiumid [2].

În aceste condiții managementul resurselor de sol se confruntă cu o serie de provocări:

1. Solurile nu mai corespund condițiilor climatice (fenomen necunoscut teoriei pedogenezei);
2. Solurile, ca urmare a reducerii capacității de adaptare, nu mai fac față actualelor condiții climatice;
3. Solurile nu mai corespund tehnologiilor practicate;
4. Nici una din tehnologiile actualmente practicate nu asigură reproducerea capacității de adaptare la actualul trend al condițiilor climatice.

Actualul trend al evoluției cernoziomurilor arabile din regiune presupune revederea paradigmei managementului carbonului organic în sensul atenuării impactului schimbărilor climatice asupra proceselor tipogenetice cernoziomice bazat pe sustenabilizarea circuitului carbonului prin plasarea accentelor pe sechestrarea și stabilizarea acestuia în sol.

Aceasta presupune identificarea și evaluarea funcțiilor diverselor fracțiuni de substanțe organice în funcționarea sistemului de substanțe organice al solului, realizarea funcțiilor de reproducere a sănătății solului și de adaptare a acestuia la schimbările climatice.

Prin esența sa noua paradigmă presupune elaborarea cadrului teoretic-conceptual și aplicativ de management sustenabil, a procesului de formare și de acumulare a humusului și celui de depozitare-stabilizare a carbonului organic în sol.

În acest sens, cercetările noastre anterioare au arătat că procesul de formare-acumulare a humusului este responsabil de regenerarea proceselor tipogenetice cernoziomice responsabile de reproducerea lărgită a sănătății și fertilității solului. În acest context sanatatea și fertilitatea solului sunt categorii biofizice interdependente și interdeterminate.

Prin această prismă de idei sanatatea solurilor presupune stări fizice, chimice, fizico-chimice, biologice care asigură condiții optimale pentru realizarea capacității acestuia de a funcționa ca sistem paraviu în cadrul ecosistemului și de ași îndeplini funcțiile esențiale, îndeosebi a celor de a contribui la producția vegetală, la asigurarea calității apelor și a aerului, precum și a sănătății omului.

În acest context, fertilitatea solului presupune capacitatea solului de a asigura stări fizice, chimice, fizico-chimice, și biologice optimale pentru realizarea capacității acestuia de a funcționa în cadrul ecosistemului și de ași îndeplini funcțiile esențiale îndeosebi a celor de a contribui la producția vegetală, la asigurarea calității apelor și a aerului, precum și a sănătății omului.

În atare abordare considerăm, că reproducerea sănătății solului asigură condiții optimale pentru reproducerea fertilității solului și invers fertilitatea solului asigură producerea de resurse bioenergetice necesare pentru reproducerea sănătății solului.

Reproducerea unidirecționată interdependentă și interdeterminată a sănătății și fertilității solului conduce, în timp la regenerarea unidirecționată a proceselor tipogenetice cernoziomice materializate în restabilirea funcționalității sistemului pedofuncțional [sistem bioenergetic]↔[sistem agregatic] responsabil de sechestrarea-stabilizarea carbonului organic în agregatele structurale și reproducerea unidirecționată funcțiilor ecosistemice sano-pedoregenerative și climato-adaptive [3].

În acest sens, managementul carbonului organic și asigurarea reproducerii unidirecționată a funcțiilor ecosistemice sano-pedoregenerative și climato-adaptive presupune asigurarea unui cadru pedofuncțional optimal pentru sechestrarea și stabilizarea carbonului organic.

Conform cercetărilor mai recente sechestrarea și stabilizarea carbonului organic este determinată de un complex de diverse procese care se realizează concomitent în soluri, un rol deosebit revenind proceselor de încadrare a acestuia în componența agregatelor structurale care fizic protejează substanțele organice. În acest context, cercetările au scos în evidență o dependență direct proporțională între conținutul de humus și gradul de structurare a solurilor, gradul de stabilizare a acestuia fiind în sporire pe măsura reducerii dimensiunilor agregatelor [4].

Prin această prismă de idei cercetările noastre au arătat că procesul de sechestrare-stabilizare a carbonului organic în sol presupune realizarea a patru funcții de bază care asigură circuitul biogeochimic al acestuia [5]:

1. funcția de bază a procesului de humificare-presupune furnizarea substanțelor humice nou-formate care asigură asocierea particulelor minerale și organice cu formarea de produse organo-minerale cu formarea materiei pedostructurale.

2. funcția de bază a humusului-presupune asigurarea proceselor de asociere a materiei pedostructurale în agregate structurale cu diverse dimensiuni:

3. funcția de bază a procesului de agregare-structurare-presupune totalitatea proceselor fizice (gonflare-contrație; deshidratare, compactare) de stabilizare a agregatelor manifestată în stabilitatea mecanică și hidrică (hidrostabilitate).

4. funcția de bază a structurii agregatice-presupune asigurarea cadrului pedofuncțional responsabil de desfășurarea proceselor biochimice de formare a humusului, reînnoirea materiei pedostructurale și desfășurarea proceselor de agregare-structurare manifestate în continuitatea unidirecționată a proceselor de sechestrare-stabilizare a carbonului organic în agregatele structurale.

În contextul funcțiilor menționate putem concluda că procesele de sechestrare și stabilizare a carbonului organic în cernoziomuri și cele de agregare-structurare sunt interdependente și interdeterminate.

Utilizarea intensivă a solurilor în condiții de deficit cumulativ al resurselor bioenergetice și de presiuni tehnno-antropice sporite, caracteristice sistemelor agricole practicate în regiune, a condus la perturbarea sistemului pedofuncțional [sistem bioenergetic]↔[sistem agregatic], responsabil de reproducerea lărgită a proceselor tipogenetice, cernoziomice și, respectiv, a funcțiilor sano-pedoregenerative și climato-adaptive.

Cauză nemijlocită a degradării fizice a cernoziomurilor arabile sunt transformările negative în procesul de humificare și cel de agregare-structurare ca urmare a realizării acestora la un nivel energetic mai redus și modificarea localizării materiei organice indusă de „agregarea-structurarea” agrogenă cu formarea de „agregate agrogene” puțin stabile predispune la dezagregare cu reducerea gradului de protecție fizică a materiei organice.

Degradarea alcătuirii structural-agregative, care se manifestă în reducerea stabilității agregatelor > 3 mm este însoțită de reducerea mecanismelor de stabilizare a materiei organice și conduce la intensificarea proceselor de degradare fizică a solurilor.

Impactul intercalat al modificărilor negative a materiei organice a solului, în calitatea acesteia de factor biologic de modelare a componentei abiotice materializată în alcătuirea structural-agregativă, determină degradarea funcțiilor ecosistemice a solurilor responsabile de capacitatea sano-pedoregenerativă și cea climato-adaptivă.

În baza celor expuse considerăm că materiei organice din sol și componentelor acesteia îi revine rolul decisiv în organizarea structural-funcțională a solurilor responsabile de funcțiile sano-pedoregenerative și climato-adaptive [6].

Aceasta implică necesitatea evaluării rolului componentelor materiei organice în realizarea funcțiilor ecosistemice, în special a celor sano-pedoregenerative și climato-adaptive.

În acest context în cadrul prezentelor cercetări ne-am propus o analiză sintetică a cercetărilor proprii dar și ale altor autori, accentele fiind plasate pe dezvoltarea cadrului conceptual cu privire la sistemul de substanțe organice al solurilor și funcțiile sano-pedoregenerative și climato-adaptive ale acestuia.

Rezultate obținute și discuții

Prin prisma conceptului ierarhiei componentelor și însușirilor solurilor însușiri de bază (genetice) a solurilor sunt alcătuirea granulometrică, în calitate de însușire care caracterizează materia inertă și substanța organică în calitate de „agent activ” cu acțiune transformațional-modelatoare asupra materiei inerte [7].

În acest context transformarea-modelarea materiei inerte este genetic determinată și se realizează sub acțiunea proceselor induse de transformarea biologică a substanțelor organice iar rezultatele acestei interacțiuni se materializează în rolul polifuncțional al materiei organice materializat în multiple funcții responsabile de capacitatea sano-pedoregenerativă și climato-adaptivă (Tab. 1, 2). În acest sens conform unor abordări mai recente sistemul de substanțe organice al solurilor reprezintă; 1) un continuum heterogen, polifuncțional de biomolecule parțial sau totalmente transformate care se deosebesc prin dimensiuni, masă, alcătuire chimică [8; 9]; 2) subsistem al solului format din substanțe organice și compuși de origine vegetală, microbială, animală care au parcurs etapele humificațională și nehumificațională de stabilizare [10].

Tabelul 1. Funcțiile sano-pedoregenerative ale sistemului de substanțe organice al cernoziomurilor arabil

Funcțiile	Efecte-sano-pedoregenerative
Agregarea-structurarea masei solului	Furnizarea de substanțe humice cu acțiune coagulațional-agregativă cu formarea de agregate structurale cernoziomice bulgăroase 3-7 mm, grăunțoase (1-3 mm) și fine (1-0,25 mm), responsabile de procesele de reproducere a sănătății și fertilității solului materializată în regenerarea procesului cernoziomic
Reacții organominerale și stabilizarea carbonului organic	Formarea de produse organominerale, deschidratarea-condensarea substanțelor humice, formarea de agregate hidrostabile și stabilizarea carbonului organic în agregatele structurale
Susținerea proceselor pedogenetice cernoziomice în stratul pedogenetic activ	Formarea de bariere capilare hidro-acumulative care asigură interceptarea curenților capilar-ascendente de apă și reducerea pierderilor inutile de apă la evaporare. Reducerea potențialului capilar-adsorbțional în stratul superior al profilului solului ca urmare a reducerii volumului porilor capilari și formarea stratului de apă capilar-suspendată în segmentul subiacent
Substrat pentru microbiomul solului	Sursă de carbon și energie pentru microbiomul solului și realizarea proceselor pedogenetice
Rezerve de elemente biofile	Sursă de elemente biofile pentru fitocenoză și biota solului (zoocenoză, pedocenoză)

Furnizarea de substanțe biologice active	Producerea continuă de fermenți nativi și substanțe fiziologic active pentru biota solului
Furnizor de fitonutrienți organo-minerali	Producerea de substanțe humice azotoase mobile cu pondere mare în nutriția plantelor, zoocenozelor și pedocenozelor
Susținerea circuitului activ al carbonului și elementelor nutritive	Reîncadrarea carbonului, micro-și macroelementelor biofile în circuitul biogeochimic al substanțelor în condiții de agroecosisteme
Catalizarea procesului pedogenetic cernoziomic în orizont de tranziție „B”	Furnizarea de substanțe humice mobile purtătoare ale „codului genetic cernoziomic” acumularea cărora în orizontul de tranziție „B” asigură condiții biohidrotermice și bioaerohidrice pentru extinderea procesului cernoziomic în acesta
Reproducerea sistemului cernoziomic de substanțe organice	Menținerea, în timp a „zonei humificațional-productivă” în orizontul „Am” și dezvoltarea „zonei transformațional-acumulativă” în orizontul de tranziție „B” materializată în profilul humifer
Activitate antipatogenă	Substrat nutritiv pentru organismele antagoniste cu efecte antipatogene.
Capacitatea de autoepurare	Cosubstrat pentru organisme destructoare mineralizatoare a poluanților organici
Imobilizator al poluanților	Sorbant-detoxicant al substanțelor toxice pentru biota solului și plantelor
Schimb cationic	Factor al schimbului de cationi și molecule cu complexul adsorbitiv al solului [CAS] inclusiv a cationilor metalelor grele
Stabilizarea reacției solului (pH)	Inductor al capacității de tamponare a solului, stabilizării reacției solului și reducerii riscului poluării cu substanțe nocive
Formarea de compuși complecși	Furnizor de substanțe humice cu formarea de compuși complecși cu metalele grele
Stabilizator al ecosistemelor terestre	Factor de stabilitate, flexibilitate și reziliență a sistemului „sol-fitocenoză-zoocenoză-pedocenoză-fitocenoză-sol”
Biotop pentru geobionți	Spațiu vital pentru biota solului și factor determinant al biodiversității acestuia
Acumulativă	Sursă de nutriție, energie, informație pentru funcționarea sistemului ecologic „sol-fitocenoză-zoocenoză-pedocenoză-sol” cu reducerea necesarului în îngrășăminte minerale
Migrațională	Formarea de compuși organo-complecși mobili predispuși migrării pe profilul solului cu curențele descendente de apă
Sano-protectoare	Imobilizarea radionuclizilor, metalelor grele, compușilor organici nocivi, descompunerea pesticidelor

Tabelul 2. Funcțiile climato-adaptive ale sistemului de substanțe organice al cernoziomurilor arabile

Funcțiile	Efecte climato-adaptive
Hidrofizice	
Asigurarea și optimizarea cadrului hidrofizic	Optimizarea însușirilor hidrofizice (capacitatea totală, de câmp pentru apă și de conservare a acesteia), sporirea permeabilității pentru apă și conductivității hidraulice, asigurarea stabilității diapazonului optimal pentru apă utilă (DOAU) și diapazonului pentru apa utilă (DAU)
Autoafânarea și autoorganizarea masei solului	Reducerea masei volumetrice și asigurarea stabilității acesteia; dezvoltarea mezo-și macroporilor; favorizarea proceselor de transformare-sinteza biochimică, precum și a proceselor de migrare și diferențiere a substanțelor. Optimizarea regimurilor hidrotermic, aerohidric și de oxido-reducere

Reglator al densității aparente	Aasigurarea unui regim favorabil al densității aparente și al spațiului poros rezistent la secetă și cantități deficitare de precipitații atmosferice
Reglator al regimului termic al solurilor și aerului atmosferic aferent	Determină însușirile termice de bază: capacitatea de absorbție a căldurii, albedoul, căldura specifică, capacitatea termică, conductivitatea termică, regimul temperaturilor, schimbul de substanțe și energie cu aerul atmosferic
Reglarea regimului hidrotermic	Determină regimul hidrotermic al solului și adaptarea funcționalității sistemului „sol-fitocenoză-zoocenoză-pedocenoză-sol” la condițiile climatice, ciclicitatea și trendul acestora
Asigură stabilitatea regimului hidric	Asigură stabilitatea dinamicii și circuitului apei în sol materializată în asigurarea rezervelor de apă productive
Hidrologică	Acumularea, stocarea, conservarea apei în sol materializată în profilul hidrologic al solului și consumarea rațională a acesteia
Reglarea fluxurilor de gaze cu efect de seră	Producător și acceptor/sechestrator de gaze cu efect de seră
Reglarea stabilității funcționale	Asigurarea stabilității relative a funcțiilor hidrologice prin compensarea-regenerarea anuală a sistemului de substanțe organice prin fluxuri de materie organică proaspătă
Carbon-sechestrațional-stabilizatoare	Sechestrarea carbonului organic și stabilizarea acestuia în agregatele pentru perioade de 10^2 - 10^3 ani

În cercetările noastre sistemul de substanțe organice al solurilor este examinat prin prisma unui continuum intergrat heterogen interdeterminat și interdependent al tuturor formelor de materie organică de origine biogenă (vegetală, radiculară, microbială, exudați radicular) și biomoleculelor de origine nehumică și a substanțelor humice adsorbite și integrate în conglomeratul (matricea) de particule minerale ale solului care asigură continuitatea circuitului carbonului organic în cadrul ecosistemelor [fig 1].

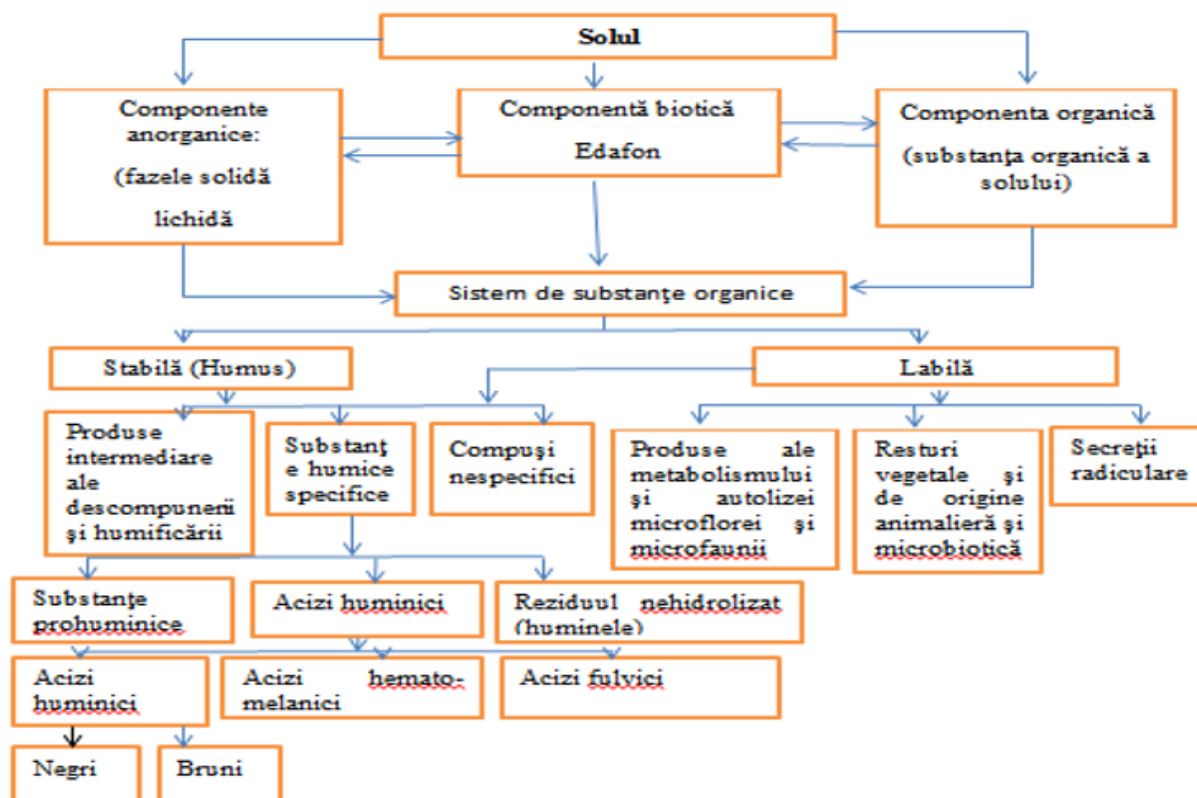


Figura 1. Alcătuirii sistemului de substanțe organice al solului

Prin această prismă de idei sistemul de substanțe organice al solului presupune două fracțiuni de substanțe de origine pedogenetică interacționate, interdependente și interdeterminate dar cu alcătuire, însușiri și funcții diferite: a) substanțe organice labile; substanțe organice stabile (inerte).

În cercetările H. II. Масьютенко fracțiunea de substanțe organice labile este divizată în 3 grupe: substanțe humice; biomasă microbiană; materie organică nehumificată; iar interacțiunile dintre fracțiunile labilă și inertă de substanțe organice se realizează conform relațiilor prezentate în [fig 2] [11].

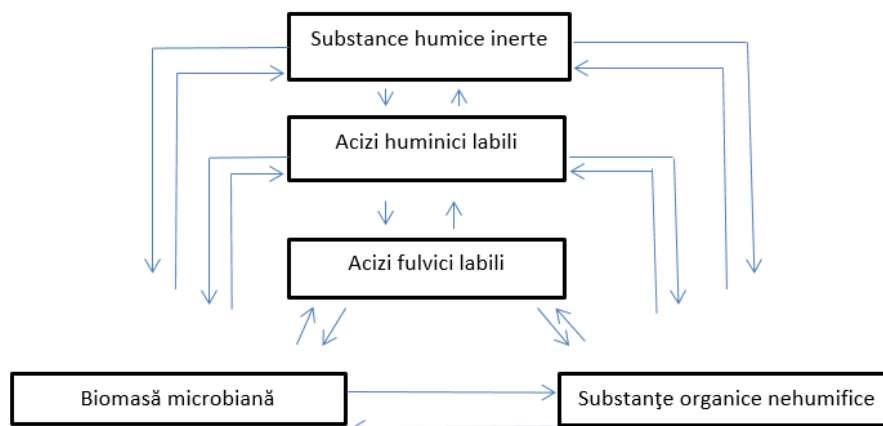


Figura 2. Model conceptual de interacțiune a fracțiilor de substanțe în componența sistemului de substanțe organice al solului [11] (adaptare Gh. Jigău)

Componentele sistemului de substanțe organice al solului se deosebesc, substanțial, prin relațiile cu partea minerală a solului, reziliență la biodegradare, intensitatea și durată procesului de descompunere.

Prin prisma conceptului „resursele solului” în conformitate cu cele prezentate în fig. 2. fracțiunea de substanțe organice labile reprezintă un sistem bioenergetic complex heterogen cu alcătuire determinată, în exclusivitate, de condițiile de landșaft responsabilă de cantitatea și calitatea (alcătuirii) fracțiunii de substanțe humice inerte.

În acest context, menționăm că cercetările mai recente cu privire la sistemul de substanțe organice au arătat că fracțiunea labilă de substanțe organice îndeplinește funcția de substrat energetic de bază supus descompunerii materializată în funcția de sistem tampon energoplastic care protejează substanțele humice inerte responsabile de organizarea structural-funcțională a ecosistemului solului prin reducerea proceselor de mineralizare microbiană a acestora în condiții când se modifică (sporesc) necesitățile biotei heterotrofe în energie și metaboliți ai schimbului plastic (fig 3) [12]. În același timp, fracțiunea labilă de substanțe organice este considerată un indicator cu grad înalt de sensibilitate a sănătății solului utilizat în scopul aprecierii modului de management a resurselor de sol, în special pentru monitorizarea sensului și intensității fluxurilor de carbon, și argumentarea deciziilor de gestionare a crizelor și provocărilor globale și regionale determinate de degradarea solurilor și în special a funcțiilor sano-pedoregenerative și climato-adaptive.

Substanțele humice inerte caracterizează trăsăturile pedogenetice ale solului și scot în evidență procesele pedogenetice ale respectivului tip de pedogeneză. Acestea sunt reprezentate, în primul rând, prin acizii huminici maturi, humații de calciu, acizii hematamelanici, humine și, parțial, o serie de substanțe asociate procesului de humificare (compuși nespecifici). Ultimii au fost incluși în această grupă de substanțe organice datorită gradului avansat de stabilitate chimică și biologică, iar cantitatea lor este în funcție de tipul de pedogeneză.

Substanțele din această grupă se formează pe parcursul unei perioade mari de timp și se păstrează în sol sute și mii de ani, iar însușirile lor determină regimurile pedogenetice și pedofuncționale. Aceasta implică concluzia ca fracțiunea de substanțe humice inerte asigură dezvoltarea intercalată a funcțiilor sano-pedoregenerative și celor climato-adaptive materializate în susținerea reproducerii unidirecționată interdependentă și interdeterminată a structurii agregatice (indice integrator sano-pedoregenerativ) și parametrilor hidrofizici (indici integratori climato-adaptivi).

Interacțiunea echilibrată interdependentă și interdeterminată a fracțiunii labile de substanțe organice și celei inerte asigură stabilitatea funcționării sistemului de substanțe organice și reproducerea funcțiilor sano-

pedoregenerative și climato-adaptive.

În acest sens fiecare componentă a sistemului de substanțe organice are un rol determinat în alcătuirea și funcționarea sistemului de substanțe organice. Componenta inertă-stabilă (humusul) asigură stabilitatea „carcasei” sistemului, organizarea spațială a proceselor care se realizează în materia organică, formează baza spațială a heterogenității însușirilor și localizării proceselor [11].

O trăsătură specifică a componentei inertă-stabilă a sistemului de substanțe organice a solului este gradul foarte redus de predispunere la gestionare și reproducere.

Substanțele humice labile fiind componenta cu cel mai mare grad de predispunere transformărilor, ca urmare a gradului înalt de îmbogățire cu azot, reprezintă cea mai apropiată sursă de energie acumulată în substanțele humice și de elemente nutritive pentru plante și microorganisme, este mineralizată, astfel protejând fracțiunea inertă-stabilă de procesele de destrucție profundă. În același timp, acestea activ reacționează la impactul din exterior, sunt mai ușor predispușe restabilirii și gestionării.

Materia organică nehumificată în relațiile cu substanțele humice din sol îndeplinește două funcții de bază: 1) protectoare-fiind o sursă ușor accesibilă de substanțe nutritive și energie pentru organismele vii din sol și protejează substanțele humice de la impactul distructiv-mineralizator; 2) humuso-reproductivă este sursă de materie organică încadrată în humificare cu reproducerea resurselor de humus.

Substanțele organice nemumificate reprezintă o componentă a sistemului de substanțe organice ușor gestionabilă. O condiție obligatorie pentru realizarea funcțiilor menționate este fluxul anual de materie organică proaspătă în sol în cantități optime pentru condițiile concrete de landșaft și conținuturi de carbon și azot $C:N=32\pm 4$.

Reducerea fluxurilor de substanțe și energie precum și intensificarea proceselor de mineralizare în sol conduc la reducerea rezervelor de humus, modificarea raportului dintre humusul inert și cel labil, dintre humus și materia organică nehumificată, dintre substanțele humice labile și materia organică nehumificată, iar ca urmare cauzează perturbarea stabilității și funcționalității sistemului de substanțe organice și, respectiv, a funcțiilor sano-pedoregenerative și climato-adaptive.

În acest sens s-a stabilit că reducerea cantității de materie organică nehumificată în soluri sporește conținutul de substanțe humice labile ceea ce contribuie protejării, în oarecare măsură, a humusului inert de la impactul proceselor de destrucție profundă (fig. 3).

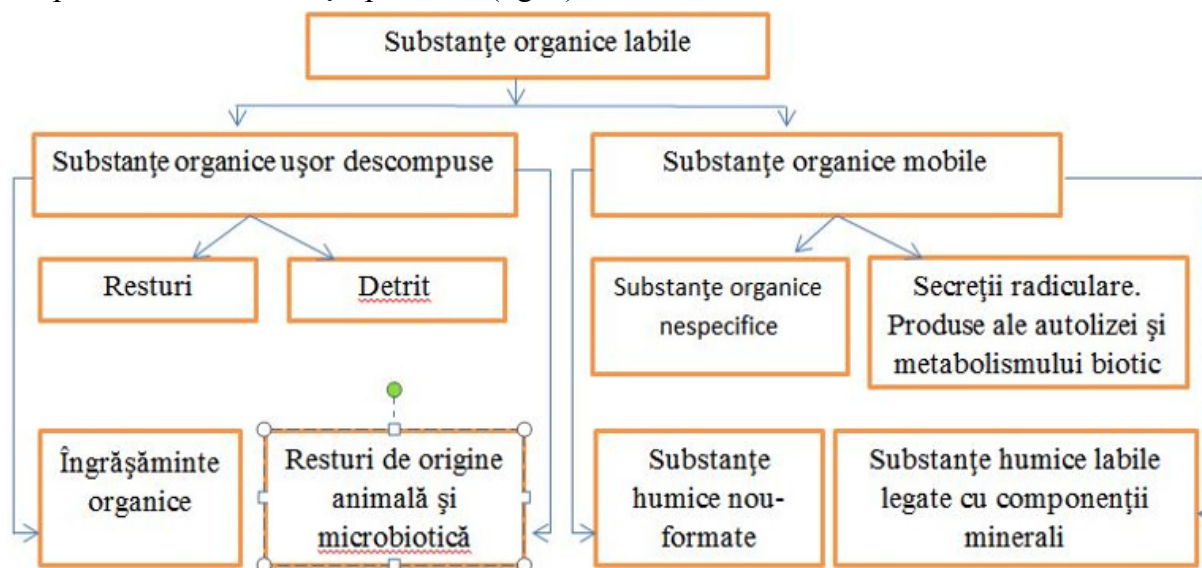


Figura 3. Alcătuirea fracțiunii de substanțe organice labile [11]

Totuși, în atare condiții se atestă o tendință de reducere ușoară a cantității de humus inert în sol și ponderii lui în componența sistemului de substanțe organice.

În cazul când conținutul de materie organică nehumificată sporește în sol are loc reducerea de facto a conținutului de substanțe humice labile iar ponderea lor în componența sistemului de substanțe organice se

reduce. Ca urmare se atestă o tendință de sporire a conținutului de humus inert și de reducere a conținutului procentual al acestei fracțiuni (ca urmare a sporirii conținutului total de materie organică în componența sistemului de substanțe organice determinată de sporirea conținutului de materie organică nehumificată). Prin urmare materia organică nehumificată îndeplinește funcția de sistem-tampon între impactul din exterior și substanțele humice dar și o condiție necesară pentru restabilirea alcătuirii echilibrate corespunzătoare condițiilor concrete de landșaft și a funcționalității sistemului de substanțe organice al solului după perturbări și asigură autoreglarea relativă a acestuia (fig. 3) [11].

În contextul celor expuse clar se conturează concluzia că anume fracțiunii de substanțe organice labile îi revine rolul decisiv în funcționarea sistemului de substanțe organice a solului și realizării intercalate a funcțiilor sano-pedoregenerative și climato-adaptive (fig. 4).

Prin această prismă de idei managementul funcțiilor sano-pedoregenerative și climato-adaptive presupune plasarea accentelor atât pe sustenabilizarea procesului de formare-acumulare a humusului cât și pe procesele de sechestrare-stabilizare a carbonului organic.

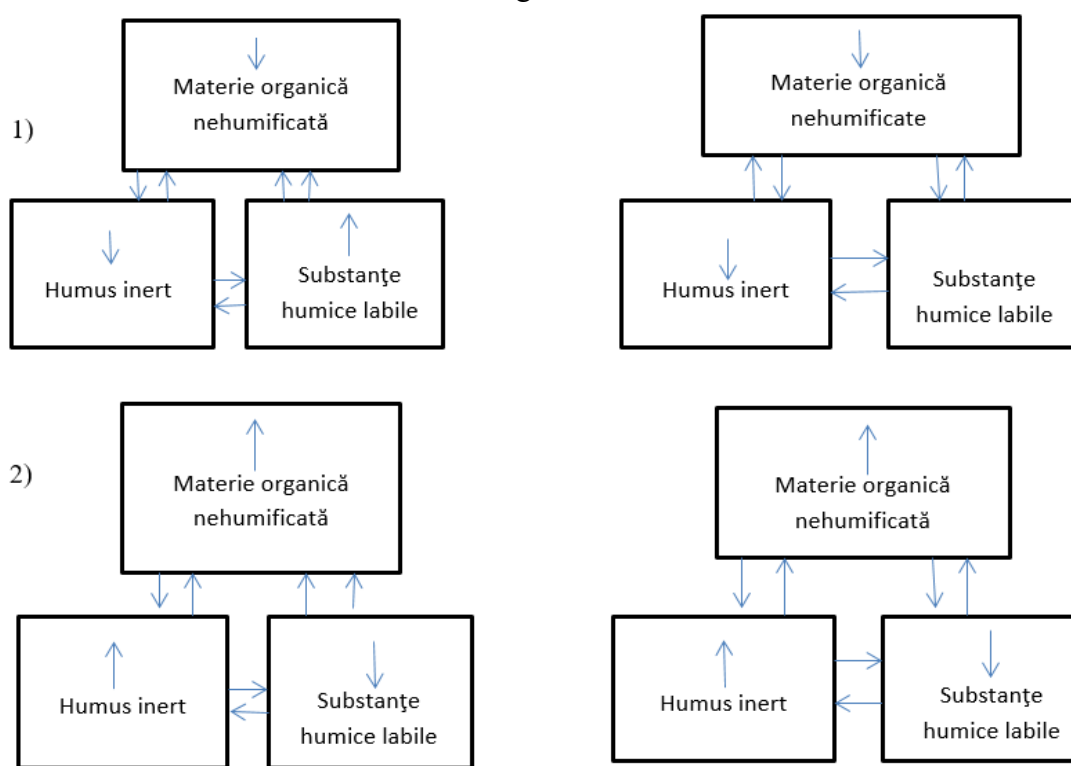


Figura 4. Schema funcționării sistemului de substanțe organice al solului în funcție de conținutul de materie organică nehumificată

- 1 – În cazul reducerii conținutului de materie organică nehumificată.
- 2 – În condiții de sporire a conținutului de materie organică nehumificată.
- a, c – în unități absolute; b, d – în % din conținutul total de materie organică.

Atât un aspect, cât și altul presupune reproducerea lărgită a circuitului carbonului organic prin deplasarea accentelor de la asigurarea unui bilanț pozitiv al humusului la optimizarea circuitului carbonului organic și elementelor biofile cu luarea în calcul a potențialului de sechestrare a acestuia și capacității de deponare-stabilizare.

Prin esența sa managementul circuitului carbonului organic și elementelor biofile presupune abordarea sistemică a gestionării interdeterminată și interdependentă a tuturor factorilor responsabili de reproducerea lărgită a procesului pedogenetic.

Necesitatea promovării unui atare sistem de management este determinată de interacțiunile interdeterminate și interdependente al factorilor degradativ (fizici, chimici, fizico-chimici și biologici) cu impact-limitativ asupra funcționalității ecosistemului solului și funcțiilor de bază ale acestuia.

În atare abordare, sistemul de management se rezumă la:

1. identificarea, evaluarea și ierarhizarea proceselor cu impact degradativ și factorilor care le determină;
2. stabilirea parametrilor optimali ai fiecărui factor în parte în constituirea funcțiilor sano-pedoregenerative și climato-adaptive în condiții concrete de landșaft;
3. identificarea interacțiunilor interdependente și interdeterminate a factorilor și proceselor care limitează funcționalitatea ecosistemului solului și celor mai eficiente mijloace și procedee de sustenabilizare eficientă mijloace și procedee de sustenabilizare și optimizare a funcțiilor și serviciilor sano-pedoregenerative și climato-adaptive.

Prin această prismă de idei reproducerea lărgită a funcțiilor sano-pedoregenerative și climato-adaptive presupune abordare eșalonată în timp cu luarea în calcul a stării solului, în special a capacității bioproductive a acestuia.

În acest context este cunoscut că la etapa actuală de evoluție a pedogenezei antropo-naturale resursele de sol din regiune se caracterizează cu grad avansat de supracultivare manifestat în conținuturi nesatisfăcătoare sau insuficiente de fracțiuni de substanțe organice labile și conținuturi scăzut ($< 3\%$) sau moderat de humus (3-4%) materializate în productivitate scăzută și moderată și, respectiv, cantități mici de resurse bioenergetice încadrate în pedogeneză.

Prin urmare, tentativele de a intensifica funcțiile sano-pedoregenerative și climato-adaptive fără a ține cont de gradul de bioproductivitate și a recoltelor culturilor presupun, în cel mai bun caz, obținerea unui profit-scăzut al resurselor consumate și efecte pedo-ambientale neesențiale care, în cele din urmă, vor conduce la compromiterea sistemului tehnologic aplicat.

Concluzii

Funcțiile sano-pedoregenerative și climato-adaptive ale diverselor grupe de substanțe organice din sol urmează a fi examinate prin prisma funcționalității sistemului de substanțe organice din sol. În acest context acesta reprezintă un continuum heterogen integral, interdeterminat și interdependent al tuturor formelor de materie organică de origine biogenă, biomoleculelor de proveniență nehumică și substanțelor humice adsorbite și integrate în conglomeratul (matricea) de particule minerale ale solului care asigură desfășurarea și continuitatea a circuitului carbonului organic și elementelor biofile în cadrul ecosistemelor.

Prin această prismă de idei sistemul de substanțe organice al solului presupune două fracțiuni de substanțe de origine pedogenetică interacționate, interdependente și interdeterminate cu alcătuire, însuși și funcții diferite: substanțe organice labile; substanțe organice stabile (inerte).

Interacțiunea echilibrată interdependentă și interdeterminată a fracțiunii de substanțe organice labile și celei inerte asigură stabilitatea funcționării sistemului de substanțe organice și reproducerea funcțiilor sano-pedoregenerative și climato-adaptive.

Managementul funcțiilor sano-pedoregenerative și climato-adaptive presupune plasarea accentelor atât pe sustenabilizarea procesului de formare-acumulare a humusului cât și pe procesele de sechestrare-stabilizare a carbonului organic în cadrul unor sisteme tehnologice de gestionare a circuitului carbonului organic și elementelor biofile adaptate la condițiile concrete de landșaft.

Bibliografie:

1. JIGĂU, GH. *Solurile Moldovei și particularitățile de bază 65 de ani după N. A. Dîmo*. In: *lucrările conferinței științifice cu participare internațională „Solul și gestionarea durabilă a resurselor de sol”*: Chișinău: Editura USM, 2023a, 27 p.
2. JIGĂU, GH., DOBROJAN, S., TURCHIN, B., DOBROJAN, G. *Locul și rolul substanțelor humice în constituirea sănătății cernoziomurilor arabile*. In: *Particularitățile pedo-geomorfologice în bazinul mijlociu al Siretului*. Ed: Univ. Al. I. Cuza, Iași, 2023b, p. 76-88. ISBN:978-606-714-805-3. ISSN:1582-4616
3. JIGĂU, GH., STADNIC, A., CIOLACU, T., TURCHIN, B. *Tehnologii agricole pedoregenerative: abordare pedofuncțională*. In: *Simpozionul “Factori și procese pedogenetice din zona temperată”*. Ed: Univ. „Al. I. Cuza”, Iași 2022 p. 74-87. ISBN 3978-606-714-718-6. ISSN 1582-4616

4. АРТЕМЬЕВА, З. С., КИРИЛЛОВА, Н. П. Роль продуктов органо-минерального взаимодействия в структурообразовании и гумусообразовании основных типов почв центра русской равнины. *Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева*. 2017. Вып. 90, с. 73-95.
5. JIGĂU, Gh, PLĂCINTĂ, N., TURCHIN, B., DOBROJAN, S., JIGĂU, C., DOBROJAN, G., STADNIC, A. *Indici de sechestrare ai carbonului organic în agregatele structurale ale cernoziomului tipic slab humifer*. In: *Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective*. 2021, Bălți: ÎS FEP „Tipografia Centrală”, 2021, Ediția 5, p. 139-146. ISBN 978-9975-62-432-9
6. JIGĂU, GH., DOBROJAN, S., DOBROJAN, G., GABERI, V., TURCHIN, B., PLĂCINTĂ, N., MOȘOI, I. *Sano-ecological functions of the labile fraction of soil organic substances: a conceptual-theoretical*. In: *Integrare prin cercetare și inovare. Studia Universitatis Moldaviae (Științe exacte și ale naturii)*, 2024, SNE, p. 451-458. ISBN 978-9975-62-808-2.
7. СЕМЕНОВ, В. А., КУЛЬКОВ, О. В., ПЕТРОВА, М. В. *Приборное обеспечение принятия агротехнологических решений почвенно-агрофизической информацией. Достижения науки и техники АПК*, 2004, 1. с. 13-17.
8. LUI, E. X., HERBERT, S. J., HASNEMI, A. M., ZHANG, X., DING, G. *Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation - A review*. In: *Plant, Soil and Environment*. 2006. V. 52(12), p. 531-543.
9. LEHMANN, J., KLEBER, M. *The contentious nature of soil organic matter*. In: *Journal Nature*. 2015. V (528), p. 60–68. doi: 10.1038/nature16045.
10. КОГУТ, Б. М., СЕМЕНОВ, В. М. *Эволюция доминирующих парадигм в учении о гумусе и почвенном органическом веществе*. In: *Агрохимия*. 2015, № 12. с. 3-19.
11. МАСЮТЕНКО, Н. П. *Энергетический потенциал органического вещества черноземов и управление его воспроизводством*. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Курск. 2003, 47 с.
12. ГАМКАЛО, З. Г., БЕДЕРНИЧЕК, Т. Ю. *Лабильное органическое вещество почвы как индикатор ее экологического качества в разных условиях землепользования*. In: *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. 2014, Вып. 10, с. 193–200.

N. B.: Lucrarea a fost discutată în cadrul seminarului științific cu participare internațională „Schimbările climatice și sanatatea solului” în 17.12.2024.

Date despre autori:

Gheorghe JIGĂU, doctor în biologie, conf. univ., cercetător științific principal LCȘ ”Procese Pedogenetice”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-4778-2105

E-mail: gheorghe.jigau@gmail.com

Sergiu DOBROJAN, doctor în biologie, conf. univ., cercetător științific principal LCȘ „Algologie Vasile Șalaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-0040-5836

E-mail: sergiudobrojan84@yahoo.com

Galina DOBROJAN, cercetător științific LCȘ „Algologie Vasile Șalaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0003-1629-2220

E-mail: galinadobrojan87@gmail.com

Tatiana BUNDUC, doctor în biologie, cercetător științific principal, Institutul de Ecologie și Geografie.

ORCID: 0000-0001-7706-2451

E-mail: tbulimaga@gmail.com

Prezentat: 05.03.2025

CZU: 581.4:582.5/.9

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_23](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_23)

THERMOSTABILITY OF PEROXIDASE IN LEAVES OF *BUXUS SEMPERVIRENS* L. UNDER THE INFLUENCE OF HYPERTHERMIC SHOCK

*Maria CAUȘ, Nicolai PLATOVSCHII,**Moldova State University*

The aim of this study was to investigate the thermal stability of total activity and peroxidase (PO) isoenzymes isolated from boxwood *Buxus sempervirens* (L.) leaves subjected to hyperthermic shock (HTS) at temperatures in the range of 53-90°C for 5 min. It was demonstrated that PO in leaves exposed to HTS of 53°C, 55°C and 57°C exhibits high resistance to these temperatures, the activity being at the level of the control. Although, the total activity and intensities of PO isoenzymes distributed in 4 zones in a vertical gradient (4-7%) of polyacrylamide gel (PAAG) gradually decreased with increasing HTS of temperatures above 58°C. However, treatment of leaves with HTS at 90°C for 5 min resulted in complete suppression of PO, the activity of which was not detected.

Keywords: boxwood leaves, hyperthermic shock, activity, peroxidase, isozymes.

TERMOSTABILITATEA PEROXIDAZEI DIN FRUNZELE DE *BUXUS SEMPERVIRENS* L. SUB INFLUENȚA ȘOCULUI HIPERTERMIC

Scopul acestui studiu a fost de a investiga stabilitatea termică a activității totale și a izoenzimelor peroxidazei (PO) izolate din frunzele de cimișir *Buxus sempervirens* (L.) supuse șocului hipertermic (ȘHT) la temperaturi în intervalul 53-90°C cu durată de 5 min. S-a demonstrat că PO în frunzele expuse la ȘHT de 53°C, 55°C și 57°C manifestă rezistență înaltă la temperaturile respective, activitatea fiind la nivelul martorului. Deși activitatea totală și intensitățile izoenzimelor PO distribuite în 4 zone în gradient vertical (4-7%) de gel de poliacril amidă (GPAA) au diminuat gradual odată cu majorarea ȘHT la temperaturi peste 58°C. Însă, tratarea frunzelor cu ȘHT de 90°C cu durată de 5 min. a condus la suprimarea completă a PO, activitatea căreia n-a fost detectată.

Cuvinte-cheie: frunze de cimișir, șoc hipertermic, activitatea, peroxidaza, izoenzime.

Introduction

The growth and development of plants in natural conditions are very often exposed to unfavorable environmental factors, including the action of extreme temperatures. Global warming, accompanied by the development of intolerable meteorological conditions, is becoming an increasingly frequent phenomenon in Moldova.

Temperature stress has a detrimental effect on plant growth and metabolism, since these processes have optimal temperature limits for each plant species. Heat stress is defined as an increase in temperature above a critical threshold for a period of time sufficient to cause irreversible damage to plant growth and development [1, 2]. The response of plants to high temperature shock (HTS) varies depending on dose and duration of heat stress, as well as the type of plant species [3].

Boxwood *Buxus sempervirens* (L.) is an evergreen shrub or small tree, widely distributed in southern Europe, North Africa and Western Asia [4]. Many studies on *Buxus* have demonstrated the ethnomedicine, phytochemistry and pharmacology of the genus *Buxus* [5-7]. Boxwood shrubs are also widely used for ornamental purposes in gardens, parks, or as hedges. In addition, Boxwood leaves are widely used as a model plant in various research experiments [8].

Boxwood, like most plants, is susceptible to environmental stress factors that cause the formation and accumulation of reactive oxygen species (ROS) in cells, including hydrogen peroxide (H₂O₂), which leads to changes in cellular homeostasis and the development of oxidative stress [9].

To resist the destructive effects of oxidative stress, to adapt to them and, at the same time, to maintain their vital potential, plants must develop the ability to activate protective and adaptive mechanisms to stressful conditions. Protection of plants against the destructive effects of oxidative stress, caused by excess of ROS, including H_2O_2 , is achieved by an efficient antioxidant system [10].

As numerous studies show, boxwood, like most plants, has a wide range of defense mechanisms, including non-enzymatic and enzymatic antioxidants, which help it adapt to extreme temperatures caused by the effects of global warming [9, 11-14].

Among the antioxidant enzymes, peroxidases (PO), which are the most important of them, play an important role in regulating the intracellular level of H_2O_2 [7,10]. Though PO is a multifunctional enzyme presents in most plants [7,15-16], under stress conditions its main function is antioxidant – reducing the level of H_2O_2 in tissues. The thermosensitivity of this enzyme is species-specific, which has been demonstrated for tissues of different plant taxonomic groups [17-22].

Studying of the boxwood leaves PO activity in different seasons of the year [12] demonstrated that PO activity tends to correspond to the resistance of boxwood leaves to the action of seasonal temperatures, reaching the highest level of enzymatic activity in summer at an ambient temperature of $+37^{\circ}C$ and in winter at an ambient temperature of $-25^{\circ}C$. Regardless of the season, one-year-old leaves manifested more resistance to the environmental temperature factor, determined by the season, compared to two-year-old leaves. The results of these studies indicate the importance of determining in laboratory conditions the maximum thermal tolerance of PO in boxwood leaves at high temperatures, in order to establish supraoptimal temperatures caused by current climate warming, to which boxwood could adapt.

Since boxwood has leaves of different ages (1, 2 and 3 years) it has been proposed as a model plant for studying the specificity of adaptation to different seasonal conditions, depending on the age of the leaves [9]. Such studies are of great importance for identifying early antioxidant reactions involved in reducing oxidative stress and annihilation of hydrogen peroxide, which largely determine the adaptive response of boxwood to the action of extreme environmental temperatures, which are constantly changing.

The aim of this study was to investigate changes in the total activity of PO and the composition of its isoenzymes in boxwood leaves subjected to short-term hyperthermic shock (HTS) of varying intensity.

Materials and methods

One-year-old leaves of the evergreen boxwood *Buxus sempervirens* L. (Fig. 1) were used in the study. Leaves collected during the winter months (January, February) from plants grown in native conditions in the immediate vicinity of the Institute of Plant Genetics and Physiology, MSU were used in a fresh state immediately, by immersing them in water with a temperature in the range of $53-90^{\circ}C$ for 5 min. The control leaves were immersed in water with a temperature of $25^{\circ}C$.

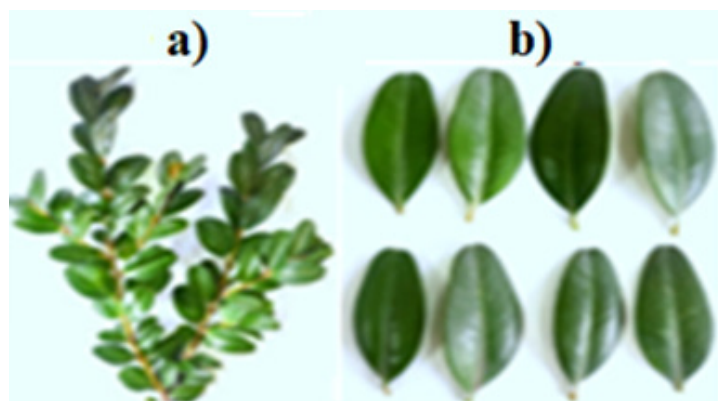


Figure 1. A twig of *Buxus sempervirens* L. with leaves of different ages (a) and one-year-old leaves (b), used in experiments with short-term exposure to hyperthermic shock

The selected boxwood leaves were placed in test tubes containing 10 ml of deionised water, which were subsequently placed in the water thermostat (Universal ultrathermostat “UTU-4”), where they were subjected to thermal shock at temperatures of $53-90^{\circ}C$ for 5 min. After completion of each hyperthermic shock tested, leaf samples were placed in cold water and stirred for 2 hours in a mixer (Wstrzasarka universal type WU-4, Poland) at room temperature ($25^{\circ}C$). To establish the response of PO to the application of hyperthermic shock, a temperature higher than $50^{\circ}C$ was chosen, because such temperatures were used in previous studies conducted with oak leaves with

different doses of thermal shock [9]. Leaves that were obtained at each hyperthermic shock temperature tested were analysed for total PO activity and its isoenzymes composition.

Enzyme extraction. Enzyme extracts from control and experimental boxwood leaves (exposed to hyperthermic shock (HTS)) were obtained by homogenizing them at low temperature (4°C) in 0,05 M sodium phosphate buffer with 1 mM EDTA and 1% (w/v) polyvinylpyrrolidone, pH 6.8 and then centrifuged at 15,000 g for 15 min at 4°C. The resulting supernatants represented crude enzyme extracts used to measure PO activity and its isoenzyme composition.

Enzyme activity assays. Peroxidase activity was determined according to the method [23] by monitoring the increase in absorbance at 334 nm as benzidine was oxidized in the presence of H_2O_2 .

Electrophoresis for isozymes assays. Samples were subjected to discontinuous polyacrylamide gel (PAAG) electrophoresis under nondenaturing, nonreducing conditions as described by Laemmli [24] with some modifications. Electrophoretic separation of PO isoenzymes was performed at 4°C using vertical gradient (4-7%) PAAG for 4-5 h in 0,04 M Tris (hydroxymethyl) aminomethane-glycine buffer (pH 8.3). Protein bands displaying peroxidase activity were revealed utilizing 1,3 Mm benzidine (Sigma, SUA) and 0,05% H_2O_2 in 20 Mm acetate buffer, pH 4.2.

Results and discussion

In this work to establish the response of PO to the application of hyperthermic shock (HTS), a temperature higher than 50°C was chosen, because such temperatures were used in previous research conducted with oak leaves with different doses of thermal shock [9].

From the data presented in Fig. 2 it is obvious that the activity of PO in the leaves of boxwood exposed to HTS at temperatures of 53°C, 55°C and 57°C for 5 min does not change significantly 25 min after temperature shock. A day after recovery from the expose to HTS, a decrease in PO activity is observed in all variants. Heat treatment resulted in significant loss of PO activity. But subsequent incubation of treated leaves at room temperature (25°C) allowed for reactivation of PO activity.

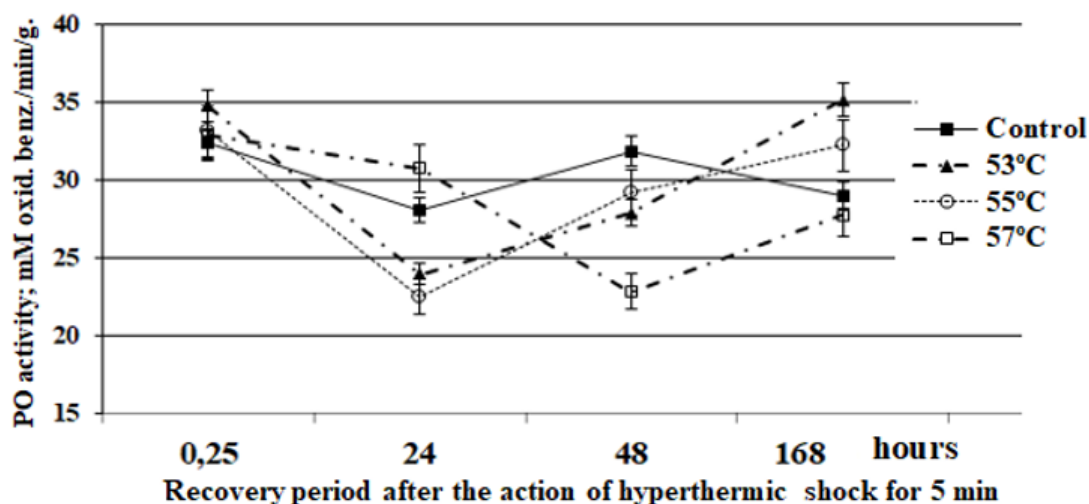


Figure 2. Changes in PO activity during the recovery period after treating boxwood leaves with HTS of 53°C, 55°C and 57°C for 5 min

During the subsequent recovery period after 24 hours, the PO activity in the leaves treated with HTS of tested temperatures increases, reaching a level lower than the initial one (Fig. 2). A study [17] of some aspects of the kinetics of partial inactivation of horseradish PO at 70°C, 90°C or 110 °C showed recuperation of PO activity. However, holding for 24 hours at 50°C almost completely prevented the recovery of enzyme activity upon subsequent cooling, and the degree of regeneration depended on the duration of time at the inactivation temperature [17]. Using spectral methods to study thermal inactivation of PO, it was suggested that reversible inactivation is due to the reassociation of the thermally displaced prosthetic heme group with the protein portion of the enzyme [17].

Testing the thermal stability of PO from boxwood leaves after exposure to temperatures higher than 57°, up to 90°C for 5 minutes, showed a gradual loss of enzymatic activity (Fig. 3). It can be observed that starting with the use of temperatures of 58°C and above, a gradual decrease in PO activity occurs, with complete inactivation of its activity at a temperature of 90°C (Fig. 3).

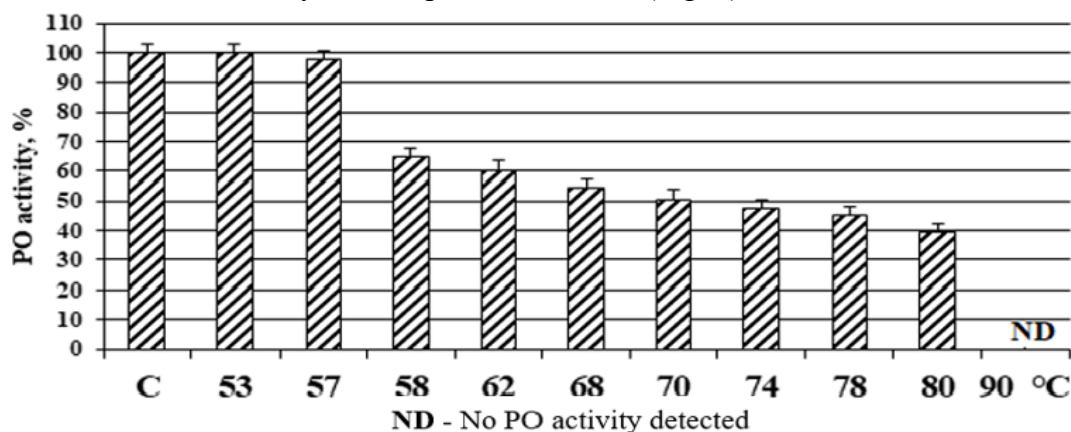


Figure 3. Thermostability of PO from boxwood leaves exposed to hypothermic shock of different intensity (53°-90°C) with a duration a 5 min

Results on the characterization of the soluble (SPO), ionically (IBP) and covalently (CBP) bound peroxidase from leaves and hearts of artichoke showed that the three PO forms have different heat sensitivity; the bound forms (IBP and CBP) are characterized by a greater heat stability than the soluble one, and leaf PO forms showed greater heat, then head ones [19].

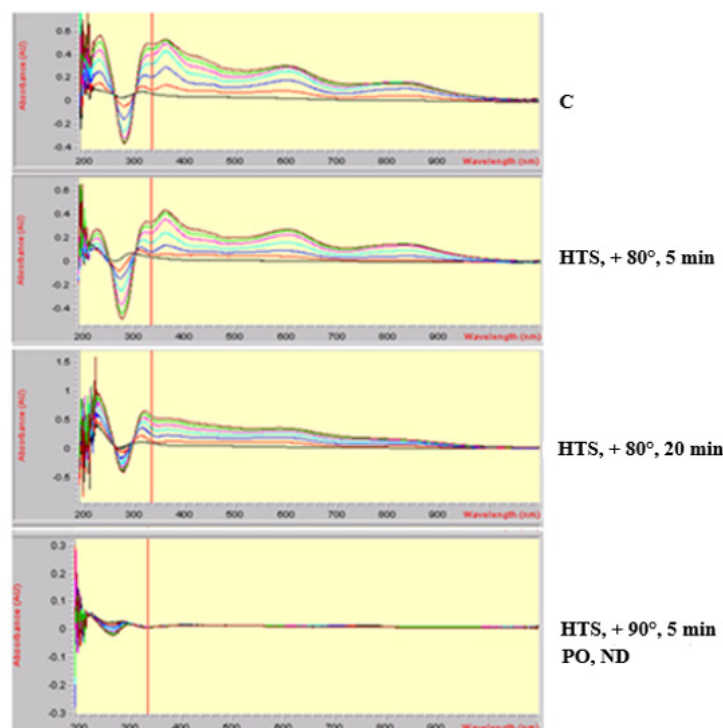


Figure 4. PO spectra in enzymatic extracts from boxwood leaves that were treated with HTS at 80°C for 5 and 20 min, respectively, and 90°C for 5 min, obtained from apsoption at 340 nm of benzidine oxidation in the presence of H₂O₂ recorded by UV-Vis spectrophotometer. C - control, ND - no PO activity

Since the treatment of boxwood leaves with a temperature of 80°C results in 60% enzymatic inactivation, we proposed to increase the duration of exposure to HTS at 80°C, taking the time of 5 and 20 min, and testing the exposure of leaves to HTS at 90°C for 5 min. Monitoring of PO reaction spectra in boxwood leaves after exposure to HTS at 80°C for 5 and 20 min, respectively, and at 90°C for 5 min is shown in Fig. 4. From the data presented in this figure, it is evident that PO exhibits enzymatic activity even when boxwood leaves are exposed at HTS of 80°C for 20 min. This indicates that boxwood leaf PO is resistant to high temperatures.

Spectral analyses of the course of the PO-catalysed reaction with benzidine as a substrate in the presence of H₂O₂ (Fig. 4) demonstrated that the PO spectra from control leaves and from leaves exposed to the HTS action of 80°C for 5 min are analogous. While the PO spectrum in boxwood leaves exposed to 80°C for 20 min is different from that of leaves treated with HTS of 80°C for 5 min. This may indicate that the application of HTS for more than 5 min leads to changes in the formation of the enzyme-substrate complex and the develop-

ment of the enzymatic reaction. And when boxwood leaves are exposed to a temperature of 90°C for 5 min, as can be seen from the spectrum in Fig. 4, peroxidase activity is irreversibly suppressed, the formation of the enzyme-substrate complex does not happen and the development of the enzymatic reaction does not occur. So, boxwood leaf peroxidase activity is irreversibly inhibited by high temperature of 90°C. The two-phase processes of inactivation and regeneration of PO in horseradish may be due to the presence of PO isoenzymes with different sensitivities to high temperatures [18]. Soluble and membrane-bound PO extracted from red cabbage, demonstrated that membrane-bound PO is more thermostable than soluble one, losing >90% of relative activity after 5 min of incubation at 76,6°C and 30,2°C, respectively [25]. Thermal inactivation of PO in tomatoes was also performed at temperatures of 63, 64, 65, 66 and 67 °C [21].

It is supposed, that data on the role of PO as a marker enzyme in stress conditions are contradictory and unclear, due to the existence of a large number of isoenzymes in cellular compartments [26].

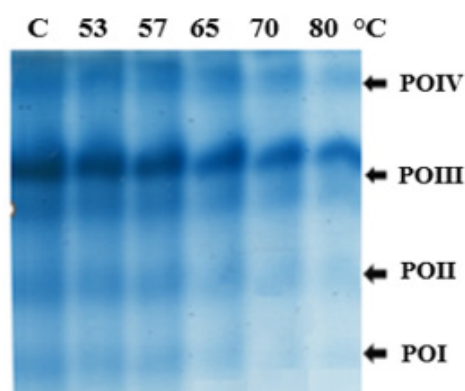


Figure 5. Separation of PO isoenzymes from boxwood leaves after their exposure to the action of HTS of different intensity. HTS was performed with temperatures in the range 53-80°C with a duration of 5 min. HTS - hyperthermic shock, C - control

Our determination on the changes in the isoenzymatic spectrum of PO under the influence of HTS of different intensity (53-80°C) are presented in Fig. 5. Peroxidase isozymes in soluble protein fractions undergo visible quantitative and qualitative changes depending on the temperature value of HTS used for leaf treatment (Fig. 5). The isoenzyme patterns (Fig. 5) indicated the clear distinction of the influence of different HTS temperatures on the pattern of PO isoforms in soluble proteins extracted from boxwood leaves exposed to HTS action for 5 min. The pattern differs in the electrophoretic mobility and intensity of the bands demonstrating PO activity. As can be seen from the electrophoresis of extracts from boxwood leaves, there are several areas of localization of PO isoenzymes. Under the influence of HTS, the intensity of PO isoforms decreases in all I-IV zones. The most pronounced decrease in the intensity of the bands is observed in the POI and POII zones, especially at HTS 65°C, 70°C and 80°C, respectively. The isoforms from zones III and IV also decrease, but they are more abundant, compared to the isoforms from zones I and II. Thus, by the method of gradient polyacrylamide gel electrophoresis, it was established that the composition and intensity of the bands corresponding to PO activity in one-year-old leaves exposed to HTS of

different intensities (53-80°C) differ. This is probably due to the physiological state of the leaves. The maximum intensity of PO isoforms was recorded in boxwood leaves exposed to HTS at temperatures of 53°C and 57°C.

The changes recorded in the total activity of PO and its isoforms caused by the action of HTS determine their participation in the oxidation-reduction processes in cells and their contribution to establishing the level of resistance to extreme temperature shock. The obtained results expand the understanding of the response of PO activity and its isoenzymes to heat stress.

The high resistance of PO to hyperthermic stress indicates the possibility of using boxwood leaves, similar to PO from palm, soybean and others [17, 7], as a source of PO for various industrial branches.

Conclusions

Treatment of boxwood leaves with hyperthermic shock (HTS) at a temperature of 53°C, 55°C and 57°C for 5 min caused practically no significant changes in the activity and composition of the PO isoenzymes in the fraction of soluble proteins isolated from leaves exposed to HTS.

Application of HTS at 57-80°C for 5 min caused a gradual decrease in the total activity and intensity of PO isoenzymes in boxwood leaves. However, in leaves treated at 90°C for 5 min, PO activity was not detected.

The obtained results showed that PO from boxwood leaves exhibits relatively high PO stability at high temperatures shock, which indicates the possibility of using PO from boxwood leaves, similar to PO from palm, soybean and others, as a source of PO for various industries.

Bibliography:

1. WAHID, A. *Physiological implications of metabolites biosynthesis in net assimilation and heat stress tolerance of sugarcane (Saccharum officinarum) sprouts*. In: *J. Plant Research*, 2007, 120, p. 219-228. Doi: 10.1016/j.envexpbot.2007.05.01.
2. ZHAO, J., LU, Z., WANG, L., JIN, B. *Plant Responses to Heat Stress: Physiology, Transcription, Noncoding RNAs, and Epigenetics*. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22, 117. DOI: 10.3390/ijms22010117.
3. SATO, H., MIZOI J., SHINOZAKO K. et al. *Complex plant responses to drought and heat stress under climate change*. In: *The Plant Journal*, 2024, vol. 117 (6), p. 1873-1892. Doi: 10.1111/tpj.16612.
4. DECOCQ, G., BORDIER, D., WATTEZ, J.-R., RACINET, P. *A practical approach to assess the native status of a rare plant species: the controverse of Buxus sempervirens L. in northern France revisited*. In: *Plant Ecology*, 2004, 173 (1), p. 139–151. DOI: 10.1023/B: VEGE.0000026337. 85794.fb.
5. SALEEM H., HTAR T. T., NAIDU R. et al. *Phytochemical composition and enzyme inhibition studies of Buxus papillosa c. k. schneid*. In: *Processes*, 2020, 8, 757. DOI:10.3390/pr8070757.
6. AMTAGHRI, S., EDDOUKS, M. *Pharmacological and phytochemical properties of the genus Buxus: A review*. In: 2024, vol. 177: 10608. Doi: 10.1016/j.fitote.2024.106081.
7. LI S., YAN M.Q., WANG Z.Y. et al. *Phytochemistry of genus Buxus and pharmacology of cyclovirobuxine D*. In: *Chem Biodivers.* 2024, vol. 21(8). e202400494. DOI: 10.1002/cbdv.202400494.
8. De Jong, S. M., Addink, E. A., Hoogenboom, P. et al. *A laboratory experiment to investigate the spectral response of Buxus sempervirens to different types of stress*. In: *ISPRS J. Photogr.*, 2012, vol.74, p. 56-65. Doi: 10.1016/j.isprsjprs.2012.08.005.
9. DASCALIUC, A., RALEA, T., ZDIORUC, N., CUZA, P. *The influence of heat shock and desiccation on boxwood (Buxus sempervirens L.) leaves' photosystem II and antioxidant systems activity*. In: *Contribuții Botanice, Grădina Botanică "Alexandru Borza" Cluj-Napoca*, 2022, LVII: 109-120. Doi: 10.24193/Contrib. Bot.57.8.
10. DUMANOVIĆ, J., NEPOVIMOVA, E., NATIĆ, M. et al. *The significance of reactive oxygen species and antioxidant defense system in plants: A concise overview*. In: *Frontiers in Plant Science*, 2021, vol.11. 552969. DOI: 10.3389/fpls.2020.552969.
11. BERNAL, M.; LLORENS, L.; JULKUNEN-TIITTO, R. et al. *Altitudinal and seasonal changes of phenolic compounds in Buxus sempervirens leaves and cuticles*. In: *Plant Physiol. Biochem.*, 2013, 70 (19), p. 471-482. DOI: 10.1016/j.plaphy.2013.06.012.
12. CAUS, M.; DASCALIUC, A. *Seasonal dynamics of soluble peroxidase in Buxus sempervirens L. leaves*. In: *Scripta Horti Botanici Universitatis Vytatuti Magni.*, 2013, 17, p. 80 - 90. ISSN1392-3714. ISSN 1392-3714, E-ISSN 2345-0215.
13. CAUȘ, M.; DASCALIUC, A. *Influența temperaturilor negative de iarnă asupra conținutului total de flavonoide și activității lor antioxidante din frunzele de cimișir Buxus sempervirens L. de diferită vârstă*. În: *Conf. nați. cu participare intern. "Știința în Nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective"*, (Ed. a 2-a), 29-30 sep. 2016, Bălți. Resp. red.: V. CAPCELEA. Tipografia "Foxtrot", p. 44-48. ISBN 978-9975-89-029-8.
14. VAROL, T., CANTURK, U., CETIN, M. et al. *Identifying the suitable habitats for Anatolian Boxwood (Buxus sempervirens L.) for the future regarding the climate change*. In: *Theor. Appl. Clim.*, 2022, vol. p. 150, 637–647. DOI: 10.1007/s00704-022-04179-1.
15. KIDWAI, M., AHMAD I. Z., CHAKRABARTY D. *Class III peroxidase: an indispensable enzyme for biotic/abiotic stress tolerance and a potent candidate for crop improvement*. In: *Plant Cell Rep.*, 2020, 39(11), p. 1381-1393. DOI: 10.1007/s00299-020-02588-y.
16. FREITAS, C. D. T., COSTA, J. H., GERMANO, T. A. et. *Class III plant peroxidases: From classification to physiological functions*. In: *Int. J. Biol. Macromol.*, 2024, 263(Pt1): 30306. Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.130306.
17. ADAMS, J. B. 1978. *The inactivation and regeneration of peroxidase in relation to the high temperature-short time processing of vegetables*. In: *J. Food Technol.*, 1978, 13(4), p. 281-297. DOI: 10.1111/j.1365-26211978.tb00806.
18. MCLELLAN K., ROBINSON D. *The effect of heat on cabbage and Brussels sprout peroxidase enzymes*. In: *Food Chemistry*, 1981, vol. 7(4), p. 257-266. DOI: 10.1016/0308-8146(81)90031-5.

19. SERGIO, L., PIERALICE, M., DI VENERE, D., CARDINALI, A. *Thermostability of soluble and bound peroxidases from artichoke and a mathematical model of its inactivation kinetics*. In: *Food Technol. Biotechnology*, 2007, vol. 45 (4), p. 367–373. ISSN 1330-9862.
20. MOULDING, P., GRANT, H. F., ROBINSON, D. *Heat stability of soluble and ionically bound peroxidases extracted from apples*. In: *Intern. J. Food Sci. Techn.*, 1987, vol. 22(4), p. 391-397. DOI: 10.1111/J.1365-2621.1987.TB00502.X.
21. ERCAN, S. S., SOYSAL, S. *Effect of ultrasound and temperature on tomato peroxidase*. In: *Ultrasonics Sonochemistry*, 2011, vol. 18 (2), p. 689-695. Doi:10.1016/j.ultsonch.2010.09.014.
22. HUANG Y., RONG, K., ZHAO, S. et al. *Thermal inactivation and kinetic characterization of peroxidase from leaves of Brassica chinensis L.* In: *American J. Biochem. Biotech.*, 2024, 20 (2), p. 180-189. Doi: 10.3844/ajbbsp.2024.180.189.
23. SEEVERS, P. M., DALY, J. M., CATEDRAL, F. F. *The Role of Peroxidase Isozymes in Resistance to Wheat Stem Rust Disease*. In: *Plant Phys.*, 1971, 48, p. 353–360. DOI: 10.1104/pp.48.3.353.
24. LAEMMLI, U. K. *Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4*. In: *Nature*, 1970, vol. 227 (5259), p. 680-685. DOI: 10.1038/227680a0.
25. FORTEA, M., PELLICER, J. A., SERRANO-MARTÍNEZ, A. et al. *Red ccabbage (Brassica oleracea) as a new source of high-thermostable peroxidase*. In: *J. Agricul. Food Chemistry*, 2012, vol. 60(42), p. 10641-10648. DOI: 10.1021/jf302483q.
26. MIKA, A., BOENISCH, M. J., HOPFF, D., LUTHJE, S. *Membrane-bound guaiacol peroxidases from maize (Zea mays L.) roots are regulated by methyl jasmonate, salicylic acid, and pathogen elicitors*. In: *J. Exp. Bot.*, 2010, 61, p. 831–841. Doi: 10.1093/jxb/erp353.

N. B.: The research was conducted within the project 20.80009.7007.07 “Determining the parameters that characterize the resistance of plants with the different level of organization to the action of extreme temperatures in order to reduce the effects of climate change” and the Subprogram 011101 “Genetic and biotechnological approaches to agroecosystem management under climate change”, funded by the Ministry of Education and Research of the Republic of Moldova.

Data about the authors:

Maria CAUȘ, PhD in biological sciences, coordinating research officer. Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, Moldova State University.

ORCID: 0000-0001-7914-3482

E-mail: mcaus2021@yahoo.com

Nicolai PLATOVSCHII, PhD in biological sciences, scientific researcher, Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, Moldova State University.

ORCID: 0000-0001- 6747-8226

E-mail: nik.plat@hotmail.com

Presented: 25.02.2025

EVALUAREA DINAMICII RECUPERĂRII INDICATORILOR FIZIOLOGICI ȘI BIOCHIMII ÎN FRUNZELE PROVENIENȚELOR DE STEJAR PEDUNCULAT (*QUERCUS ROBUR*) DUPĂ ȘOCUL TERMIC

Petru CUZA, Nina ZDIORUC, Nicolai PLATOVSCHII,

Universitatea de Stat din Moldova

Frunzele stejarului pedunculat (*Quercus robur* L.) au fost prelevate din rezervația „Plaiul Fagului”, reprezentând trei proveniențe distincte: Edineț (nord), Hârjauca (centru) și Baimaclia (sud). Studiul a evaluat dinamica recuperării indicelui de clorofilă, randamentului maxim relativ al FSII, conținutului de fenoli, taninuri și apă din frunze, după expunerea acestora la șocul termic (50°C, timp de 20 și 40 de minute). Pe parcursul celor zece zile de recuperare, indicele de clorofilă a prezentat valori scăzute și variabile, cu o tendință de sporire pe gradientul sud-nord, sugerând procese mai intense de senescență în frunzele provenind din Baimaclia. Proveniența Edineț s-a evidențiat printr-un indice de clorofilă semnificativ mai mare și niveluri ușor crescute ale randamentului maxim relativ al FSII, compușilor fenolici, taninurilor și conținutului de apă în frunze, indicând o adaptare mai eficientă la șocul termic. Proveniențele îndepărtate, Edineț și Baimaclia, au manifestat adaptări mai pronunțate în comparație cu Hârjauca, situată în proximitatea locului de cultivare.

Cuvinte-cheie: *Quercus robur*, frunze, proveniențe, șoc termic, recuperare, indice de clorofilă, randament maxim relativ al FSII, fenoli, taninuri, conținut de apă.

ASSESSMENT OF RECOVERY DYNAMICS OF PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS IN LEAVES OF PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR*) FOLLOWING HEAT SHOCK

The leaves of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) were collected from the *Plaiul Fagului* Reserve, representing provenances from Edineț (north), Hârjauca (center), and Baimaclia (south). The study assessed the recovery dynamics of the chlorophyll index, the maximum relative yield of PSII, and the levels of phenols, tannins, and water in the leaves following thermal shock (50°C for 20 and 40 minutes). Over the ten-day recovery period, the chlorophyll index displayed low and variable values, with an increasing trend along the south-to-north gradient, suggesting more pronounced senescence processes in the leaves from Baimaclia. The Edineț provenance stood out with a significantly higher chlorophyll index and slightly elevated levels of the maximum relative yield of PSII, phenolic compounds, tannins, and leaf water content compared to the other provenances, indicating a more effective adaptation to thermal shock. Distant provenances, Edineț and Baimaclia, exhibited more pronounced adaptive responses compared to Hârjauca, which is geographically closer to the cultivation site.

Keywords: *Quercus robur*, leaves, provenance, heat shock, recovery, chlorophyll index, maximum relative yield of PSII, phenols, tannins, water content.

Introducere

În decursul evoluției, plantele superioare au dobândit fotosinteza, un proces esențial prin care cloroplastele captează lumina solară și o transformă în energie fotochimică. Funcția fotosintetică este extrem de sensibilă la stresurile de mediu, iar temperaturile ridicate, care induc stresul termic, pot afecta semnificativ funcțiile metabolice ale plantelor, activând mecanisme de adaptare sau declanșând moartea celulară. Procesele asociate fotosintezei, inclusiv menținerea fluidității membranei tilacoide, transportul electronilor prin aceasta, reacțiile fotochimice, biosinteza clorofilei și fixarea CO₂ în ciclul Calvin, sunt sensibile la stresul termic [1, 2].

Temperaturile ridicate accelerează degradarea clorofilei, afectând astfel eficiența fotosintezei [3]. Degrada-

darea clorofilei este strâns legată de daunele aduse membranelor celulare [4] și de senescența frunzelor [5], proces care poate oferi protecție împotriva pigmentilor fototoxici [6]. În condiții normale, sinteza și degradarea clorofilei sunt în echilibru, menținând niveluri constante ale acestui pigment [7]. Cu toate acestea, sub acțiunea stresului termic, conținutul de clorofilă scade, ducând la senescență și cloroză, afectând negativ creșterea și dezvoltarea plantelor [8, 9].

Expunerea prelungită la temperaturi ridicate poate compromite integritatea celulară [10, 11] și inhiba procesele metabolice, afectând supraviețuirea plantelor în condiții de stres climatic sever [12]. Degradarea aparatului fotosintetic în astfel de condiții poate duce la o reducere semnificativă a productivității ecosistemelor forestiere și la pierderea biodiversității [13].

Stresul termic induce o producție rapidă și excesivă de specii reactive ale oxigenului (ROS), care perturbă funcționarea aparatului fotosintetic, ducând la inactivarea fotosistemelor I și II și provocând degradarea proteinelor și pigmentilor esențiali, precum clorofila. Acumularea de ROS afectează membranele celulare, lipidele și acizii nucleici, reducând capacitatea plantelor de a se adapta la condiții de stres.

Pentru a proteja integritatea celulară, plantele sintetizează substanțe antioxidante care contribuie la detoxifierea ROS. Zaharurile, proteinele solubile și prolina acționează ca osmoliți și mențin echilibrul hidric al celulelor, protejând biomoleculele și membranele lipidice de deshidratare și inhibă producția de ROS. În plus, activarea unor factori de transcripție responsabili de răspunsul la stres este esențială pentru aceste mecanisme de adaptare [14, 15].

Compușii fenolici, cel mai mare grup de metaboliți secundari din plante, care variază de la structuri simple cu inele aromatice la molecule complexe (de exemplu, lignine), sunt implicați, de asemenea, în toleranța la stres. Acești compuși joacă un rol esențial în diverse mecanisme fiziologice ce contribuie la creșterea adaptării plantelor. Capacitatea lor antioxidantă puternică este esențială pentru captarea și neutralizarea speciilor ROS, precum peroxidul de hidrogen (H_2O_2), radicalul hidroxil (OH^*), superoxidul (O_2^{*-}) și oxigenul singlet (1O_2) [16]. Precursorii majorității compușilor fenolici din plante sunt sintetizate prin calea acidului shikimic, aceasta fiind etapa inițială a biosintezei fenolilor.

Schimbările climatice și stresul termic reprezintă provocări majore pentru ecosistemele forestiere. În acest context, scopul acestui studiu este de a evalua efectele șocului termic controlat, de intensități variate, asupra proceselor de recuperare a indicelui de clorofilă, randamentului cuantic relativ al fotosistemului II și conținutului de compuși fenolici în frunzele stejarului pedunculat (*Quercus robur*) provenite din culturi de proveniență diferită, situate în Rezervația „Plaiul Fagului.” În plus, acest studiu subliniază importanța înțelegerii răspunsurilor diferitelor proveniențe de stejar pedunculat la stresul termic, în contextul schimbărilor climatice și al gestionării durabile a pădurilor.

Material și metode

În septembrie 2024, au fost recoltate probe de frunze de stejar pedunculat (*Quercus robur* L.) din proveniențele Baimaclia, Hârjauca și Edineț, situate în rezervația „Plaiul Fagului.” Din fiecare proveniență, s-au colectat frunze din partea inferioară și vestică a unui arbore reprezentativ, cu coroana luminată și dezvoltată, aflat într-o stare bună de sănătate. În total, pentru fiecare proveniență, au fost analizate între 6 și 10 frunze, în funcție de parametrii specifici. Analizele au inclus determinarea indicelui de clorofilă, valorii relative a randamentului cuantic relativ al fotosistemului II (randamentul maxim relativ al FSII), conținutului total de compuși fenolici și taninuri, precum și masei uscate a frunzelor.

În laborator, frunzele au fost plasate în interiorul ultratermostatlui cu apă (Universal ultrathermostat „UTU4”, Ungaria)) și supuse șocului termic la 50°C, timp de 20 și 40 de minute. După tratamentul termic, frunzele au fost transferate în exsiccatoare și menținute în condiții controlate (temperatură de 25°C, umiditate relativă de 85%, iluminare de 200 lux, fotoperioadă de 16 ore de lumină și 8 ore de întuneric) timp de zece zile. La intervale de 1, 3, 7 și 10 zile de recuperare, au fost prelevate probe pentru a evalua parametrii specifici.

Indicele de clorofilă. Măsurătorile indicelui de clorofilă au fost realizate pe frunze selectate, utilizând un clorofilometru (model CCM-200 plus). Fiecărei frunze i s-au efectuat 3-4 măsurători consecutive pentru fiecare interval de recuperare.

Valoarea relativă a randamentului maxim al fotosistemului II

Fluorescența clorofilei a fost măsurată după adaptarea probelor la condițiile de lumină, utilizând parametrii F_t (fluorescența în echilibru) și F_m' (fluorescența maximă). Determinările au fost realizate la fiecare interval de recuperare, după expunerea probelor la o radiație fotosintetică în stare de echilibru (F_t). Pentru determinarea fluorescenței maxime (F_m'), probele au fost expuse unui impuls de lumină de saturație, utilizând fluorimetrul PAM-2100 (H. Walz, Germania).

După aplicarea șocului termic controlat și în perioadele de recuperare specificate, randamentul maxim relativ al FSII (Fr) a fost calculat conform ecuației:

$$Fr = F_m'et / F_m'mt$$

unde:

Fr – randamentul maxim relativ al FSII,

$F_m'et$ – fluorescența maximă a fotosistemului II măsurată în perioadele de recuperare pentru frunzele supuse șocului termic,

$F_m'mt$ – fluorescența maximă a fotosistemului II al probelor martor.

Conținutul total al compușilor fenolici

Frunzele au fost uscate la o temperatură controlată de aproximativ 40°C pentru a preveni degradarea compușilor bioactivi. După uscare, frunzele au fost cântărite (20 mg pentru fiecare eșantion), fiecare analiză fiind realizată în trei repetiții pentru fiecare proveniență.

Frunzele uscate au fost apoi mărunțite și măcinate într-un mojar cu pistil, în prezența a 2 ml de etanol 80%, obținându-se un extract omogen. Suspensia rezultată a fost incubată într-o baie de apă la 80°C timp de 30 de minute pentru a facilita extracția compușilor fenolici. După această etapă de incubare, amestecul a fost centrifugat la 15.000 g (Sigma 3K30) timp de 15 minute. Supernatantul rezultat a fost colectat și distribuit în câte trei eprubete pentru fiecare proveniență.

Pentru determinarea compușilor fenolici, la supernatant s-au adăugat 2,5 ml de reactiv Folin-Ciocalteu, urmat de o reacție de 3 minute la temperatura camerei. Ulterior, s-a adăugat 2 ml de soluție de carbonat de sodiu 7,5% pentru a asigura mediul alcalin necesar reacției. Eprubetele au fost apoi incubate la temperatura camerei timp de 2 ore, timp în care s-au format complexe de culoare albastră, specifice compușilor fenolici.

Complexele albastre formate au fost măsurate prin spectrofotometrie, utilizând un spectrofotometrul (model CΦ-46) la lungimea de undă de 765 nm. Concentrația compușilor fenolici din probe a fost calculată utilizând o curbă de calibrare bazată pe un standard de acid galic.

Conținutul total al taninurilor

Inițial, s-au cântărit 0,5 g de probe de frunze absolut uscate și mărunțite, în trei repetiții pentru fiecare proveniență. Probele au fost transferate într-un volum de 50 ml de apă distilată și supuse unui proces de extracție pe o baie de apă la 100°C, timp de 45 de minute, pentru a facilita extragerea completă a taninurilor din țesuturile vegetale.

După finalizarea extracției, soluția obținută a fost răcită și filtrată printr-o pâlnie Schott pentru a îndepărta eventualele impurități mecanice. Soluția filtrată a fost diluată cu apă distilată până la un volum final de 50 ml, pentru a obține concentrația necesară a extractului pentru titrare.

Pentru determinarea concentrației de taninuri, s-a pregătit amestecul de reacție, care a inclus 750 ml de apă distilată, 10 ml din extractul obținut și 25 ml de soluție de indigo-carmine, utilizat ca indicator. Amestecul a fost titrat cu o soluție standardizată de permanganat de potasiu 0,1N, adăugată treptat, prin agitare continuă (utilizând agitatorul Type MM-6). Pe măsură ce titrarea avansa, culoarea soluției se modifică de la albastru (datorită indigo-carminei) la verde și, în final, la galben, semnalizând finalul reacției de oxidare completă a taninurilor.

Calculul conținutului de taninuri în proba testată s-a realizat pe baza formulei de mai jos, care exprimă concentrația de taninuri în procente:

$$T = ((a - a_1) \times 0,004157 \times v \times 100) / (v_1 \times m)$$

unde:

T – conținutul de taninuri, %,

a – volumul soluției de permanganat de potasiu 0,1N utilizat pentru oxidarea taninurilor (proba),

a_1 – volumul de permanganat de potasiu utilizat pentru titrarea apei și a indigo-carminiei (martor),

v – volumul total al soluției obținute din proba testată,

v_1 – volumul de extract prelevat pentru testare,

m – masa probei absolut uscate, g,

0,004157 – coeficientul de conversie al volumului soluției de permanganat de potasiu 0,1N pentru oxidarea taninurilor, g.

Conținutul de apă în frunze

Frunzele au fost cântărite inițial, apoi deshidratate într-o etuvă (Termostat Nr.3) la 105°C până la atingerea unei mase uscate constante. Stabilitatea masei uscate a fost confirmată prin cântăriri repetate, considerate constante după obținerea aceleași valori în urma a trei cântăriri consecutive.

Pentru a preveni reabsorbția umidității, frunzele uscate au fost plasate într-un exsicator cu gel de siliciu (concentrație 50/20), conectat la o pompă de vid care a menținut presiunea cu circa trei unități mai mică decât cea atmosferică. După revenirea frunzelor la temperatura camerei, acestea au fost cântărite utilizând o balanță de precizie (Kern 3100), calibrată anterior prin expunerea la radiații ultraviolete emise de o lampă PRK-2 (190 și 210 nm).

Conținutul de apă în frunze (Ca, %) a fost calculat pe baza masei umede (Mu) și a masei uscate (Ms) ale frunzelor, conform formulei:

$$Ca = (Mu - Ms) / (Mu \times 100\%)$$

unde:

Ca – conținutul de apă în frunze, %,

Mu – masa umedă a frunzelor, g,

Ms – masa uscată a frunzelor, g.

Analize statistice

Pentru fiecare indicator descris anterior, au fost calculate valorile medii și abaterile standard pentru proba martor și pentru perioadele de recuperare, utilizând programul Excel. De asemenea, s-au calculat valorile medii cumulate pentru toate perioadele de recuperare, pe baza cărora au fost realizate histograme. Pentru a evalua semnificația diferențelor între proveniențe în funcție de indicatorii precum indicele de clorofilă, conținutul de compuși fenolici și de taninuri, a fost aplicat testul *Levene* pentru omogenitatea varianțelor, utilizând software-ul Statgraphics (versiunea XVI).

Rezultate și discuții

Indicele de clorofilă

Indicele de clorofilă este un indicator al cantității de clorofilă prezentă în frunzele diferitelor proveniențe de stejar pedunculat. Datele din figura 1 arată că, pentru toate cele trei proveniențe analizate, valorile acestui indice sunt foarte apropiate pentru anumite doze termice și perioade de recuperare. Acest fapt ne-a determinat să calculăm valorile medii ale indicelui de clorofilă după perioade de recuperare de 1, 3, 7 și 10 zile.

După 10 zile de recuperare în urma șocului termic aplicat la 50°C timp de 20 de minute, indicele de clorofilă a înregistrat valori medii de 6,8 ur, iar după 40 de minute de 7,1 ur, în frunzele provenienței Baimaclia (zona de sud), comparativ cu 7,1 ur în proba martor. În cazul provenienței Hârjauca (zona de centru), valorile medii au fost de 9,4 ur după 20 de minute și 9,6 ur după 40 de minute, față de 10,9 ur în proba martor, indicând o scădere evidentă a indicelui după șocul termic. Frunzele din proveniența Evineț (zona de nord) au prezentat valori de 10,1 ur după 20 de minute și 10,2 ur după 40 de minute de șoc termic, comparativ cu 12,4 ur în proba martor.

Aplicarea testului *Levene* a demonstrat că proveniența Baimaclia diferă semnificativ de celelalte două proveniențe analizate (Hârjauca și Edineț), atât după 20 de minute, cât și după 40 de minute de expunere

la șocul termic. Totodată, nu au fost găsite diferențe statistice semnificative între proveniențele Hârjauca și Edineț (figura 1). Rezultatul obținut denotă că diferențele în indicii de clorofilă între aceste proveniențe sunt influențate de adaptări epigenetice specifice fiecărei zone, sugerând că proveniența Baimaclia poate prezenta caracteristici de adaptare diferite față de celelalte proveniențe.

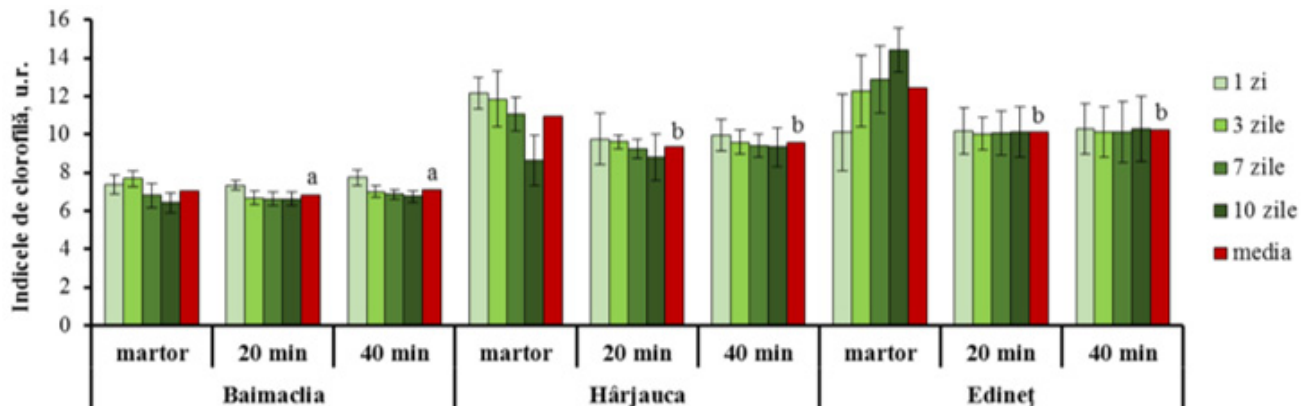


Figura 1. Dinamica recuperării în decurs de 10 zile a indicelui de clorofilă după șocul termic la 50°C, pe o durată de 20 și 40 de minute, în diferite proveniențe

Notă: Rezultatele testului Levene sunt reprezentate pe histogramă prin literele „a” și „b”. Litera „a” indică diferențe semnificative între proveniența Baimaclia și celelalte proveniențe (Hârjauca și Edineț), în timp ce litera „b” arată că nu există diferențe semnificative între proveniențele Hârjauca și Edineț

Aplicarea testului Levene a demonstrat că proveniența Baimaclia diferă semnificativ de celelalte două proveniențe analizate (Hârjauca și Edineț), atât după 20 de minute, cât și după 40 de minute de expunere la șocul termic. Totodată, nu au fost găsite diferențe statistice semnificative între proveniențele Hârjauca și Edineț (figura 1). Rezultatul obținut denotă că diferențele în indicii de clorofilă între aceste proveniențe sunt influențate de adaptări epigenetice specifice fiecărei zone, sugerând că proveniența Baimaclia poate prezenta caracteristici de adaptare diferite față de celelalte proveniențe.

Datele prezentate indică faptul că proveniența Baimaclia a înregistrat cele mai scăzute valori ale indicelui de clorofilă, ceea ce indică o sensibilitate ridicată la șocul termic și o capacitate redusă de a menține sau reface clorofila în frunze după perioadele de recuperare, în comparație cu celelalte două proveniențe investigate. În schimb, proveniențele Hârjauca și Edineț au avut valori mai ridicate ale indicelui de clorofilă, indicând un răspuns mai eficient la șocul termic controlat și o rezistență mai accentuată în urma proceselor de recuperare. Această tendință de creștere a indicelui de clorofilă de la sud spre nord reflectă o reziliență superioară a arborilor proveniți din zona de nord.

Durata recuperată a influențat diferit valorile indicelui de clorofilă în funcție de proveniență. După 10 zile de recuperare, arborii din zona de nord au avut un indice mediu de clorofilă de 9,4 u.r., comparativ cu 6,8 u.r. în zona de sud. Aceasta sugerează o capacitate mai bună de adaptare și recuperare a frunzelor din zona de nord, care au reușit să mențină o cantitate mai mare de clorofilă, în ciuda șocului termic suferit. În schimb, frunzele din zona de sud au avut o reacție mai lentă și incompletă, evidențiind o sensibilitate crescută și o capacitate mai redusă de refacere a clorofilei după expunerea la șocul termic.

Datele prezentate demonstrează că indicii de clorofilă al stejarului pedunculat variază în funcție de originea acestora, pe un gradient de latitudine de la sud la nord. Variația observată indică o tendință evidentă de creștere a indicelui de clorofilă de la sud spre nord. Se știe că în zona de sud procesele de senescență a frunzelor încep să se manifeste mai devreme decât în zona de nord, ceea ce poate diminua cantitatea de clorofilă prezentă în frunze. Această diferență ar putea reflecta variabilitatea ecologică și adaptările epigenetice specifice ale arborilor stejarului pedunculat din fiecare proveniență, cu cele mai scăzute valori ale indicelui de clorofilă înregistrate proveniența sudică și cele mai ridicate în cea nordică.

S-a demonstrat că conținutul de clorofilă al unei frunze individuale poate fluctua atât în sus, cât și în jos în timpul toamnei, datorită faptului că clorofila este atât sintetizată, cât și degradată într-o frunză activă.

Fluctuația clorofilei este parțial asociată cu ciclul de reparare al fotosistemului II, un mecanism esențial pentru menținerea eficienței fotosintetice [17]. Aceste procese sunt bine corelate cu observația că rata de rotație a clorofilei crește la expunerea unei lumini puternice [18]. Totuși, raportul clorofila a/b a rămas constant în frunzele senescente ale tuturor speciilor lemnoase investigate, până când clorofila a fost degradată la mai puțin de $10 \mu\text{g Chl cm}^{-2}$, ceea ce indică o menținere a funcționalității fotosistemului II în etapele avansate ale senescentei [19].

În contextul nostru, variația indicelui de clorofilă între proveniențele investigate poate fi explicată atât prin declanșarea timpurie a senescentei în proveniența Baimaclia (de origine sudică), cât și capacități diferite de menținere a funcționalității fotosistemului II. Această capacitate a clorofilei este esențială pentru fotosinteză, chiar și la începutul toamnei (20 septembrie), în perioada senescentei, așa cum se observă în proveniența din nord, unde indicele de clorofilă este semnificativ mai ridicat. Rezultatele indică faptul că frunzele provenienței din nord păstrează o activitate fotosintetică mai mare, posibil datorată fluctuației mai eficiente a clorofilei și adaptărilor specifice la condițiile locale.

Valoarea relativă a randamentului maxim al fotosistemului II

Randamentul maxim relativ al FSII este un indicator al eficienței utilizării energiei luminoase în procesele fotosintetice din frunzele stejarului pedunculat de proveniență diferită. În figura 2 este prezentată dinamica recuperării frunzelor detașate de la arborii din trei proveniențe distincte, expuse șocului termic de 50°C timp de 20 de minute. Datele obținute indică o scădere rapidă a randamentului maxim relativ al FSII la 50 minute după expunere, observată în toate proveniențele analizate. În prima zi, în cazul provenienței Edineț, a fost observată cea mai accelerată scădere a randamentului maxim relativ al FSII, atingând o valoare minimă de 0,26 comparativ cu proba martor. Recuperarea în această proveniență a fost lentă și incompletă față de martor, atingând un nivel de 0,39 abia în ziua a zecea.

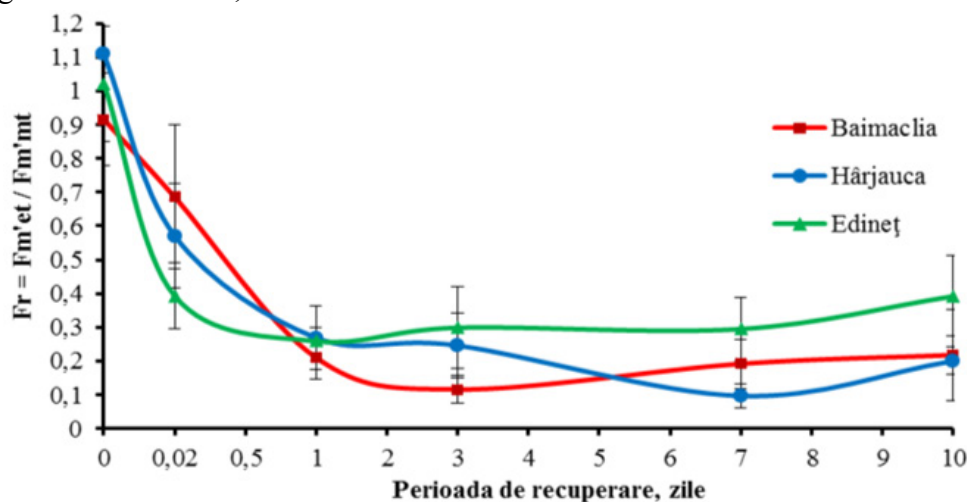


Figura 2. Randamentul maxim relativ al FSII în frunzele stejarului pedunculat de proveniență diferită, supuse recuperării după șocul termic cu 50°C timp de 20 de minute

Pentru proveniența Hârjauca, diminuarea randamentului maxim relativ al FSII a continuat până în ziua a șaptea, urmată de o recuperare ușoară. În schimb, în cazul provenienței Baimaclia, randamentului maxim relativ al FSII a scăzut brusc în primele două zile, după care s-a observat o recuperare lentă până la finalul celor zece zile de observație.

La finalul perioadei de observație, proveniența Edineț a demonstrat cea mai mare capacitate de recuperare, având un randament maxim relativ al FSII semnificativ mai ridicat comparativ cu celelalte două proveniențe. Proveniența Hârjauca a menținut cel mai scăzut nivel de recuperare în ziua a șaptea, dar a continuat să își refacă capacitatea fotosintetică, atingând un nivel similar cu cel al provenienței Baimaclia.

După expunerea la șocul termic mai intens (50°C timp de 40 de minute), activitatea fotosintetică a fost sever afectată, iar randamentului maxim relativ al FSII a scăzut drastic în cazul proveniențelor Hârjauca și

Baimaclia, atingând valori de 0,19 și 0,22 în primele 50 de minute după șoc (figura 3). În continuare, randamentul maxim relativ al FSII a scăzut lent până în ziua a șaptea, când s-a observat anihilarea completă a activității fotosintetice. În ciuda acestui declin, în proveniența Baimaclia s-a observat o ușoară recuperare, a randamentului maxim relativ al FSII ajungând la 0,1 în ziua a zecea. În cazul provenienței Edineț, scăderea randamentului maxim relativ al FSII a fost rapidă în primele 50 de minute și a continuat până în ziua a doua, urmată de o recuperare lentă, atingând o valoare de 0,29 în ultima zi de observație.

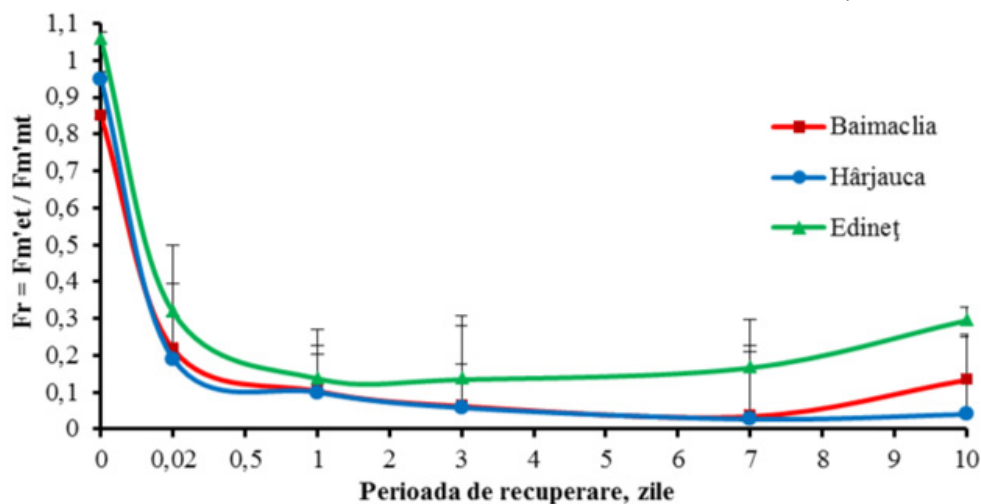


Figura 3. Randamentului maxim relativ al FSII în frunzele stejarului pedunculat de proveniență diferită, supuse recuperării după șocul termic cu 50°C timp de 40 de minute

Rezultate prezentate indică că, în perioada de toamnă, când probele de frunze au fost recoltate (20.09.24), șocul termic aplicat a fost prea drastic pentru a declanșa procese eficiente de recuperare a randamentului maxim relativ al FSII în toate proveniențele investigate. Observațiile indică o toleranță redusă a frunzelor la temperaturi ridicate în această perioadă, sugerând o adaptare sezonieră a stejarilor la condițiile de mediu. Totuși, proveniența Edineț a demonstrat o rezistență ușor superioară, ceea ce indică o reziliență mai accentuată la temperaturile înalte. Un posibil mecanism pentru toleranța redusă observată la șocul termic ar putea fi legat de pregătirea fiziologică a frunzelor pentru senescență, specifică toamnei. În această fază, reducerea activității metabolice și resursele energetice limitate contribuie la o capacitate scăzută de recuperare a fotosistemului II, iar degradarea clorofilei, care are loc relativ devreme în senescență [20], poate exacerba această stare. Diferențele observate între proveniențe, în special în cazul Edineț, pot fi explicate prin mecanisme adaptive locale sau variații genetice, favorizând reziliența la stresul termic controlat. Aceste rezultate subliniază necesitatea unor studii suplimentare pentru a explora variabilitatea sezonieră și potențialele mecanisme epigenetice în răspunsul proveniențelor de stejar pedunculat la stresul termic, contribuind la o mai bună înțelegere a rezilienței arborilor în condițiile schimbărilor climatice.

Literatura de specialitate arată că senescența, fie că este cauzată de stresuri estivale sau de stadiul de dezvoltare, poate afecta semnificativ metabolismul plantelor. Procesele celulare din fazele incipiente ale senescenței sunt foarte dependente de factorii declanșatori, dar în etapele finale, degradarea este similară [21, 22, 23]. În timpul senescenței de toamnă, se observă schimbări semnificative în expresia genelor [24], multe gene legate de fotosinteză fiind reglate în jos, în timp ce genele asociate stresului și degradării sunt reglate în sus sau rămân constante. Totuși, un număr redus de cloroplaste rămân funcționale, iar puține centre ai fotosistemului II continuă să funcționeze până în fazele târzii ale senescenței [25, 26]. În cazul nostru, este plauzibil ca valurile de căldură și arșița din vara anului 2024, care au contribuit la degradarea clorofilei în frunzele de stejar, împreună cu perioada de toamnă în care au fost recoltate probele, au fost factorii principali care au determinat senescența timpurie și au redus eficiența fotosistemului II în proveniențele investigate. Astfel, se poate concluziona că efectele combinate ale acestor factori au influențat negativ capacitatea de recuperare a fotosistemului II în frunze după șocul termic aplicat.

Conținutul total de compuși fenolici

Conținutul total de compuși fenolici este un indicator al capacității frunzelor diferitelor proveniențe de stejar pedunculat de a se proteja împotriva stresului oxidativ cauzat de șocul termic controlat. Datele prezentate în figura 4 indică că, în toate proveniențele analizate, conținutul total de compuși fenolici din proba martor a fost mai ridicat comparativ cu cel prelevat după perioada de recuperare de zece zile, **în urma expunerii șocului termic la 50°C timp de 20 și 40 de minute**. Acest rezultat sugerează că frunzele supuse șocului termic au suferit daune în funcțiile metabolice care au compromis capacitatea de a menține niveluri ridicate de compuși fenolici.

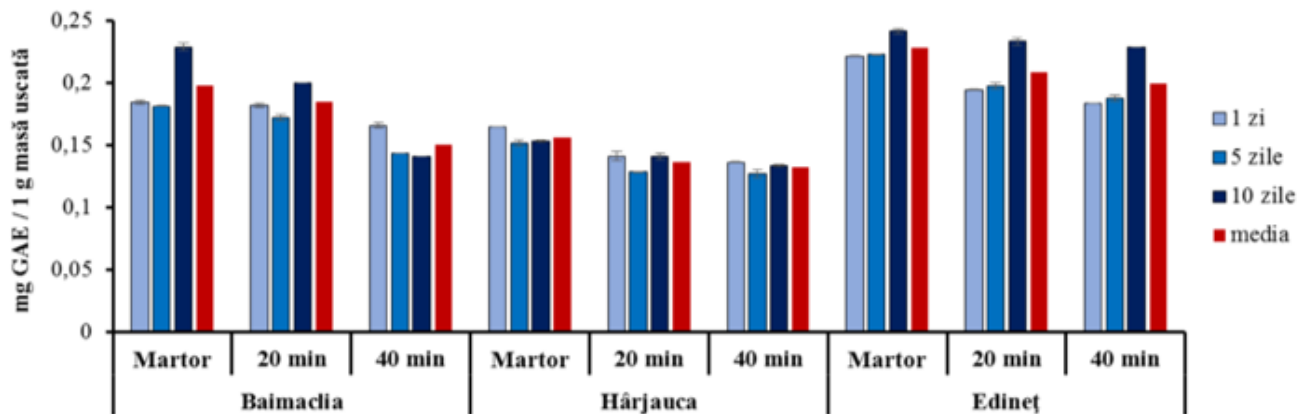


Figura 4. Dinamica recuperării în 10 zile a conținutului compușilor fenolici în frunzele stejarului pedunculat din diferite proveniențe, după șocul termic cu 50°C timp de 20 și 40 de minute

Proveniența Baimaclia (zona de sud) a evidențiat o variabilitate a conținutului de compuși fenolici după expunerea la șocul termic. De exemplu, în prima zi de recuperare, conținutul a fost de 0,18 mg GAE / 1 g masă uscată, un nivel comparabil cu proba martor. După trei zile, acest conținut s-a diminuat ușor la 0,17 mg GAE / 1 g masă uscată, iar în a zecea zi s-a observat o creștere la 0,20 mg GAE / 1 g masă uscată. Dinamica conținutului compușilor fenolici indică un proces de recuperare treptată, reflectând refacerea parțială a capacității antioxidante a frunzelor pe măsură ce timpul avansează. Totuși, variabilitatea din primele zile de recuperare indică un impact al șocului termic asupra metabolismului secundar, afectând sinteza compușilor fenolici. Creșterea ușoară observată după 10 zile reflectă un răspuns adaptiv, sugerând recuperarea parțială a mecanismelor antioxidante.

În cazul șocului termic prelungit (40 de minute), conținutul compușilor fenolici a scăzut treptat pe durata celor zece zile de recuperare, comparativ cu proba martor. Reducerea a fost mai evidentă în primele zile, indicând posibile perturbări ale sintezei sau o degradare mai intensă a acestor compuși în urma șocului termic. Aceste schimbări reflectă disfuncții la nivel celular, care au compromis mecanismele de protecție. Rezultatele sugerează că șocul termic prelungit a avut un efect negativ asupra mecanismelor antioxidante, ducând la o recuperare incompletă pe durata perioadei de observație.

În proveniența Hârjauca, după expunerea la 50°C timp de 20 de minute, conținutul total de compuși fenolici a înregistrat o scădere la trei zile după șocul termic, comparativ cu prima zi de recuperare. Cu toate acestea, până în ziua a zecea, conținutul de compuși fenolici a revenit la nivelul înregistrat în prima zi. Această dinamică sugerează că, deși expunerea inițială la șocul termic a cauzat o reducere temporară a sintezei compușilor fenolici, procesele de recuperare celulară au permis o refacere treptată a acestora până la finalul perioadei de monitorizare.

După expunerea la o doză termică mai intensă, de 40 de minute, au fost observate procese similare celor sesizate la expunerea de 20 de minute. În prima zi după șocul termic, conținutul compușilor fenolici a scăzut comparativ cu proba martor, continuând să scadă până în a treia zi.

Cu toate acestea, în perioada următoare, până în ziua a zecea, conținutul compușilor fenolici s-a refăcut treptat, atingând din nou nivelul înregistrat în prima zi. Această tendință sugerează că, în ciuda expunerii mai îndelungate la stresul termic, mecanismele de recuperare celulară au reușit să restabilească sinteza

compușilor fenolici, indicând o anumită capacitate de adaptare la stresul oxidativ indus de temperaturi ridicate.

În frunzele provenienței Edineț, au fost observate tendințe similare în procesul de recuperare după expunerea la doze de 50°C, atât în decurs de 20 de minute, cât și de 40 de minute. În ziua a treia, conținutul compușilor fenolici a crescut ușor în comparație cu prima zi, iar în perioada următoare, până în ziua a zecea, s-a înregistrat o creștere semnificativă, atingând o valoare apropiată de cea a probei martor. Datele obținute indică că proveniența Edineț prezintă o capacitate sporită de adaptare la socul termic controlat, evidențiind o rezistență crescută la condiții adverse. Această adaptare poate fi asociată cu procesele fiziologice și biochimice care permit sinteza compensatorie a compușilor fenolici, esențiali pentru protecția împotriva stresului oxidativ.

Analiza efectuată relevă că cele trei proveniențe investigate manifestă procese distincte de recuperare, atât în ceea ce privește valorile conținutului de compuși fenolici, cât și dinamica acestora pe parcursul unei perioade de zece zile. Cea mai scăzută valoare medie a conținutului total de compuși fenolici (0,14 mg GAE / 1 g masă uscată după 20 de minute de șoc termic și 0,13 mg GAE / 1 g masă uscată după 40 de minute) a fost observată în frunzele provenienței Hârjauca (zona de centru), aflată la o distanță mică de proveniența locală din rezervația „Plaiul Fagului”. În schimb, celelalte două proveniențe, Baimaclia și Edineț, au prezentat un conținut de compuși fenolici evident mai ridicat, cu o valoare medie de 0,21 mg GAE / 1 g masă uscată după 20 de minute de șoc și 0,20 mg GAE / 1 g masă uscată după 40 de minute (în cazul provenienței Edineț). Totuși, aceste procese se manifestă doar ca tendințe, deoarece testul *Levene* nu a evidențiat diferențe semnificative între proveniențe.

Rezultatele prezentate indică în mod clar că proveniențele din zonele de nord și sud, situate la distanțe considerabile față de locul de instalare a culturilor din zona de centru a rezervației „Plaiul Fagului”, prezintă o capacitate de adaptare mai intensă la condițiile de mediu. În schimb, proveniența Hârjauca, situată la o distanță mică și instalată în condiții de mediu apropiate cu cele ale provenienței locale, demonstrează un proces de adaptare mai lent. Această observație sugerează că diversitatea genetică și adaptarea epigenetică a stejarului pedunculat, derivată din condiții de mediu specifice, influențează semnificativ capacitatea de reacție și adaptare la socul termic.

Studiile anterioare subliniază că compușii fenolici sunt metaboliți secundari cu un potențial antioxidant considerabil, capabili să interacționeze cu ROS. Stresurile de mediu pot influența sinteza acestor compuși, fie prin creșterea, fie prin scăderea producției lor în celule.

De asemenea, compușii fenolici au capacitatea de a elimina ROS, de a forma un complex cu metalele și de a stimula activitatea enzimelor oxidative [27]. O activitate crescută a enzimelor antioxidante este esențială pentru creșterea rezistenței plantelor la factorii de stres, ceea ce înseamnă că variațiile observate în conținutul de compuși fenolici în frunzele diferitelor proveniențe pot fi direct corelate cu capacitatea lor de a face față stresului termic.

Conținutul total al taninurilor

Conținutul total de taninuri reflectă capacitatea frunzelor de stejar pedunculat din diferite proveniențe de a se proteja împotriva stresului oxidativ indus de șocul termic controlat. Din diagrama prezentată în figura 5, rezultă că, în proveniența Baimaclia, după expunerea la șocul termic de 50°C timp de 20 de minute, conținutul total de taninuri în probele de frunze a fost de 4,3% în prima zi, în timp ce în proba martor, conținutul a fost puțin mai scăzut, de 3,4% din total. Diferențele observate denotă că expunerea frunzelor șocului termic a determinat o creștere inițială a producției de taninuri, ca reacție de neutralizare a ROS acumulate în celule, în scopul atenuării stresului oxidativ. După 10 zile de recuperare, conținutul taninurilor sa diminuat la 3,1%, în timp ce în proba martor a crescut la 4,1%. Dinamica observată indică faptul că, pe măsură ce procesul de recuperare a evoluat, frunzele supuse șocului termic și-au epuizat rezervele de taninuri sau și-au redus activitatea antioxidantă, în timp ce frunzele din proba martor au reușit să mențină sau chiar să-și îmbunătățească capacitatea de protecție antioxidantă. Acest fapt sugerează existența unor strategii diferite de recuperare post-stres între probele tratate și cele martor.

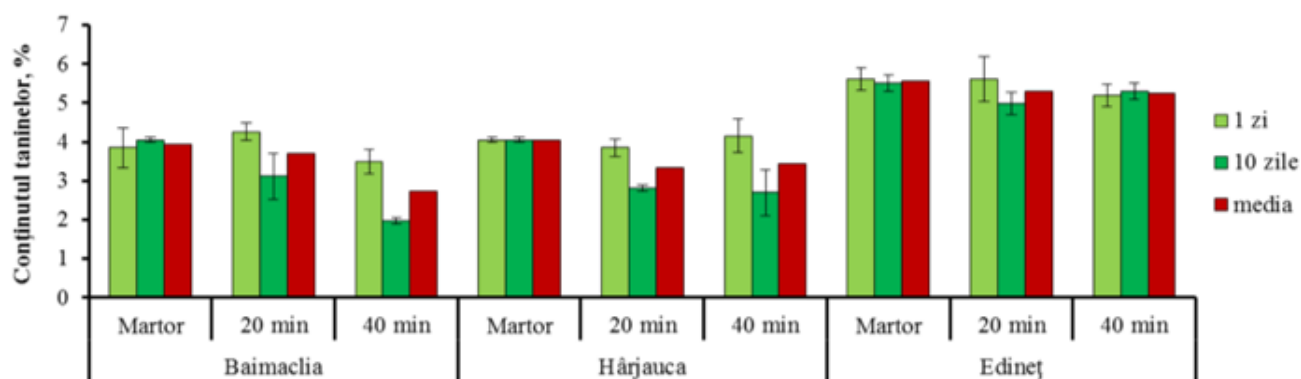


Figura 5. Conținutul total de taninuri în diferite proveniențe de stejar pedunculat apreciat în zece zile de recuperare după șocul termic la 50°C timp de 20 și 40 de minute

După expunerea la șocul termic de 40 de minute, conținutul total de taninuri a scăzut comparativ cu cel înregistrat după 20 de minute. Astfel, la o zi după șocul termic, conținutul de taninuri a fost de 3,5%, iar după zece zile de recuperare a scăzut la 2,0%, ambele valori fiind inferioare celor observate în proba martor (figura 5). Datele analizate indică faptul că expunerea prelungită la șocul termic determină la o diminuare a eficacității taninurilor, ceea ce poate indica o limită a capacităților lor de funcționare antioxidantă în condiții de stres termic.

Frunzele din proveniența Hârjauca (zona de centru), după expunerea la șocul termic de 50°C timp de 20 de minute, au prezentat un conținut total de taninuri mai scăzut atât în prima zi, cât și după zece zile de recuperare, în comparație cu cele din proveniența Baimaclia (zona de sud). Rezultatele obținute indică faptul că arborii din zona de sud au o capacitate mai mare de rezistență la șocul termic decât cei din zona de centru. Totuși, când durata expunerii la șocul termic a fost extinsă la 40 de minute, frunzele din Hârjauca au menținut un conținut total de taninuri mai ridicat pe întreaga perioadă de recuperare, în comparație cu cele din Baimaclia. Aceste observații subliniază că expunerea prelungită la șocul termic stimulează creșterea conținutului de taninuri la arborii din Hârjauca, sugerând un rol potențial al acestora în neutralizarea ROS. În schimb, arborii din Baimaclia au înregistrat o scădere a eficienței antioxidante în condițiile stresului termic prelungit, ceea ce indică o capacitate redusă de adaptare la expunerea prelungită la temperaturi ridicate.

Analiza efectelor șocului termic asupra procesului de recuperare a conținutului total de taninuri a relevat tendințe interesante între arborii diferitelor proveniențe. În comparație cu cele două proveniențe analizate anterior, proveniența din Edineț se remarcă prin cel mai înalt nivel al conținutului total de taninuri, atât după șocul termic de 20 de minute, cât și după cel de 40 de minute. De exemplu, conținutul de taninuri înregistrat în proveniența Edineț, în prima zi de recuperare, a fost de 5,6% după 20 de minute și de 5,2% după 40 de minute de șoc termic. În ambele cazuri, acest conținut a fost mai mare decât cel observat în proveniența Baimaclia, cea mai sudică, unde conținutul de taninuri a fost de 4,3% după 20 de minute și de 3,1% 40 de minute. Totuși, diferențele între proveniențele investigate nu au fost semnificative conform testului *Levene*, ceea ce sugerează că variațiile observate în conținutul de taninuri sunt în principal tendențiale.

Deși diferențele observate în conținutul de taninuri între proveniențele studiate nu au fost statistic semnificative, acestea sugerează că variațiile observate sunt în principal tendințe, indicând o capacitate variabilă de răspuns la acțiunea șocului termic. În plus, literatura de specialitate susține că activitatea antioxidantă a taninurilor este strâns legată de greutatea moleculară relativă; cu cât aceasta este mai mare, cu atât mai puternică este activitatea antioxidantă [28]. Capacitatea taninurilor de a neutraliza radicalii liberi este influențată de numărul și gradul de polimerizare al grupărilor hidroxil, iar o concentrație mai mare de grăpări hidroxil facilitează oxidarea acestora, sporindu-le astfel activitatea [29, 30]. Activitatea antioxidantă a taninurilor poate juca un rol esențial în procesul de recuperare post-stres termic, oferind o explicație suplimentară pentru variațiile observate în conținutul compușilor fenolici între diferite proveniențe studiate.

Conținutul de apă în frunze

În prima zi de recuperare după șocul termic, la proveniențele investigate se observă o tendință de sporire a conținutului de apă de la cele de origine sudică către cele nordice. Astfel, frunzele prelevate din proveniența Baimaclia (zona de sud) au înregistrat un conținut de apă comparativ mai scăzut (36,3%), în timp ce cele din proveniența Edineț (zona de nord) au avut un conținut vizibil mai ridicat (41,9%) (figura 6). Rezultatul obținut indică faptul că frunzele provenienței Edineț, în comparație cu cele din alte zone, dispun de o capacitate mai mare de a menține apa în perioada de toamnă, semnalizând o adaptare ecologică superioară.

După zece zile de recuperare, tendința de reținere a apei în frunze s-a modificat. Proveniențele din Baimaclia și Hârjauca au demonstrat conținuturi de apă foarte asemănătoare, de 41,7% și, respectiv, 41,4%. În schimb, frunzele din proveniența Edineț au avut un conținut de apă evident mai mare (45,5%). Aceste observații demonstrează că, după o perioadă prelungită de recuperare, comparativ cu prima zi, conținutul de apă a crescut vizibil în proveniențele de origine îndepărtată, cultivate pe teritoriul rezervației „Plaiul Fagului”. Cele prezentate arată că proveniențele de origine îndepărtată manifestă o capacitate mai ridicată de adaptare la noile condiții de mediu, ceea ce le conferă un avantaj competitiv în fața celor din zonele mai apropiate.

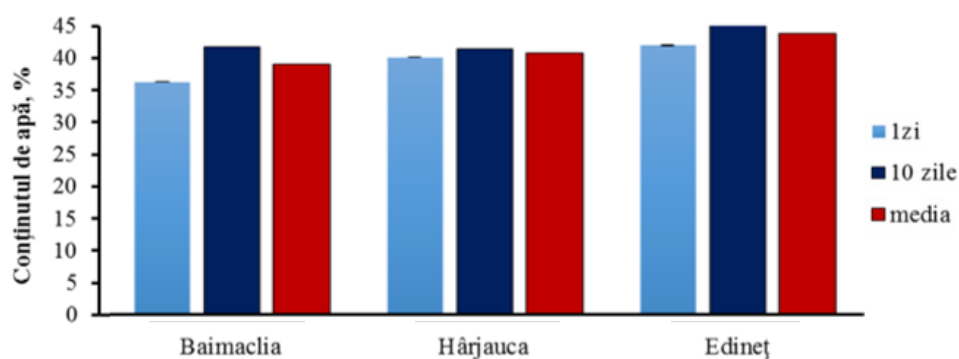


Figura 6. Evoluția conținutului de apă în frunze, estimată după zece zile de recuperare a frunzelor din diferite proveniențe de stejar pedunculat

Frunzele joacă un rol esențial în interacțiunile plantă-mediu, având o asociere directă cu procesele fundamentale de fotosinteză și transpirație [31]. Conținutul de apă din frunze s-a dovedit a fi un indicator semnificativ al stresului hidric și termic, având o corelație strânsă cu ariditatea atmosferică, disponibilitatea apei în sol, toleranța plantelor la secetă și temperaturi ridicate [32, 33, 34]. Mai multe cercetări au evidențiat impactul secetei asupra stării apei în plante, subliniind necesitatea monitorizării conținutului de apă în frunze în contextul schimbărilor climatice [35, 36].

Cu toate acestea, studiile dedicate proceselor de recuperare a conținutului de apă după șocul termic, controlat pe diferite durate, sunt insuficient dezvoltate. Investigarea dinamicii acestor procese în culturile de proveniență diferită de stejar pedunculat este esențială pentru a înțelege mecanismele prin care plantele de origini variate se adaptează la condițiile de mediu în care sunt cultivate. În studiile noastre efectuate în rezervația „Plaiul Fagului”, am observat că frunzele provenite din surse îndepărtate demonstrează o capacitate superioară de a menține conținutul de apă, sugerând o adaptare mai eficientă la condițiile generate de șocul termic. Această constatare evidențiază importanța conținutului de apă nu doar ca un indicator al stresului termic, ci și ca un parametru cheie în evaluarea adaptării plantelor în funcție de originea lor.

Concluzii

În perioada de toamnă, senescența influențează fluctuația conținutului clorofilă și reduce capacitatea fotosintetică a frunzelor, diminuând astfel toleranța plantelor în condiții de stres. În cercetările noastre, cu frunze prelevate la 20 septembrie 2024, am observat un indice de clorofilă variabil și scăzut, care, după zece zile de recuperare post-șoc termic, a prezentat diferențe semnificative între proveniența de origine nordică și cele din centrul și sudul republicii. S-a remarcat tendința de creștere a indicelui de clo-

rofilă pe gradientul sud-nord, ceea ce sugerează un debut mai timpuriu al senescentei la proveniența Baimaclia, de origine sudică. În toate proveniențele, indicele redus de clorofilă a fost corelat cu o recuperare scăzută a randamentului maxim relativ al FSII după șocul termic, diminuând capacitatea de toleranță a frunzelor la șocul termic controlat de durată variabilă, probabil din cauza proceselor de senescență. Dintre proveniențele analizate, cea din Edineț, de origine nordică, a arătat o rezistență superioară, evidențiată prin menținerea unui indice de clorofilă semnificativ mai mare și prin valori ușor crescute ale randamentului maxim relativ al FSII, fenolilor, taninurilor și apei în frunze, după zece zile de recuperare. Aceste rezultate sugerează o adaptare mai eficientă a acestei proveniențe la șocul termic controlat, conferindu-i astfel o reziliență crescută la începutul toamnei. De asemenea, se observă o capacitate de adaptare mai pronunțată la proveniențele mai îndepărtate, precum Edineț și Baimaclia, comparativ cu Hârjauca, care are o origine mai apropiată de cea locală. Diferențele de răspuns observate între proveniențe pot fi explicate prin adaptări epigenetice potențial distincte la condițiile specifice ale mediului din rezervația „Plaiul Fagului”.

Bibliografie:

1. CAI Y. Q., TARIN M. W. K., FAN L. L., XIE D. J., RONG J. D., HE T. Y., CHEN L. G., ZHENG Y. S. *Responses of photosynthesis, chloroplast ultrastructure, and antioxidant system of Morinda officinalis how. to exogenous 2, 4-epibrassinolide treatments under high temperature stress*. In: *Appl. Ecol. Environ. Res.*, 2020, vol. 8(3), p. 3981-4004.
2. CHEN J.-H., CHEN S.-T., HE N.-Y., WANG Q.-L., ZHAO Y., GAO W., GUO F.-Q. *Nuclear-encoded synthesis of the D1 subunit of photosystem II increases photosynthetic efficiency and crop yield*. In: *Nat. Plants*, 2020, vol. 6(5), p. 570-580.
3. TIWARI A.K., TRIPATHY B. C. *Temperature Stress Induced Impairment of Chlorophyll Biosynthetic Reactions in Cucumber and Wheat*. In: *Plant Physiol.*, 2012, vol. 117, p. 3851-3858.
4. RISTIC Z., BUKOVNIK U., PRASAD P. V. V. *Correlation between heat stability of thylakoid membranes and loss of chlorophyll in winter wheat under heat stress*. In: *Crop Sci.*, 2007, vol. 47, p. 2067-2073.
5. AL-KHATIB K., PAULSEN G. M. *Mode of high-temperature injury to wheat during grain development*. In: *Plant Phy.*, 1984, vol. 61, p. 363-368.
6. HÖRTENSTEINER S. *Stay-green regulates chlorophyll and chlorophyll-binding protein degradation during senescence*. In: *Trends Plant Sci.*, 2009, vol. 14, p. 155-162.
7. WANG Q. L., CHEN J.-H., HE N. Y., GUO F. Q. *Metabolic reprogramming in chloroplasts under heat stress in plants*. In: *Int. J. Mol. Sci.*, 2018, vol. 19, p. 849.
8. ALLAKHVERDIEV S. I., KRESLAVSKI V. D., KLIMOV V. V., LOS D. A., CARPENTIER R., MOHANTY P. *Heat stress: an overview of molecular responses in photosynthesis*. In: *Photosynth. Res.*, 2008, vol. 98, p. 541-550.
9. ROSSI S., BURGESS P., JESPERSEN D., HUANG B. *Heat-induced leaf senescence associated with chlorophyll metabolism in bentgrass lines differing in heat tolerance*. In: *Crop Sci.*, 2017, vol. 57, p. 169-178.
10. DASCALIUC A., CUZA P. *Aprecierea capacității adaptive a frunzelor de gorun (Quercus petraea Liebl.) față de temperaturile ridicate prin metoda de fracționare a dozei termice*. În: *Mediul ambiant*, 2009, nr. 3(45), p. 15-18.
11. CUZA P. *Influența temperaturii și duratei ei de acțiune asupra adaptării frunzelor de Quercus robur la șocul termic*. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*, 2016, nr. 3(330), p. 88-95.
12. WAHID A., GELANI S., ASHRAF M., FOOLAD M. R. *Heat tolerance in plants: an overview*. *Environ. In: Exp. Bot.*, 2007, vol. 61, p. 199-223.
13. AUGUSTO L., BOČA A. *Tree functional traits, forest biomass, and tree species diversity interact with site properties to drive forest soil carbon*. In: *Nat. Commun.*, 2022, vol. 13(1), 1097.
14. OSÓRIO M. L., OSÓRIO J., ROMANO A. *Photosynthesis, energy partitioning, and metabolic adjustments of the endangered cistaceae species tuberaria major under high temperature and drought*. In: *Photosynthetica*, 2013, vol. 1, p. 75-84.

15. PUNIRAN-HARTLEY N., HARTLEY J., SHABALA L., SHABALA S. *Salinity-induced accumulation of organic osmolytes in barley and wheat leaves correlates with increased oxidative stress tolerance*. In: *Plant Physiol. Biochem.*, 2014, vol. 83, p. 32-39.
16. MELLACHERUVU S., TALAKAYALA A., GARLADINNE M. *Crop Improvement of cereals through manipulation of signaling pathways in response to drought stress*. In: *Plant Signaling Molecules*; Khan M. I. R., Reddy P. S., Ferrante A., Khan N. A., Eds.; Woodhead Publishing: Cambridge, 2019, p. 125-139.
17. LIN Y. P., LEE T. Y., TANAKA A., CHARNG Y. Y. *Analysis of an Arabidopsis heat-sensitive mutant reveals that chlorophyll synthase is involved in reutilization of chlorophyllide during chlorophyll turnover*. In: *The Plant Journal*, 2014, vol. 80, p. 14-26.
18. BEISEL K. G., JAHNKE S., HOFMANN D., KÖPPCHEN S., SCHURR U., MATSUBARA S. *Continuous turnover of carotenoids and chlorophyll a in mature leaves of Arabidopsis revealed by $^{14}\text{CO}_2$ pulse-chase labeling*. In: *Plant Physiology*, 2010, vol. 152, p. 2188-2199.
19. KESKITALO J., BERGQUIST G., GARDESTROM P., JANSSON S. *A cellular timetable of autumn senescence*. In: *Plant Physiology*, 2005, vol. 139, p. 1635-1648.
20. HORTENSTEINER S. *Chlorophyll degradation during senescence*. In: *Annual Review of Plant Biology*, 2006, vol. 57, p. 55-77.
21. FISCHER A. M. *The complex regulation of senescence*. In: *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2012, vol. 31, p. 124-147.
22. GUO Y., GAN S. S. *Convergence and divergence in gene expression profiles induced by leaf senescence and 27 senescence-promoting hormonal, pathological and environmental stress treatments*. In: *Plant, Cell & Environment*, 2012, vol. 35, p. 644-655.
23. SPRINGER A., ACKER G., BARTSCH S., BAUERSCHMITT H., REINBOTHE S., REINBOTHE C. *Differences in gene expression between natural and artificially induced leaf senescence in barley*. In: *Journal of Plant Physiology*, 2015, vol. 176, p. 180-191.
24. Andersson A., Keskitalo J., Sjödin A., Bhalerao R., Sterky F., Wissel K., Tandre K., Aspeborg H. et al. *A transcriptional timetable of autumn senescence*. In: *Genome Biol.*, 2004, vol. 5(4), R24.
25. KESKITALO J., BERGQUIST G., GARDESTROM P., JANSSON S. *A cellular timetable of autumn senescence*. In: *Plant Physiology*, 2005, vol. 139, p. 1635-1648.
26. MOY A., LE S., VERHOEVEN A. *Different strategies for photoprotection during autumn senescence in maple and oak*. In: *Physiologia Plantarum*, 2015, vol. 155, p. 205-216.
27. AMAROWICZ R., STANISLAW WEIDNER S., WÓJTOWICZ I., KARMAĆ M., KOSINSKA A., RYBARCZYK A. *Influence of low-temperature stress on changes in the composition of grapevine leaf phenolic compounds and their antioxidant properties*. In: *Functional Plant Science and Biotechnology*, 2010, vol. 4, p. 90-96.
28. GÜLÇİN L., HUYUT Z., ELMASTA M., ABOUL-ENEIN H. Y. *Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid*. In: *Arabian Journal of Chemistry*, 2010, vol. 3, p. 43-53.
29. TOSHIKAKI A., KOSHIYAMA I., FUKUSHIMA D. *Antioxidative properties of procyanidins B-1 and B-3 from azuki beans in aqueous systems*. In: *Agricultural and Biological Chemistry*, 1988, vol. 52, p. 2717-2722.
30. OLEJAR K. J., RAY S., KILMARTIN P. A. *Enhanced antioxidant activity of polyolefin films integrated with grape tannins*. In: *J Sci Food Agric.*, 2016, vol. 96, p. 2825-2831.
31. BOWMAN W. D. *The relationship between leaf water status, gas exchange, and spectral reflectance in cotton leaves*. In: *Remote Sens. Environ.*, 1989, vol. 30(3), p. 249-255.
32. CAO Z., WANG Q., ZHENG C. *Best hyperspectral indices for tracing leaf water status as determined from leaf dehydration experiments*. In: *Ecol. Indic.*, 2015, vol. 54, p. 96-107.
33. DASCALIUC A., RALEA T., ZDIORUC N., CUZA P. *The influence of heat shock and desiccation on boxwood (*Buxus sempervirens* L.) leaves' photosystem II and antioxidant systems activity*. In: *Contribuții botanice*, 2022, vol. 57, p. 109-120.
34. CUZA P. *Reacția la stresul termic natural a trei specii de stejar: analiza a cinci indicatori biologici într-un mediu forestier specific*. În: *Bucovina forestieră*, 2024, nr. 24(1), p. 7-21.

35. FAROOQ M., WAHID A., KOBAYASHI N., FUJITA D., BASRA S. M. A. *Plant drought stress: Effects, mechanisms and management*. In: *Agron. Sustain. Develop.*, 2009, vol. 29(1), p. 185-212.
36. DAMM A., PAUL-LIMOGES E., HAGHIGHI E., SIMMER C., MORSDORF F., SCHNEIDER F. D., VAN DER TOL C., MIGLIAVACCA M., RASCHER U. *Remote sensing of plant-water relations: An overview and future perspectives*. In: *J. Plant Physiol.*, 2018, vol. 227, p. 3-19.

Date despre autori:

Petru CUZA, profesor universitar Universitatea de Stat din Moldova, Departamentul de Geoștiințe și Silvicultură.

ORCID: 0000-0003-0192-4427

Email: petrucuza@mail.ru

Nina ZDIORUC, cercetător științific, Universitatea de Stat din Moldova, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor.

ORCID: 0009-0000-8879-3954

Email: nina.zdioruk@sti.usm.md

Nicolai PLATOVSCII, cercetător științific, Universitatea de Stat din Moldova, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor.

ORCID: 0000-0001-6747-8226

Email: nik.plat@hotmail.com

Prezentat: 05.12.2024

CZU: 582.263:631.461.5

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_25](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_25)

ANALIZA PROCESULUI DE CREȘTERE ȘI DE FIXARE BIOLOGICĂ A AZOTULUI DE CĂTRE CIANOBACTERIA *NOSTOC PUNCTIFORME* (HARIOT) ELENKIN, CULTIVATĂ PE DIFERITE MEDII NUTRITIVE

Sergiu DOBROJAN, Galina DOBROJAN,
Universitatea de Stat din Moldova

În prezentul articol sunt prezentate rezultatele analizei procesului de creștere și fixare biologică a azotului atmosferic, realizat de cianobacteria *Nostoc punctiforme*, cultivată pe mediile nutritive M.S. Taha (M), Kratz și Myers (C), Detmer modificat (De) și Drew (Dr). Cea mai mare cantitate de biomasă, s-a atestat la cultivarea cianobacteriei pe mediul nutritiv De, iar cea mai mică pe mediul Dr, la fel ca și valorile vitezei de reproducere și ale coeficientului de reproducere. La cultivarea cianobacteriei pe mediile nutritive studiate, pH-ul are tendința de alcalinizare. Cea mai mare cantitate de azot atmosferic fixat s-a constatat la cultivarea pe mediile nutritive De și M, în a șasea zi de experiment, iar cultivarea pe mediul nutritiv Dr a prezentat cea mai redusă intensitate. Astfel, s-a constatat că fixarea biologică a azotului atmosferic, realizată de *N. punctiforme*, se supune legitimității „auto-reglării cantitative a azotului”.

Cuvinte-cheie: cianobacterie, *Nostoc punctiforme*, creștere, fixarea azotului.

ANALYSIS OF THE PROCESS OF GROWTH AND BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION BY CIANOBACTERIA *NOSTOC PUNCTIFORME* (HARIOT) ELENKIN, CULTIVATED ON DIFFERENT NUTRITIONAL MEDIUMS

This article presents the results of the analysis of the process of growth and biological fixation of atmospheric nitrogen, carried out by the cyanobacterium *Nostoc punctiforme*, cultivated on the nutrient media M.S. Taha (M), Kratz and Myers (C), modified Detmer (De) and Drew (Dr). The highest amount of biomass was attested when cultivating the cyanobacterium on the nutrient medium De, and the lowest on the medium Dr, as well as the values of the reproduction rate and the reproduction coefficient. When cultivating the cyanobacterium on the nutrient media studied, the pH tends to alkalize. The highest amount of fixed atmospheric nitrogen was found when cultivating on the nutrient media De and M, on the sixth day of the experiment, and cultivation on the nutrient medium Dr presented the lowest intensity. Thus, it was found that the biological fixation of atmospheric nitrogen, carried out by *N. punctiforme*, is subject to the legitimacy of “quantitative nitrogen self-regulation”.

Keywords: cyanobacteria, *Nostoc punctiforme*, growth, nitrogen fixation.

Introducere

Cianobacterile sunt un grup foarte vechi de microorganisme care au apărut pe Terra cu aproximativ 3-3,5 miliarde de ani în urmă, fiind unele dintre cele mai primitive autotrofe. Printre speciile de cianobacterii, anterior numite alge albastre-verzi, un loc aparte îl ocupă specia *Nostoc punctiforme* (Hariot).

Nostoc punctiforme prezintă interes în cercetările algologice și biotehnologice, în special datorită faptului că această cianobacterie habitează în cele mai diferite condiții de existență (în apă, pe sol, endofiton în țesuturile unor plante și licheni). În special, cianobacteria habitează în apele stătătoare, este epifită pe plante, pe scoarța arborilor (în special a plopilor), pe seva care curge din rănilor copacilor și pe soluri.

Coloniile cianobacteriei sunt microscopice, mici, strâns atașate de substrat, neregulat sferice, cu diametrul de aproximativ 200 μ, sau alungite, împrăștiate sau fuzionate, înconjurate de un periderm incolor, în care trihomii sunt dens împlețiți. Teaca este incoloră și îngustă. Celulele sunt mai mult sau mai puțin sferice,

în formă de butoi sau elipsoidale, cu lățimea de 2,4-4,4 μ (mai rar 2-5,7 μ), albastre-verzi. Heterocistele sunt mai mult sau mai puțin sferice, cu diametrul de 4-6,5 μ . Sporii sunt aproape sferici sau alungiți, cu lățimea de 3,2-6 μ și lungimea de 5-8 μ , având membrana netedă, incoloră sau ușor gălbuie.

Această specie, în afară de divizarea obișnuită a celulelor, se mai divizează vegetativ prin desprinderea lanțurilor de celule din filament în celule individuale „coci”, care pot fi solitare sau pot forma conglomerate înconjurată de o teacă comună. Cocii, în condiții optime, cresc și formează colonii noi compacte, înconjurată de mucilagiu comun [11].

Nostoc punctiforme prezintă interes în cercetări datorită proprietăților sale de fotosinteză, fixare a azotului atmosferic și facilitării dezvoltării microorganismelor la aplicarea în calitate de biofertilizant. O proprietate importantă a acestei specii este capacitatea de a utiliza atât azot organic, cât și azot anorganic. Azotul anorganic este utilizat în următoarea ordine ierarhică: $\text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^- > \text{N}_2$. Flexibilitatea în utilizarea diferitelor surse de azot pentru creștere permite ca *N. punctiforme* să colonizeze și să concureze cu fototrofele în habitate iluminate, indiferent de sursa specifică de azot. *N. punctiforme* se numără printre numărul limitat de cianobacterii care pot crește în întuneric continuu ca heterotrofe respiratoare atunci când li se furnizează surse de zaharoză, glucoză sau fructoză, deși rata de creștere este mai mică de jumătate comparativ cu cea a culturii fotoautotrofe [4; 8-9].

Se menționează că *Nostoc punctiforme* este unul dintre cei mai răspândiți simbionți din genul *Nostoc*, conviețuind cu unele plante superioare (*Gunnera*, *Cycadeae*) și cu licheni inferioare din genurile *Peltigera*, *Pannaria*, *Stictina*. Cianobacteria colonizează cu succes o gamă largă de plante gazdă, inclusiv *Anthoceros punctatus* erbacee angiosperme din genul *Gunnera* și, mai recent, orez [1; 5-6]. Colonizarea plantelor de către *Nostoc punctiforme*, în unele cazuri, are ca efect creșterea imunității plantelor și a rezistenței față de factorii patogeni. Mai mult, rădăcinile plantelor inoculate cu *N. punctiforme* prezintă atât prezența heterocisturilor, cât și activitate azotazică, rezultând în promovarea creșterii plantelor în condiții de deficit de azot și oferind astfel beneficii plantei [3].

Cercetările recente au demonstrat că biomasa de *Nostoc punctiforme* este capabilă să protejeze împotriva decesului celular programat (PCD) al culturii de *Arabidopsis thaliana*. Interesant este că reducerea PCD a fost precedată de inducerea genei asociate cu apărarea și imunitatea, dintre care cei mai izbitori au fost o serie de factori de transcripție. Astfel, s-a demonstrat că cianobacteria *N. punctiforme* protejează celulele de *Arabidopsis thaliana* împotriva morții programate [2]. Specia este răspândită în Europa (regiunea Leningrad, Moscova, Ivanovsk, Ucraina, Republica Moldova), Asia, Siberia și alte regiuni geografice ale lumii. *Nostoc punctiforme* prezintă interes de utilizare ca biofertilizant, în primul rând datorită capacității majore de fixare a azotului atmosferic, care depășește cu mult alte specii de cianobacterii azotfixatoare (precum *Stratonostoc linkia*, *Amorphonostoc paludosum*, *Plectonema nostocorum*) [12].

Pentru obținerea biomasei de *Nostoc punctiforme* cu potențial de utilizare în practică, este necesar ca, în condiții de laborator, să se identifice metoda de cultivare, mediul nutritiv și condițiile optime (iluminare, agitare, temperatură etc.). Unul dintre principalii factori care determină acumularea biomasei cianobacteriene este selectarea mediului nutritiv optim de cultivare și, de aceea, ne-am propus ca, în prezentul studiu, să selectăm mediul nutritiv optim pentru *n. punctiforme* în scopul obținerii unei biomase majore, care ulterior va putea fi valorificată în diverse domenii.

Metode și materiale aplicate

Tulpina cianobacteriei *Nostoc punctiforme* utilizată în experimente face parte din colecția LCS „Algologie V. Șalaru” a Universității de Stat din Moldova. Cianobacteria a fost cultivată, conform metodei periodice, pe medii nutritive specifice: M.S. Taha (M), Kratz și Myers (C), Detmer modificat (De), Drew (Dr) cu componența indicată în tab. 1.

Temperatura din laboratorul de cultivare pe parcursul experimentelor a fost de 25 °C, iluminarea continuă de 3000 lux, iar probele experimentale nu au fost agitate periodic. Experimentele au fost efectuate în baloane Erlenmeyer cu un volum de 100 ml, volumul mediului nutritiv fiind de 100 ml, iar cantitatea inoculului algal de 0,04 g (sau 0,4 g/l). Toate experimentele au fost realizate în trei repetări.

Tabelul 1. Componenta mediilor nutritive utilizate la cultivarea cianobacteriei *N. punctiforme*

Ingredientul	Mediul nutritiv			
	M	C	De	Dr
MgSO ₄ *7H ₂ O, g/l	0,25	0,25	0,55	0,20
Ca (NO ₃) ₂ *4H ₂ O, g/l	-	-	1	-
K ₂ HPO ₄ , g/l	1,00	0,04	0,26	0,20
KCl, g/l	-	-	0,5	-
EDTA*2Na, g/l	-	-	0,2	-
CaCl ₂ *6 H ₂ O, g/l	0,0238	0,0238	-	urme
FeCl ₃	-	-	-	urme
FeSO ₄ *7H ₂ O, g/l	-	-	0,02	-
Fe ₂ (SO ₄) ₃ , g/l	0,003	0,02	-	-
Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇ , g/l	0,165	0,165	-	-
Microelemente, ml	1 ml	1 ml	-	-

Notă: 1. semul „-” indică lipsa ingredientului; 2. Componenta microelementelor pentru mediile nutritive M și C (g/l) - H₃BO₃ – 2,86; MnCl₂*4H₂O – 1,81, ZnSO₄*7H₂O – 0,222; Na₃MoO₄*2H₂O – 0,252; CuSO₄*5H₂O – 0,079; 3. Componenta microelementelor pentru mediul D (g/l) - H₃BO₃ – 0,0029; ZnCl₂-0,00011, MnCl₂*4H₂O – 0,00181, (NH₄)₆MoO₂₄*4H₂O – 0,000018; CuSO₄*5H₂O – 0,00008.

Determinarea productivității cianobacteriei

Productivitatea algală a fost determinată utilizând metoda diferențială, aplicată astfel: inițial, printr-un filtru curat se filtrează, utilizând pompa de extragere în vid (model VE-115 SV), un volum de 50 ml apă distilată, după care filtrul se cântărește pe un cântar analitic (Axis). După cântărire, prin același filtru se filtrează (cu ajutorul pompei de extragere în vid) mediul nutritiv cu biomasa algală.

Productivitatea algală (P) a fost determinată utilizând următoarea formulă:

$$P = (M_{fb} - M_{fg} \cdot 10) / 1000 \text{ (g/l)}$$

unde:

M_{fb} – masa filtrului cu biomasa algală (mg);

M_{fg} – masa filtrului gol prin care sa trecut apa distilată (mg);

10 – pentru recalcularea volumului la 1l;

1000 – recalculul biomasei din mg în g.

Intensitatea creșterii cianobacteriei a fost stabilită conform următorilor indicatori:

a) Viteza de creștere a populației algale (V_{cp}) a fost determinată conform metodei descrisă de С. Дж. Пепт [13];

b) Viteza de reproducere (μ) a algei a fost determinată după criteriul stabilit de К. М. Хайлов [14];

c) Coeficientul de reproducere a algei (Cr) a fost stabilit după formula propus de М. Г. Владимиров și В. Е. Семененко [10].

pH-ul mediului nutritiv a fost determinat cu ajutorul electrodului de pH al aparatului Consort C-933. Azotul total a fost calculat prin sumarea N- total din biomasa algelor (mgN*BAU)+ N-NH₄⁺+N-NO₃⁻+N-NO₂⁻ (din mediul nutritiv).

Rezultatele obținute au fost prelucrate matematic utilizând programul computerizat Microsoft Office Excel 2013, determinându-se media aritmetică (X) și eroarea standard (x).

Rezultate obținute și discuții

Componenta mediilor nutritive influențează direct procesul de creștere și dezvoltare a culturilor, fiind un element primordial care determină biomasa cianobacteriană, dar și menținerea culturii în stare pură.

Tabelul 2. Productivitatea cianobacteriei *N. punctiforme* cultivată pe diferite medii nutritive, g/l

Perioada analizată, zile	Mediul nutritiv			
	M	C	De	Dr
1	0,4±0,02	0,4±0,02	0,4±0,02	0,4±0,02
3	0,90±0,04	0,8±0,04	0,95±0,03	0,6±0,03
6	1,42±0,07	1,41±0,07	1,60±0,07	0,9±0,04
9	2,12±0,1	2,0±0,1	2,55±0,12	1,1±0,04
12	3,10±0,15	3,11±0,14	3,60±0,18	2,0±0,1

După cum se observă din datele prezentate în Tabelul 2, pe perioada analizată, cultura s-a aflat în faza exponențială de creștere în toate variantele experimentate. Cea mai mare cantitate de biomasă, 3,60±0,18 g/l, s-a atestat la cultivarea cianobacteriei pe mediul nutritiv De. Acest rezultat se explică prin faptul că mediul nutritiv în cauză are un conținut semnificativ de Ca, Mg, S, K, Fe, Na, C, fapt care a contribuit la creșterea biomasei cianobacteriene și că cianobacteria preferă combinația dozată a elementelor chimice prezente în componența acestuia.

Tabelul 3. Valorile indicatorilor de creștere a populației de *N. punctiforme* cultivată pe diferite medii nutritive, g/l

Perioada analizată, zile	Mediul nutritiv											
	M			C			De			Dr		
	μ	Vcp	Cr	μ	Vcp	Cr	μ	Vcp	Cr	μ	Vcp	Cr
3	0,117	0,250	2,250	0,100	0,200	2,000	0,125	0,275	2,375	0,058	0,100	1,500
6	0,066	0,173	1,577	0,082	0,203	1,762	0,075	0,216	1,684	0,058	0,100	1,500
9	0,043	0,233	1,492	0,038	0,196	1,418	0,050	0,316	1,593	0,021	0,066	1,222
12	0,055	0,326	1,462	0,063	0,370	1,555	0,049	0,350	1,411	0,086	0,300	1,818

Valorile indicatorilor de creștere a populației de *N. punctiforme* cultivate pe diferite medii nutritive atestă variații în funcție de mediul nutritiv utilizat și perioada analizată. Astfel, valorile vitezei de reproducere a cianobacteriei sunt cele mai ridicate pe mediul nutritiv De, începând cu a 3-a zi (0,125 zile⁻¹), când biomasa algală a înregistrat o creștere accentuată. În schimb, pe mediul nutritiv Dr, acest indice a atins valoarea de 0,086 zile⁻¹ abia în a 12-a zi.

Viteza de creștere a populației, la a 12-a zi de cultivare, a înregistrat cele mai mari valori în cazul mediului nutritiv C (0,370 zile⁻¹) și cele mai mici pe mediul nutritiv Dr (0,300 zile⁻¹). În ceea ce privește coeficientul de reproducere, cele mai mari valori s-au înregistrat la cultivarea cianobacteriei pe mediul De (2,375 zile⁻¹) în a 3-a zi, iar cele mai mici la cultivarea pe mediul Dr, unde, abia la a 12-a zi de analiză, acesta a atins valoarea maximă de 1,818 zile⁻¹ (tab. 3). Aceste rezultate indică faptul că mediul nutritiv De este cel mai potrivit pentru cultivarea cianobacteriei *N. punctiforme*, deoarece asigură o creștere rapidă a populației într-un timp relativ scurt.

Conform unor cercetări, pentru menținerea ciclului de dezvoltare a cianobacteriei *N. punctiforme*, este esențială asigurarea culturii cu substanțe nutritive. Dintre acestea, azotul nu poate fi considerat un factor limitativ al creșterii, deoarece, în lipsa sa din mediul nutritiv, se atestă o dezvoltare intensă a heterocistelor – celule specializate în fixarea azotului atmosferic [7].

Mai dificilă este cultivarea și obținerea unei cantități majore de biomasă cianobacteriană în condițiile limitării celorlalte substanțe biogene (P, K, Na, Mg, S, Ca și unele microelemente), deoarece acestea influențează direct productivitatea algei și activitatea sa metabolică. Această corelație s-a observat și în experimentele prezentate. De exemplu, cultura cultivată pe mediul nutritiv Dr, sărac în substanțe nutritive, a prezentat o pro-

ductivitate redusă și valori mici ale indicatorilor de creștere. În schimb, cele cultivate pe mediile nutritive De, M și C au înregistrat valori ridicate ale biomasei, deoarece aceste medii sunt bogate în substanțe nutritive.

Pentru obținerea unei biomase cianobacteriene optime, nu este suficient ca mediile nutritive să conțină cantități mari de substanțe biogene, dar este important ca acestea să fie prezente în proporții echilibrate și într-o combinație adecvată, favorabilă dezvoltării celulelor și respective intensificării proceselor de reproducere.

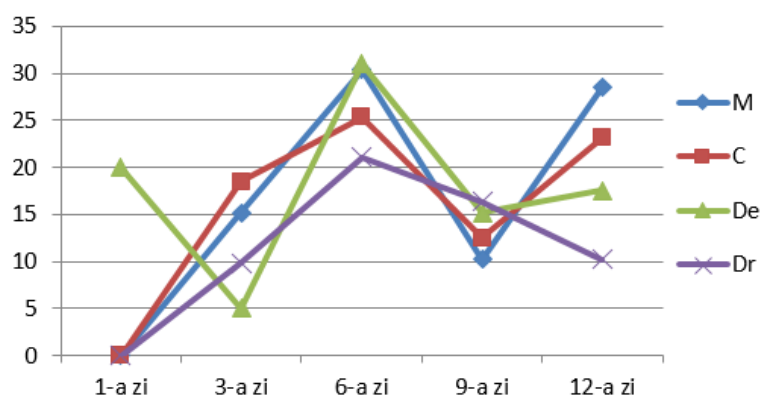


Figura 1. Modificările pH-ului mediului nutritiv atestate la cultivarea cianobacteriei *N. punctiforme* pe diferite medii nutritive

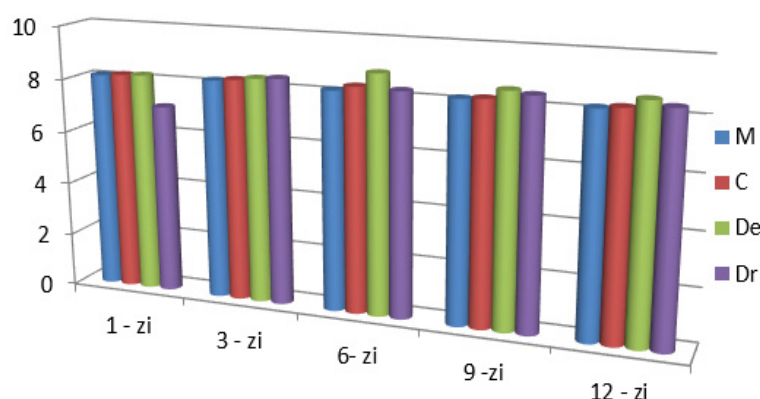


Figura 2. Fixarea biologică a azotului atmosferic realizată de cianobacteria *N. punctiforme* la cultivarea pe diferite medii nutritive

Un indice important, care necesită analiză, este pH-ul mediului nutritiv pe parcursul perioadei de cultivare, deoarece acesta este strâns legat de activitatea de reproducere a algelor, de răspândirea lor, de cantitatea de biomasă obținută etc. La cultivarea cianobacteriei *N. punctiforme* pe diferite medii nutritive, valorile pH-ului se modifică, având tendința de alcalinizare (Figura 1). Cele mai mari valori ale pH-ului se observă la cultivarea cianobacteriei pe mediul De (8,89) în a 6-a zi de experiment. În urma cultivării cianobacteriei pe mediul M, pH-ul crește până la 8,22 (în a 3-a zi de experiment), după care urmează o reducere treptată, alternând cu creșteri și scăderi. În cazul utilizării mediilor de cultivare Dr și C, valorile pH-ului sunt mult mai reduse și nu depășesc 8,49-8,36 (Figura 1). Aceste modificări sunt dependente de cantitatea de săruri din mediul nutritiv, de consumul acestora, de activitatea populației cianobacteriene, de metaboliții eliminați etc. Merită menționat faptul că, pe mediile unde s-au înregistrat cele mai mari valori ale pH-ului, s-a obținut și cea mai mare cantitate de biomasă cianobacteriană.

După cum se observă din datele prezentate în Figura 2, cantitatea de azot atmosferic fixat de cianobacteria cercetată variază în funcție de tipul mediului nutritiv utilizat la cultivare. Cea mai mare cantitate de azot atmosferic fixat s-a constatat la cultivarea pe mediile nutritive De și M în a șasea zi de experiment, iar cultivarea pe mediul nutritiv Dr a prezentat cea mai redusă intensitate de fixare a azotului atmosferic. Acest fapt este explicat prin compoziția substanțelor din mediul nutritiv; astfel, în cazul mediilor nutritive complexe, cu un conținut sporit de elemente stimulatoare ale nitrogenazei, procesul de fixare a azotului este mai intens, iar în cazul celor sărace în aceste substanțe, se constată o reducere a acestuia.

Este de menționat faptul că aproape pe toate mediile nutritive analizate s-a observat o oscilație cantitativă a azotului atmosferic fixat de *N. punctiforme*, caracterizată prin fixarea biologică a azotului, urmată de consumul acestuia și repetarea procesului. Această regularitate a fost confirmată și în cazul analizei procesului de fixare biologică a azotului observat la alte cianobacterii cercetate anterior de noi (*N. gelatinosum*, *N. flagelliforme* și *Cylindrospermum majus*).

Astfel, putem constata că procesul de fixare biologică a azotului atmosferic realizat de cianobacteria *N. punctiforme* se supune aceleiași reguli de „autoreglare cantitativă a azotului în apă”, specifică și altor cianobacterii azot fixatoare cercetate de noi, iar populația cianobacteriană îndeplinește funcția de menținere a echilibrului acestuia în apă.

Concluzii

1. Productivitatea cianobacteriei *N. punctiforme* diferă în funcție de mediile nutritive. Astfel, cultivarea cianobacteriei pe mediul Detmer asigură obținerea a $3,60 \pm 0,18$ g/l de biomasă, pe mediul M.S. Taha – $3,10 \pm 0,15$ g/l, pe mediul Kratz și Myers – $3,11 \pm 0,14$ g/l, iar pe mediul Drew – $2,0 \pm 0,1$ g/l.

2. La cultivarea cianobacteriei *N. punctiforme*, valorile pH-ului se modifică, având tendința de alcalinizare; pH-ul optim se situează între 8,22 și 8,89, asigurând obținerea celei mai mari cantități de biomasă.

3. Cele mai ridicate valori ale vitezei de reproducere, vitezei de creștere a populației și coeficientului de reproducere se înregistrează la cultivarea cianobacteriei *N. punctiforme* pe mediul nutritiv Detmer, iar cele mai reduse pe mediul nutritiv Drew. Acest fapt argumentează că mediul Detmer este cel mai potrivit pentru cultivarea tulpinii studiate. Recomandăm utilizarea mediului nutritiv Detmer pentru cultivarea industrială a cianobacteriei *N. punctiforme*, în scopul obținerii biomasei cu potențial de utilizare în agricultură, protecția mediului și alte domenii.

4. Fixarea biologică a azotului atmosferic, realizată de cianobacteria *N. punctiforme* cultivată pe diferite medii nutritive, oscilează. Analiza acestui proces ne-a permis să constatăm că cianobacteria posedă capacitatea de autoreglare cantitativă a azotului în apă, o caracteristică specifică și altor specii de cianobacterii.

Bibliografie:

1. ЕЛЕННИКИН, А. А. Синезеленые водоросли СССР, специальная часть 1. Из. Академии Наук ССР, Москва, 1938, 984 с.
2. MEEKS, J. C., ELHAI, J., THIEL, T., POTTS, M., LARIMER, F., LAMERDIN, J., PREDKI, P., ATLAS, R. *An overview of the genome of Nostoc punctiforme, a multicellular, symbiotic cyanobacterium. Photosynthesis Research* 70, 2001, p. 85–106.
3. CAMPBELL, EL., MEEKS, JC. *Evidence for plant-mediated regulation of nitrogenase expression in the Anthoceros-Nostoc symbiotic association. J Gen Microbiol* 138, 1992, p. 473–480.
4. SUMMERS, ML., WALLIS, JG., CAMPBELL, EL., MEEKS, JC. *Genetic evidence of a major role for glucose-6-phosphate dehydrogenase in nitrogen fixation and dark growth of the cyanobacterium Nostoc sp. strain ATCC 29133. J Bacteriol* 177, 1995, p. 6184–6194.
5. EKMAN, M., PICOSI, S., CAMPBELL, EL., MEEKS, JC., FLORES, E. A *Nostoc punctiforme* sugar transporter necessary to establish a Cyanobacterium-plant symbiosis. *Plant Physiology* 161, 2013, p. 1984–1992. <https://doi.org/10.1104/pp.112.213116>
6. CHIU, WL., PETERS, GA., LEVIEILLE, G., STILL, PC., COUSINS, S., OSBORNE, B., ELHAI, J. *Nitrogen deprivation stimulates symbiotic gland development in Gunnera manicata. Plant Physiology* 139, 2005, p. 224–230. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.105.064931>
7. ÁLVAREZ, C., NAVARRO, JA., MOLINA-HEREDI, A FP., MARISCAL, V. *Endophytic colonization of rice (Oryza sativa L.) by the symbiotic strain Nostoc punctiforme PCC 73102. Molecular Plant-Microbe Interactions*, 2020, p. 1040–1045. DOI: <https://doi.org/10.1094/MPMI-01-20-0015-SC>
8. BELTON, SA. P., MCCABE, P. F., NG CARL, K. Y. *The nitrogen-fixing symbiotic cyanobacterium, Nostoc punctiforme can regulate plant programmed cell death. Biorxiv*, 2020, doi.org/10.1101/2020.08.13.249318.
9. BELTON, S., MCCABE, P. F., NG, C. K. Y. *The cyanobacterium, Nostoc punctiforme can protect against programmed cell death and induce defence genes in Arabidopsis thaliana. Journal of Plant Interactions*, 2021, p. 64–74. DOI: 10.1080/17429145.2021.1891306.
10. МУЗАФВРОВ, А. М. Значение сине-зеленых водорослей в фиксации азота воздуха. Труд института ботаники, вып. 2, отдельный оттиск, 1953, 11 с.
11. ПЕРТ, С. Д. Основы культивирования микроорганизмов и клеток. Москва, „Мир”, 1978, 330 с.

12. ХАЙЛОВ, К. М. *Экологическая физиология морских планктонных водорослей (в условиях культур)*. Киев, „Наукова думка”, 1971, 206 с.
13. ВЛАДИМИРОВ, М. Г., СЕМЕНЕНКО, В. Е. *Интенсивная культура одноклеточных водорослей*. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 60 с.
14. MEEKS J. C., CAMPBELL E. L., SUMMERS M. L., WONG F. C. *Cellular differentiation in the cyanobacterium Nostoc punctiforme*. *Arch Microbiol*, 2002, 178, p. 395–403. DOI: 10.1007/s00203-002-0476-5.

Date despre autori:

Sergiu DOBROJAN, doctor în biologie, conf. univ., cercetător științific principal LCȘ „Algologie Vasile Șalaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-0040-5836

E-mail: sergiudobrojan84@yahoo.com

Galina DOBROJAN, cercetător științific LCȘ „Algologie Vasile Șalaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0003-1629-2220

E-mail: galinadobrojan87@gmail.com

Prezentat: 03.03.2025

CZU: 543.3:556.53(478-21)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_26](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_26)

EVALUAREA DINAMICII GRADULUI DE POLUARE A APELOR DE SUPRAFAȚĂ DIN ECOSISTEMUL URBAN CAHUL

**Constantin BULIMAGA, Vladimir MOGÎLDEA,
Andrian ȚUGULEA, Petru PRODAN,**

Universitatea de Stat din Moldova

Studiile indică faptul, că la toate stațiile de epurare din Regiunea de Sud întreg volumul de ape uzate, care nimerește la stațiile de epurare a apelor uzate, este supus unei purificări insuficiente. Dinamica concentrației poluanților din apa r. Frumoasa din ecosistemul urban Cahul indică faptul că în oraș are loc procesul de poluare treptată a apei râului. Parametrii fizico-chimici de calitate a apei de izvor din orașul Cahul, confirmă ca aceștia nu depășesc CMA, ceea ce demonstrează că impactul antropic nu influențează calitatea apei freatice. Calitatea apei epurate la stația de epurare (SEAU) din Cahul indică că pentru aproape toți poluanții sunt depășite valorile indicate în Anexa 2 a HG 950/2013. Aceste rezultate confirmă faptul că toate SEAU, din cauza gradului nesatisfăcător de epurare, servesc drept surse de poluare esențială a apelor de suprafață.

Cuvinte-cheie: gradul de poluare, concentrația poluantului, stația de epurare, ape de suprafață, ape freatice.

ASSESSMENT OF THE DYNAMICS OF THE DEGREE OF SURFACE WATER POLLUTION IN THE CAHUL URBAN ECOSYSTEM

Studies indicate that at all wastewater treatment plants (WWTP) in the Southern Region, the entire volume of wastewater that reaches the WWTP is subject to insufficient purification. The dynamics of the concentration of pollutants in the water of the Frumoasa River in the Cahul urban ecosystem indicates that the city is undergoing a gradual process of river water pollution. The physical and chemical parameters of the quality of spring water in the city of Cahul confirm that they do not exceed the MAC, which demonstrates that the anthropogenic impact does not influence the quality of groundwater. The quality of the purified water at the Cahul WWTP indicates that for practically all pollutants the values indicated in GD 950/2013 Annex 2 are exceeded. These results confirm the fact that all WWTPs, due to the unsatisfactory degree of purification, serve as sources of essential surface water pollution.

Keywords: degree of pollution, concentration of the pollutant, treatment plant surface water, ground water.

Introducere

Anterior [1] au fost realizate cercetări privind impactul deversărilor de la întreprinderi, exprimat prin încărcătura apelor reziduale (AR) deversate pentru epurare la stația de epurare (SEB), asupra procesului de purificare a AR la SEB Chișinău. A fost stabilit, că gradul de epurare a AR la SEB Chișinău este determinat de încărcătura (volumul AR și gradul de poluare) introdusă pentru purificare la SEB și de capacitatea de purificare a SEB Chișinău. În [2] sunt prezentate rezultatele privind conținutul compușilor de azot în probele de apă din obiectele acvatice a ecosistemului urban Orhei, care indică că cel mai înalt grad de poluare după compușii azotului este AR epurată la SEB. Este stabilit că gradul de poluare a apei r. Răut este mai înalt în aval de or. Orhei, ce se explică prin deversarea apelor epurate nesatisfăcător la stația de epurare (SEB) amplasată pe deal.

Analizele chimice a apelor de suprafață din ecosistemele urbane Telenești și suburbane Sărătenii Vechi și Țânțăreni au indicat depășiri ale conținutului de N-NH_4^+ și N-NO_2^- în probele din r. Ciulucul Mic și r. Răut în limitele ecosistemelor studiate din raionul Telenești. Este stabilită și dinamica procesului de poluare a apelor de suprafață cauzată de ecosistemul urban Telenești [3].

Autorii [4] demonstrează că un impact esențial asupra mediului este cauzat de gradul de epurare inadecvat a AR la SEB SRL „Glorin-Inginering”, ecosistemul urban Bălți. Cu toate că ecosistemele urbane (Telenești, Orhei, Bălți și Chișinău) dispun de SEB, datorită faptului că gradul de epurare a apelor purificate la aceste stații este necorespunzător, acestea (apele epurate) servesc drept sursă de poluare foarte importantă a apelor de suprafață.

În legătură cu realizarea cercetărilor privind impactul antropic asupra mediului cauzat de ecosistemele urbane în Regiunile de Dezvoltare Centru și Nord, prezintă interes studiul privind starea stațiilor de epurare din Regiunea de Dezvoltare Sud și gradul de poluare a apelor de suprafață din ecosistemul urban Cahul.

Scopul lucrării consta în analiza stării serviciilor de evacuare și purificare a apelor reziduale la stațiile de epurare a apelor uzate localizate în Regiunea Sud, evaluarea dinamicii gradului de poluare a apelor de suprafață și identificarea impactului antropic asupra calității apei freatice din ecosistemul urban Cahul.

Metode și materiale aplicate

În calitate de obiect de studiu au servit stațiile de epurare a apelor uzate din Regiunea de Dezvoltare Sud. Probele de apă au fost prelevate din obiectele acvatice din ecosistemul urban Cahul, stația de epurare a apelor uzate (SEAU) Cahul și din izvorul care este amplasat în centrul orașului.

Prelevarea probelor de apă uzată a fost realizată conform standardul SR ISO 5667-10:2007, unde sunt descrise și tehnicile care trebuie utilizate pentru a nu modifica compoziția apei în timpul prelevării. În decursul prelevării apei se fac înregistrări ale observațiilor referitoare la proprietățile organoleptice: mirosul, turbiditatea și culoarea.

Determinarea pH-ului s-a efectuată conform SM SR EN ISO 10523:2014, Consumul chimic de oxigen (CCO_{Cr}) a fost efectuat conform SM SR ISO 6060:2006. Consumul biologic de oxigen (CBO_5) a fost determinat conform SM EN ISO 5815-1:2020. Ionii de clor au fost analizați conform SM SR ISO 9297:2012. Analiza fosfor total (P_{total}) a fost efectuată conform SM SR EN ISO 6878:2011. Metodă spectrofotometrică, Spectrofotometru Agilent Cary 60, SUA.

Analizele chimice au fost efectuate în cadrul laboratorului acreditat „Laboratorul Investigații de Mediu” S.R.L., care are statut de persoană juridică de drept privat, și este responsabil juridic pentru activitățile sale de laborator în conformitate cu cerințele documentului de referință SM EN ISO/IEC 17025:2018

Probele de apă din ecosistemul urban Cahul au fost prelevate din următoarele stații:

1. Proba nr. 1 – r. Frumoasa amonte (intrare);
2. Proba nr. 2 – lac Frumoasa pe r. Frumoasa;
3. Proba nr. 3 – r. Frumoasa centru;
4. Proba nr. 4 – r. Frumoasa, aval (ieșire).

Rezultate obținute și discuții

Uniunea Europeană a pus în aplicare o legislație ambițioasă și cuprinzătoare privind apa pentru a proteja ecosistemele acvatice și a asigura utilizarea durabilă a resurselor de apă, Directiva-cadru privind apa (2000/60/EC). Directiva stabilește un obiectiv clar care este atingerea unei stări ecologice și chimice bune pentru toate corpurile de apă din UE, inclusiv râurile, lacurile, apele de coastă și de tranziție, precum și apele subterane. Poluarea accelerată, modificarea regimului de curgere au dus la presiuni multiple asupra ecosistemelor de apă dulce, subminând biodiversitatea și funcționarea ecologică a acestora. Evaluarea presiunilor multiple asupra ecosistemelor acvatice și înțelegerea impactului combinat asupra stării ecologice este crucial pentru planificarea unor politici eficiente.

Poluarea este determinată în primul rând de stațiile de epurare urbane. Majoritatea stațiilor existente în Regiunea Sud a Republicii Moldova (tabelul 1) oferă doar o epurare mecanică, în timp ce instalațiile biologice cu consum energetic sporit sunt scoase din funcțiune din cauza costurilor de operare inaccesibile. În cele mai multe cazuri, tehnologia de epurare și chiar amplasamentul stațiilor de epurare trebuie să fie reexaminat, în scopul de a asigura nivelul necesar de eficiență a sistemului și de a acoperi un număr mai mare de consumatori. Unele zone urbane nu dispun de o stație de epurare și apele uzate municipale neepurate se deversează direct în receptori și care necesită soluții urgente la nivel de stat. În zonele rurale, epurarea apelor uzate în mod centralizat practic lipsește. Epurarea apelor uzate descentralizate pentru gospodării individuale (de exemplu, toalete Ecosan), precum și implementarea stațiilor de epurare compacte pentru clădiri comunitare (de exemplu, centre medicale, școli, etc.), s-a dovedit a fi o practică eficientă [5].

În Tabelul 1 sunt prezentate caracteristica întreprinderilor de purificare a apelor uzate.

Tabelul 1. Serviciile de evacuare și purificare a apelor reziduale la întreprinderile Asociației „Moldova Apă-Canal” localizate în Regiunea Sud

Nr. crt.	UTA Găgăuzia	Lungimea rețelei de canalizare, km	Stații de epurare		Volumul de apă uzată evacuată, mii ³				
			Capacitatea, mii ³ /zi	Gradul de utilizare, %	Total	Populație		Purificate insuficient	
						mii ³	%	mii ³	%
1	Leova	12,6	4,7	4,3	73,7	40,9	55	73,7	100
2	Cantemir	8,9	3,5	4,9	62,5	53,3	85	62,5	100
3	Cahul	51,6	13,7	15	749	469	63	749	100
4	Cimislia	26,6	1,2	23	104,2	54,5	52		0
5	Basarabeasca	16,3	1,3	44	209,9	61,7	29	209,9	100
6	Taraclia	13,4	6,9	5,1	127,5	70,0	55	127,5	100
7	Comrat	41,7	5,7	14,3	296,6	137,7	46	296,6	100
8	Ceadîr-Lunga	83,6	7,0	9,9	253,0	187,4	74	253	100
9	Vulcănești	17,6	1,5	9,5	52,0	39,1	75		0

Datele din tabelul 1 indică faptul că la toate stațiile de epurare volumul de ape uzate este supus unei purificări insuficiente. Alimentarea cu apă potabilă a populației din raionul Cahul se efectuează din surse subterane cum ar fi: fântâni arteziene, fântâni de mină – 95 și 42 izvoare. Din cele 173 de sonde arteziene sunt exploatate 135 ce au următoarele destinații: apă potabilă – 117, apă menajeră – 1, în scop curativ – 7, pentru necesități agricole – 1, industrial – 9 și 38 neexploatate.

Rezultatul cercetărilor principalilor parametri fizico-chimici ai probelor de apă potabilă din diferite surse și localități prelevate în anul 2024 include evaluarea parametrilor de bază: pH-ul, mineralizarea, conținutul ionilor de calciu, magneziu, clor, sulfati, hidrocarbonați, amoniu, nitriți, nitrați și duritatea apei (Tabelul 2).

- 1) Apeduct, consiliul raional Cahul;
- 2) Apeduct, izvor, centrul satului Văleni;
- 3) Apeduct, Primăria din s. Vadul lui Isac;
- 4) Apeduct, Primăria din s. Crihana Veche;
- 5) Apeduct, s. Slobozia Mare. Magazin (la intersecția cu drumul spre sediul vechi al rezervației Prutul de Jos);
- 6) Apeduct, Rezerv. Prutul de Jos, sediul nou;
- 7) Apeduct, Rezerv. Prutul de Jos, sediul vechi;
- 8) Apeduct, Primăria, s. Colibaș;
- 9) Izvor/Tarlev, s. Gotești, r-nul Cantemir;
- 10) Stația de tratare municipală din or. Cahul, apa r. Prut până la tratate;
- 11) Stația de tratare municipală din or. Cahul, apa r. Prut după tratare.

Tabelul 2. Valoarea parametrilor fizico-chimici ai probelor de apă potabilă din diferite localități ale raionului Cahul

Indici de calitate	Probele										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
pH	7,15	7,8	7,6	7,0	7,5	7,85	7,8	7,8	7,95	6,85	6,95
Duritatea, mg.echv/L	3,6	11,0	6,0	3,5	10,5	10,5	10,4	8,0	29,4	2,8	3,4
Duritatea, gr. germane / depășiri CMA	10,1	30,8	16,8	9,8	28,4	29,4	29,3	22,4	82,3/ 4,1-	–	–
Ca ²⁺ , mg/L/ depășiri CMA	44	140	84	48	122	132	98	108	440/ 4,4	36	44

Mg ²⁺ , mg/L/ depășiri CMA	17	48	21	13	21	47	66	31	89/ 1,7	12	14
Na ⁺ +K ⁺ , mg/L	31	65	133	64	45	76	87	95	87	66	66
Cl ⁻ , mg/L/ depășiri CMA	38	65	57	39	74	87	89	57	708/ 2,8	37	37
SO ₄ ²⁻ , mg/L/ depășiri CMA	106	231	179	134	209	232	203	163	1221/ 4,8	69	124
HCO ₃ ⁻ , mg/L	146	436	336	134	354	390	438	414	292	182	146
NO ₃ ⁻ , mg/L	3,1	0,39	32,6	3,3	0,95	1,35	5,9	0,76	45,9	3,75	2,4
NH ₄ ⁺ , mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0
NO ₂ ⁻ , mg/L	0	0	0,41	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineralizarea, mg/L/ depășiri CMA	312	767	675	368	649	770	768	662	2737/ 1,8	315	360

CMA – Conținut maxim admis (Legea nr. 182 din 19.12.2019 privind calitatea apei potabile. MO nr. 1-2 din 03.01.2020, art. 2)

STAS 1342 - 91 - Apă potabilă (România). Valori admise – admise excepțional la duritate, Ca²⁺ și Mg²⁺

Hotărârea Guvernului nr. 950 din 25.11.2013 pentru aprobarea Regulamentului privind cerințele de colectare, epurare și deversare a apelor uzate în sistemul de canalizare și/sau în emisare pentru localitățile urbane și rurale. Monitorul Oficial nr. 284-289 din 06.12.2013.

În rezultatul studiilor s-a constatat următoarea componență a apei în probele cercetate:

Calitatea apei arteziene:

– în probele de apă artesiană (apeducte, probele 1-8), conform Legii nr. 182 din 19.12.2019, nu au fost evidențiate depășiri privind conținutul maxim admis (CMA) în apa potabilă la toți parametri fizico-chimici evaluați;

– în apa din izvor, s. Gotești, sunt unele depășiri ale CMA: duritatea, gr. germane, de 4,1-2,7 ori; Ca²⁺ – 4,4-2,4 ori; Mg²⁺ – 1,7-1,1 ori (conform STAS 1342 - 91 - Apă potabilă (România).); Cl⁻ – 2,8 ori; SO₄²⁻ – 4,8 ori; mineralizarea – 1,8 ori, NO₃⁻ fiind la limita CMA (conform Legii nr. 182 din 19.12.2019 privind calitatea apei potabile).

– apa r. Prut tratată la stația de tratare a orașului corespunde cerințelor conform Legii nr. 182 din 19.12.2019.

Suprafața bazinelor acvatice constituie 4139,13 ha și este ocupată de 104 bazine acvatice din care 64 sunt proprietatea publică a statului. Starea bazinelor acvatice, zonele de protecție a barajelor sunt satisfăcătoare.

Rețeaua hidrografică a raionului Cahul este reprezentată de 8 râuri: r. Prut cu o lungime de 54,5 km, r. Frumoasa cu lungimea de 9 km, r. Larga 5 km, r. Valea Halmagei 19 km, r. Salcia Mare 24 km, r. Salcia Mică 22 km, r. Ialpug 16 km, r. Cahul 39 km. Caracteristica indicilor de calitate a apelor din raionul Cahul sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3. Clasele de calitate a parametrilor nutrienți în corpurile de apă situate în r-nul Cahul, Regiunea Sud

Stația de monitorizare	Azot din moniu, N/NH ₄ ⁺		Azot din azotiți, N/NO ₂		Azot din zotați, N/NO ₃ ⁺		Ortofosfați, P/PO ₄ , mg/dm ³		Fosfor total, P total, mg/dm ³	
	mg N/l	Clasa de calitate	mg N/l	Clasa de calitate	mg N/l	Clasa de calitate	mg P/l	Clasa de calitate	mg P/l	Clasa de calitate
L.N. Beleu, s. Slobozia Mare	0,36	II	0,02	II	0,06	I	0,04	I	0,13	II

L. N. Manta, s. Manta	0,45	III	0,01	I	0,04	I	0,05	I	0,25	III
r. Prut, or. Cahul	0,32	II	0,02	II	0,05	I	0,09	II	0,12	II
r. Cahul	0,59	III	0,06	II	0,08	I	0,18	III	0,23	III
r. Ialpug	1,13	IV	0,04	II	0,07	I	0,08	II	0,24	III
r. Larga	0,08	I	0,01	I	0,04	I	0,30	IV	0,33	III

În anul 2024 a fost investigată calitatea apelor de suprafață și din ecosistemul urban Cahul. A fost cercetată dinamica nutrienților (azot și fosfor), poluarea organică, mineralizarea în amonte și aval de localitate și stabilite clasele de calitate a apei r. Frumoasa (or. Cahul) (tab. 4 și 5).

Rețeaua hidrografică a mun. Cahul este formată din r. Frumoasa care traversează orașul.

Calitatea apei r. Frumoasa în amonte de or. Cahul conform parametrilor hidrochimici (nutrienți, factorul cauzal în apariția eutrofizării) corespunde claselor de calitate II – III (de la „bună” la „poluată moderat”), iar în aval de oraș calitatea apei se înrăutățește până la clasele III și IV („semnificativ poluată”) (tabelele 4-5).

Tabelul 4. Concentrația și clasele de calitate a nutrienților în corpurile de apă din ecosistemul urban Cahul

Stația de prelevarea probelor	Azot din amoniu, N/NH_4^+		Azot din azotiți, N/NO_2^-		Azot din azotați, N/NO_3^-		Fosfor total, P_{total}	
	mg N/l	Clasa de calitate	mg N/l	Clasa de calitate	mg N/l	Clasa de calitate	mg P/l	Clasa de calitate
r. Frumoasa, or. Cahul – amonte	0,16	I	0,006	I	1,12	II	0,26	III
r. Frumoasa, or. Cahul – lac	0,14	I	0,01	I	0,31	I	0,22	III
r. Frumoasa, or. Cahul – centru	0,14	I	0,016	II	0,95	II	0,23	III
r. Frumoasa, or. Cahul – aval	0,21	II	0,069	III	10,4	III	0,34	III
Clasele de calitate*	Clasa I	Clasa II	Clasa III	Clasa IV	Clasa V			

Notă: *[6. HG nr. 890/2013 pentru aprobarea Regulamentului cu privire la cerințele de calitate a mediului pentru apele de suprafață]

Datele din tabel indică faptul că la scurgerea r. Frumoasa pe teritoriul or. Cahul are loc poluarea treptată a apei cu nutrienți, de la clasa de calitate 1 până la 2 pentru amoniac, și de la 1 până la trei pentru nitriți și nitrați.

Tabelul 5. Concentrația și clasele de calitate a indicatorilor organici și minerali în corpurile de apă din ecosistemul urban Cahul

Stația de monitorizare	pH		CCO_{Cr}		Mineralizare (TDS)		Duritatea totală	
	Index	Clasa de calitate	mgO/l	Clasa de calitate	mg/l	Clasa de calitate	mmol/l	Clasa de calitate
r. Frumoasa, or. Cahul - amonte	7,60	I	83,6	IV	825	III	11,4	IV
r. Frumoasa, or. Cahul - lac	8,38	I	31,1	III	576	II	7,4	III
r. Frumoasa, or. Cahul - centru	8,00	I	19,4	III	630	II	8,1	III
r. Frumoasa, or. Cahul - aval	6,98	I	83,6	IV	865	III	10,8	IV
Clasele de calitate*	Clasa I	Clasa II	Clasa III	Clasa IV	Clasa V			

Analiza datelor din tabelele 4 și 5, indică faptul, că mineralizarea la intrare a apei în oraș are valoarea de 825 mg/l, iar până la nimerirea în lacul Frumoasa amplasat pe râu are loc procesul de diminuare a mineralizării până la 576 mg/l, ulterior pe măsura avansării râului pe teritoriul orașului (centrul orașului) are loc creșterea mineralizării până la 630 mg/l, iar la ieșirea din oraș, valoarea mineralizării constituie, deja 865 mg/l. Consumul chimic de oxigen a apei r.Frumoasa la intrarea râului în oraș(amonte) constituie 83,6 mg/l, iar la nimerirea în lacul Frumoasa amplasat pe r. Frumoasa este de 31,1 mg/l, în r. Frumoasa în centrul orașului constituie 19,4, iar la ieșire din oraș (aval de oraș), crește și constituie 83,6 mg/l. CCO_{Cr} . Pentru azot amoniacal N/NH_4^+ , a r. Frumoasa amonte de oraș este de 0,16, în lacul Frumoasa amplsat pe râu, se diminuează și este de 0,14, și în centrul orașului de asemenea constituie 0,14, iar în aval de oraș conținutul azotului amoniacal crește și constituie 0,21 mg/l, adică are loc poluarea apei.

Conținutul azotului de nitrit N/NO_2^- în apa din r. Frumoasa în amonte de oraș constituie 0,006 mg/l, în lacul Frumoasa este de 0,010, adică are loc procesul de poluare, în centrul orașului conținutul azotului de nitrit este de 0,16, iar în aval de oraș, gradul de poluare atinge 0,069 mg/l. Analiza azotului de nitrat în amonte de oraș, pentru r. Frumoasa constituie 1,12 mg/l, ulterior are loc diminuarea valorii acestuia până la 0,31 mg/l în lacul Frumoasa, după care are loc procesul de poluare până la la 0,95 mg/l în Centrul orașului și creșterea acestei valori până la 10,4 mg/l în aval de oraș. Conținutul de cloruri în apa r. Frumoasa amonte de oraș este de 122,0 mg/l, la nimerirea în lacul Frumoasa, se diminuează și constituie 96,1 mg/l, ulterior până la centrul orașului are loc poluarea apei până la 107,4 mg/l, și pe teritoriul orașului are loc procesul de poluare în continuare, și în aval de oraș conținutul acestora este de 147,5 mg/l.

Duritatea totală(mmol/l) pentru apa r. Frumoasa în amonte de oraș este de 11,4, iar la nimerirea în lacul Frumoasa se diminuează (7,4 mmol), în centrul orașului crește ușor (8,1 mmol/l), iar în aval de oraș gradul de poluare crește până la 10,8 mmol/l. Pentru fosforul total(P_{total}), (mg/l) în apa din amonte (r. Frumoasa) este de 0,26, în lacul Frumoasa 0,22, iar în centrul orașului, constituie 0,23 mg/l. Ulterior are loc procesul de poluare în continuare și în aval de oraș, este de 0,34 mg/l.

Conținutul de sodiu (mg/l) indică, la faptul, că în amonte de oraș este de 122,5, ulterior are loc procesul de diminuare a concentrației (la nimerirea în lacul Frumoasa) și conținutul este de 70,1, iar în centrul orașului acesta constituie deja 83,8 mg/l, (are loc procesul de poluare). Procesul de poluare se extinde și în aval de oraș, conținutul sodiului constituie 122,5 mg/l.

Analiza rezultatelor obținute indică la faptul, că concentrația poluanților din apa r. Frumoasa la intrare în oraș este mare, iar la nimerirea acestea în lacul Frumoasa concentrația poluanților se diminuează, iar după ieșire din lac spre centrul orașului are loc creșterea treptată a concentrației acestora, și creșterea continuie până la ieșirea apei din cadrul orașului Cahul. Acest fapt demonstrează, că în cadrul orașului are loc procesul de poluare intensă a apei râului.

Pentru identificarea impactului antropic asupra apei freatice, au fost prelevate probe de apă din izvorul amplasat în centrul orașului la 15 m de prelevarea probei nr. 3 din centrul orașului. Rezultatele sunt prezentate în tabelul 6.

Tabelul 6. Parametrii de calitate a apei din izvor, centrul or. Cahul, amplasat la 15 m de proba nr. 3

Nr.	Parametrul de calitate	Unitate de măsură	Valori obținute	Valorile limită admisibile Legea 182/2019
1.	pH	unități pH	7,79	6,5 – 9,5
2.	Conductivitate electrică	$\mu\text{S}/\text{cm}$	970	2500
3.	Reziduu sec la 105 °C	mg/l	582	1500
4.	Cloruri (Cl^-)	mg/l	13,5	250
5.	Amoniu (NH_4^+)	mg/l	0,11	0,5
6.	Nitriți (NO_2^-)	mg/l	0,004	0,5
7.	Nitrați (NO_3^-)	mg/l	0,84	50

8.	Duritate totală	°dH grade germane	2,8	minimum 5
9.	Sodium (Na ⁺)*	mg/l	167,7	200

Analiza parametrilor fizico-chimici de calitate a apei (tab. 6 din izvor din centrul ecosistemului urban Cahul, demonstrează ca aceștia nu depășesc valorile limită admisibile pentru niciun component. Rezultatele analizelor, confirmă faptul, că impactul antropic nu influențează și asupra calității apei freatice din izvorul amplasat în centrul orașului Cahul.

În ecosistemul Cahul prezenta interes, de asemenea și procesul de epurare a apelor uzate menajere orașenești care se devarsă la stația de epurare (SEAU) din orașul dat. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 7.

Tabelul 7. Indicii de calitate a procesului de epurare a apelor uzate la Stația de Epurare din or. Cahul

Nr.	Parametrul de calitate	Unitate de măsură	Valori obținute		Valorile limită admisibile HG 950/2013 Anexa 2[7,8]
			Intrare	Ieșire	
1.	pH	Unități pH	7,00	6,60	6,5-8,5
2.	Materii în suspensie (M/S)	mg/l	128	52,0	35
3.	Consumul chimic de oxigen (CCO-Cr)	mg/l	427,7	256,6	125
4.	Consumul biochimic de oxigen (CBO ₅)	mgO ₂ /l	215,0	95,0	25
5.	Cloruri (Cl ⁻)	mg/l	97,1	278,0	300
6.	Azot amoniacal (N/NH ₄ ⁺)	mg/l	50,3	23,3	2
7.	Fosfor total (P _{total})	mg/l	7,89	6,02	2

Analiza rezultatelor procesului de epurare la SEAU, indică la următoarele. Înlăturarea materiei în suspensiei la SEB constituie 62,3%. Gradul de epurare după CCO_{cr}, constituie 40,00%. Gradul de purificare după CBO₅, este de, 55,8%. Epurarea apei după azot amoniacal, constituie 53,70%. Înlăturarea fosforului total, constituie 23,7%.

Epurarea după cloruri nu are loc, ci, invers, are loc poluarea apelor epurate cu cloruri de la 97,1 până la 281,30 mg/l. Conform autorilor [9,10], care au studiat dependența gradului de epurare a apelor reziduale la stația de epurare din Chișinău de natura chimică a poluanților, a fost stabilit, că gradul de epurare de cloruri (ionii de clor) constituie 8,8% și sulfati (ionii de sulfati 14,6 %). Acest fapt se explică prin gradul înalt de solubilitate a sărurilor acestor poluanți. Pentru îmbunătățirea procesului de înlăturare a ionilor de clor, este necesară implementarea metodei de epurare osmozei inverse [11], care asigură un grad înalt de purificare a apelor de cloruri

Analiza calității apei epurate la SEAU din Cahul indică la faptul, că conținutul practic pentru toți poluanții este depășit în comparație cu valorile limite admisibile indicate în HG **HG 950/2013, Anexa 2**. Pentru materii în suspensii de 1,5 ori, pentru CCO_{cr} de -2,10 ori, după CBO₅ - 3,8 ori. După azot amoniacal, depășirile cerințelor Hotărârii de Guvern sunt de 11,7 ori, iar după fosfor total, depășirile constituie 3,0 ori. Pentru cloruri, invers, are loc mărirea gradului de poluare: conținutul inițial este de 97,1 mg/l, iar după SEB, conținutul constituie 278,0 mg/l ioni de clor. Însă necâtând la acest fapt, conținutul clorurilor nu depășesc cerințelor HG 950/2013 Anexa 2, unde limitele sunt de 300 mg/l.

În rezultat, se poate conchide, că rezultatele obținute, privind gradul de epurare a apelor uzate la SEAU din Cahul, confirmă faptul, că toate stațiile de epurare din Republica Moldova, din cauza gradului nesatisfăcător de epurare, Chișinău, Orhei, Telenești, Bălți [1-5] servesc ca o sursă de poluare esențială a apelor de suprafață.

Concluzii

1. Studiile indică la faptul, că la toate stațiile de epurare din RDSud întreg volumul de ape uzate care nimereste la stațiile de epurare a apelor uzate este supus unei purificari insuficiente.
2. Rezultatele obținute indică la faptul, că concentrația poluanților din apa r. Frumoasa la intrare în oraș este mare, iar la nimerirea acesteia în lacul Frumoasa concentrația poluanților se diminuează, iar după ieșire din lac spre centrul orașului are loc creșterea treptată a concentrației acestora, și poluarea continuă până la ieșirea apei din cadrul orașului Cahul. Aceasta demonstrează, că în cadrul orașului are loc procesul de poluare intensă a apei râului.
3. Analiza parametrilor fizico-chimici de calitate a apei de izvor din centrul ecosistemului urban Cahul, indică, ca acestea nu depășesc valorile limitei admisibile nici pentru un component, ceea ce confirmă faptul, că impactul antropic în cadrul ecosistemului, nu influențează asupra calității apei freatice din orașul Cahul.
4. Analiza calității apei epurate la SEAU din ecosistemul urban Cahul demonstrează faptul, că concentrația practică pentru toți poluanții sunt depășite în comparație cu valorile indicate în HG 950/2013 Anexa 2. Pentru materii în suspensii, depășirile constituie 1,5 ori, pentru CCOcr - 2,10 ori, după CBO₅ - 3,8 ori, După azot amoniacal, depășirile cerințelor Hotărârii de Guvern sunt de 11,7 ori, iar după fosfor total, acestea constituie 3,0 ori. Însă, pentru cloruri, invers, are loc mărirea gradului de poluare a apelor epurate: conținutul inițial este de 97,1 mg/l, iar după SEAU, constituie 278,0 mg/l. Acest fapt, posibil se explică prin gradul înalt de solubilitate a clorurilor, care s-au acumulat în nămolul activ utilizat pentru epurare. Aceste rezultate confirmă faptul, că toate stațiile de epurare, ca și în cazurile altor SEAU: Chișinău, Orhei, Telenești, Bălți, din cauza gradului nesatisfăcător de epurare, servesc ca surse esențiale de poluare a apelor de suprafață.

Bibliografie:

1. BULIMAGA C., RUSNAC A., EROȘENCOVA V., GANJA E. *Sursele de poluare majoră a râului Bâc și impactul acestora asupra ecosistemului Nistrului inferior*. În: *Международная ассоциация хранителей реки «Еко-TIRAS». Образовательный фонд имени Л. С. Берга. Бендерский историко-краеведческий музей. Eco-TIRAS International Association of River Keepers. Leo Berg. Educational Foundation. The City of Bender Museum. Академику Л.С. Бергу – 145 лет: Сборник научных статей. Academician Leo Berg – 145: Collection of Scientific Articles*, p.p. 301-305. Eco-TIRAS, Бендеры – 2021. ISBN 978-9975-3404-9-6.
2. BULIMAGA C., MOGÎLDEA V., ȚUGULEA A., ȘCIUDLOVA E., RUSU M. *Evaluarea impactului antropic în ecosistemul urban Orhei*. În: *Conferința internațională: Transboundary Dniester River. Basin Management: Platform for cooperation and current challenges, Proceedings of International Conference*, Tiraspol, October 26-27, 2017, p. 43-46., Eco-Tiras, Тирасполь-2017. ISBN 978-9975-66-591-9.
3. BULIMAGA C., ȚUGULEA A., RUSU M. *Evaluarea impactului ecosistemelor urbane și suburbane asupra calității apelor de suprafață a bazinului râului Râut în sectoarele de mijloc și inferior*. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. № 1 (340). Anul 2020, p. 175-181, ISSN 1857-064X.
4. BULIMAGA C., ȚUGULEA A., PORTARESCU A. *Stația de epurare biologică a apei reziduale SRL „Glorin-Inginering” din ecosistemul urban Bălți și impactul acesteia asupra mediului*. În *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele Vieții*, 2020, nr. 3(342), Anul 2020, p. 182--188. ISSN 1857-064X. Categoria B.
5. *HG Nr. HG 199/2014 din 20.03.2014 cu privire la aprobarea Strategiei de alimentare cu apă și sanitație (2014 – 2030)*. Publicat : 28.03.2014 în Monitorul Oficial Nr. 72-77 art. 222.
6. *HG Nr. 890 din 12-11-2013. pentru aprobarea Regulamentului cu privire la cerințele de calitate a mediului pentru apele de suprafață*. Publicat : 22.11.2013 în Monitorul Oficial Nr. 262-267 art. Nr: 1006.
7. *Hotărârea Guvernului Nr. 950 din 25.11.2013 pentru aprobarea Regulamentului privind cerințele de colectare, epurare și deversare a apelor uzate în sistemul de canalizare și/sau în corpuri de apă pentru localitățile urbane și rurale*.
8. *Proiectul Hotărârii de Guvern privind modificarea hotărârii guvernului nr. 950/2013 pentru aprobarea Regulamentului privind cerințele de colectare, epurare și deversare a apelor uzate în sistemele publice de canalizare și/sau în emisare pentru localitățile urbane și rurale (număr unic 428/MM/2023)*.

9. BULIMAGA C. *Legități și dependențe ale impactului stației de epurare biologică a apelor reziduale asupra componentelor mediului. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele Vieții*, nr. 3(312), 2010, p. 160-167. ISSN 1857-064X.
10. BULIMAGA C. *Aspectele ecologice ale managementului deșeurilor în Republica Moldova*. Monografie. Chișinău, 2008, Ed. Cu drag SRL, 224 p. ISBN 978-9975-9627-9-7.
11. BULIMAGA C., PRODAN P. *Contribuții la studiul privind impactul cauzat mediului de apele reziduale epurate la stațiile de purificare biologică. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2021, nr. 2(344), pp. 142-148. ISSN 1857-064X.

Date despre autor:

Constantin BULIMAGA, doctor habilitat în științe biologice, Institutul de Ecologie și Geografie al Universității de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-1288-0140

E-mail: constantin.bulimaga@sti.usm.md
cbulimaga@yahoo.com

Vladimir MOGÎLDEA, doctor în științe biologice, cercetător științific, coordonator.

ORCID: 0000-0001-8544-742

Email: vladimir.mogildea@sti.usm.md

Andrian ȚUGULEA, doctor în științe biologice.

ORCID: 0000-0002-7106-8921

E-mail: andrian.tugulea@sti.usm.md

Petru PRODAN, doctorand, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-4661-7757

E-mail: petru.prodan@sti.usm.md.

Prezentat: 24.01.2025

COLEOPTERELE (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE, CURCULIONIDAE) DIN REZERVAȚIA BIOSFEREI PRUTUL DE JOS

Livia CALESTRU,

Universitatea de Stat din Moldova

Lucrarea include date noi privind diversitatea speciilor de insecte (Coleoptera: Chrysomelidae, Curculionidae) din Rezervația Biosferei Prutul de Jos. Speciile de crisomelidele și curculionide au fost colectate în perioada 1967 – 2024. Pentru Rezervației Biosferei Prutul de Jos au fost identificate 69 de specii: 20 de specii de crisomelide ce aparțin la 12 genuri și 49 de specii de curculionide ce aparțin la 27 de genuri. Insectele au fost colectate în localitățile Manta (23 de specii), Brînza (3), Văleni (10), Slobozia Mare (6), Cîșlița-Prut (8) și Giurgiulești (34). Cercetările demonstrează că Rezervația Biosferei Prutul de Jos este o zonă de mare importanță pentru conservarea diversității biologice, iar cercetările trebuie să continue.

Cuvinte-cheie: Rezervația Biosferei Prutul de Jos, specie, insecte coleoptere, colecție.

INSECTS (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE, CURCULIONIDAE) FROM LOWER PRUT BIOSPHERE RESERVE

The paper includes new data about the species diversity of insects (Coleoptera: Chrysomelidae, Curculionidae) from Lower Prut Biosphere Reserve. A total number of 69 species were revealed, of which 20 leaf beetles and 49 snout beetles or true weevils. The research was carried out in various localities of the Lower Prut Biosphere Reserve Manta (23 species), Brînza (3), Văleni (10), Slobozia Mare (6), Cîșlița-Prut (8) and Giurgiulești (34) during the years 1967-2024. The research demonstrates that the Lower Prut Biosphere Reserve is an area of great importance for the conservation of biological diversity, and research in the reserve needs to be continued

Keywords: Lower Prut Biosphere Reserve, species, coleopterous insects, collection.

Introducere

Studiul entomofaunei ariilor protejate din Republica Moldova, inclusiv a Rezervației Biosferei Prutul de Jos este o problemă permanentă pentru entomologii din țară, deoarece impactul antropic asupra ecosistemelor împreună cu dinamica dezvoltării naturale a entomocomplexelor, duc la schimbări în fauna zonelor menționate.

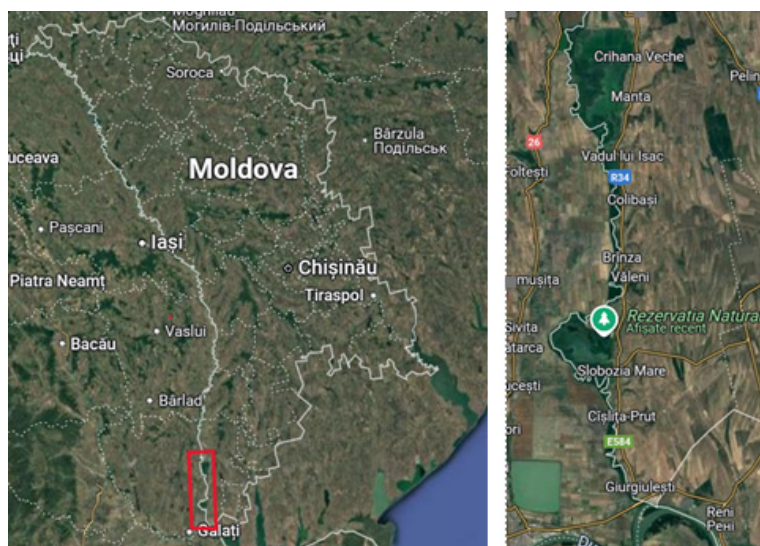


Figura 1. Locația Rezervației Biosferei Prutul de Jos

Rezervația Biosferei Prutul de Jos este situată în partea de sud-vest a Republicii Moldova, de-a lungul cursului inferior al râului Prut și a fost înființată în 2018, fiind prima de acest fel în Republica Moldova și una dintre cele 700 de rezervații similare ale Rețelei Mondiale de Rezervații ale Biosferei UNESCO. Cu o suprafață de 14,7 mii ha, cuprinde nouă localități din raionul Cahul: Crihana Veche, Manta, Vadul lui Isac, Colibași, Brînza, Văleni, Slobozia Mare, Cîșlița-Prut și Giurgiulești. Totodată rezervația cuprinde și ecosistemele unice ale lacurilor Beleu și Manta, care sunt ultimele lunci naturale din regiunea Dunării de Jos. (Fig. 1)

În flora din rezervație au fost descoperite peste 300 de specii de plante vasculare, majoritatea fiind din familiile Asteraceae și Poaceae. O mare parte din teritoriu este reprezentată de vegetația palustră și de luncă inundabilă. Pădurile inundabile sunt formate din diferiți arbori și arbuști cu dominanța a două specii de salcie – *Salix alba* și *S. fragilis*.

Crisomelidele (*Chrysomelidae*), membrii ei fiind cunoscuți adesea ca gândaci de frunze, este o familie cu peste 35 000 de specii din peste 2 500 de genuri. După cum sugerează și numele, acești gândaci se hrănesc cu frunzele plantelor. Curculionidele (*Curculionidae*), numite și gărgărițe sau trombari, este o familie mare de coleoptere cu circa 83 000 de specii cunoscute din 6 800 de genuri. Sunt considerate ca cele mai evolute coleoptere. Aproape toate sunt fitofage atât în stare larvară cât și ca adult.

Interesul pentru cunoașterea coleopterelor crisomelide și curculionide a început la sfârșitul secolului al XIX-lea – începutul secolului al XX-lea datorită necesității de a obține informații despre unii dăunători periculoși ai plantelor și căutând metode de combatere a lor.

Primele date despre fauna insectelor crisomelide și curculionide din Republica Moldova sunt date în listele entomologice ale lui E. Miller și N. Zubowsky [1, 2]. Contribuție semnificativă la studiul acestor două familii de coleoptere a fost din partea entomologilor din Harkov S. Medvedev și D. Shapiro, ca urmare a expediției efectuate de autori în 1955 [3]. Cu regret aceste lucrări nu includ date despre colectări din regiunea Rezervației Biosferei Prutul de Jos. Colecțiile de insecte „Rodion Stepanov” din Muzeul de Entomologie al Institutului de Zoologie, USM și colecțiile „Nicolai Zubowsky” [4] care se află în două muzee: cel din IZ, USM și Muzeul Național de Etnografie și Istorie Naturală de asemenea nu conțin specii colectate în zona investigată. Menționăm că publicații cu referire la fauna coleopterelor (Coleoptera: Chrysomelidae, Curculionidae) din Rezervația Biosferei Prutul de Jos nu sunt.

Astfel, scopul acestei lucrări a fost identificarea speciilor de coleoptere crisomelide și curculionide din Rezervația Biosferei Prutul de Jos. Lucrarea reprezintă un pas important la concretizarea distribuției acestor două familii de coleoptere, completează datele existente și actualizează informația despre speciile menționate.

Materiale și metode de cercetare

Pentru stabilirea listei speciilor de crisomelide și curculionide a fost examinată colecția de insecte din Muzeul de Entomologie al Institutului de Zoologie din cadrul USM. De asemenea, a fost consultată teza de doctor habilitat a domnului Anton Poras, susținută în anul 2006 [5].

Colectarea curculionidelor în diferite habitate a fost efectuată de către A. Poiras, V. Derjanschi, N. Munteanu și V. Talitskii în perioada 1967-2005. Speciile *Phytobius leucogaster* (Marshall, 1802), *Ceutorhynchus turbatus* Schultze, 1903, *Metadonus distinguendus* (Boheman, 1842) și *Gymnetron tetrum* (Fabricius, 1792) au fost determinate de către B. A. Korotyaev, iar *Gymnetron pirazzolii* (Stierlin, 1867) de către Yu. Arzanov. Unele exemplare de *Sitona macularius* (Marshall, 1802) au fost colectate și determinate de N. Munteanu. Celelalte specii au fost determinate de A. Poiras.

Speciile de crisomelide au fost colectate de către Elena Enciu și autor în perioada 2000-2024.

Colectarea materialului a fost efectuată prin metode specifice cercetărilor entomologice: cosirea cu fileul entomologic, scuturarea arbuștilor/plantelor pe pânză, colectarea manuală de pe plante, colectarea cu exhaustorul.

Menționăm că speciile *Bagous argillaceus* Gyllenhal, 1836, *Bagous limosus* (Gyllenhal, 1827), *Bagous subcarinatus* Gyllenhal, 1836, *Curculio elephas* J. C. Fabricius, 1781, *Curculio glandium* T. Marshall, 1802, *Curculio pellitus* (Boheman, 1843), *Dorytomus ictor* (J. F. W. Herbst, 1795), *Echinocnemus volgensis* Faust, 1881, *Gymnetron tetrum* (Fabricius, 1792), *Hypera postica* (L. Gyllenhal, 1813), *Metadonus distinguendus* (Boheman, 1842), *Notaris scirpi* (J.C. Fabricius, 1792), *Phytobius leucogaster* (Marshall, 1802), *Sitona callosus* Gyllenhal, 1834, *Sitona longulus* Gyllenhal, 1834, *Sitona macularius* (Marshall, 1802), *Smicronyx jungermanniae* (G.C. Reich, 1797) au fost colectate cu capcana de lumină ultravioletă.

Rezultate și discuții

Pentru Rezervația Biosferei Prutul de Jos au fost identificate 69 de specii: 20 specii de crisomelide fac parte din 12 genuri și 49 de specii de curculionide ce aparțin la 27 de genuri. Insectele au fost colectate în localitățile Manta (23), Brînza (3), Văleni (10), Slobozia Mare (6), Cîșlița-Prut (8) și Giurgiuilești (34).

Lipsa informației referitor la speciile de coleoptere pentru localitățile Crihana Veche, Vadul lui Isac și Colibași este cauzată de inexistența datelor în colecțiile examinate.

Mai jos sunt prezentate speciile identificate în materialul prelucrat. Denumirea genurilor sunt enumerate în conformitate cu taxonomia lor actuală [6-8]. Speciile sunt aranjate în ordine alfabetică. Pentru unele specii au fost incluse și sinonimele așa cum figurează în colecții.

Tabelul 1. Speciile de coleoptere (Coleoptera: Chrysomelidae, Curculionidae) semnalate în Rezervația Biosferei Prutul de Jos

Nr. ctr.	Specia	Locuri de colectare					
		Manta	Brînza	Văleni	Slobozia Mare	Cîșlița- Prut	Giur- giulești
	Familia Chrysomelidae						
1	<i>Cassida nebulosa</i> Linnaeus, 1758				+	+	
2	<i>Cassida vibex</i> Linnaeus, 1767				+		
3	<i>Chrysolina polita</i> (Linnaeus, 1758)				+		
4	<i>Chrysolina herbacea</i> (Duftschmid, 1825)			+		+	
5	<i>Chrysolina fastuosa</i> (Scopoli, 1763)	+		+		+	+
6	<i>Clytra laeviuscula</i> Ratzeburg, 1837						+
7	<i>Colaphus sophiae</i> (Schaller, 1783)			+			
8	<i>Cryptocephalus anticus</i> Suffrian, 1848			+		+	
9	<i>Cryptocephalus sericeus</i> (Linnaeus, 1758)						+
10	<i>Cryptocephalus solivagus</i> Leonardi et Sassi, 2001			+		+	
11	<i>Cryptocephalus violaceus</i> Laicharting, 1781			+			
12	<i>Eumolpus asclepiadeus</i> (Pallas, 1776)						+
13	<i>Gastrophysa polygoni</i> (Linnaeus, 1758)	+					
14	<i>Gastrophysa viridula</i> (De Geer, 1775)				+	+	
15	<i>Gonioctena fornicata</i> (Brüggemann, 1873)			+		+	
16	<i>Hypocassida subferruginea</i> (Schränk, 1776)	+					
17	<i>Oulema gallaeciana</i> (Heyden, 1870)	+					
18	<i>Oulema melanopus</i> (Linnaeus, 1761)			+		+	
19	<i>Phaedon cochleariae</i> (Fabricius, 1792)	+					+
20	<i>Smaragdina affinis</i> (Illiger, 1794)				+		
Familia Curculionidae							
21	<i>Amalus scortillum</i> (J. F. W.Herbst, 1795) = <i>Amalus haemorrhous</i> (Herbst, 1795)		+				
22	<i>Archarius pyrrhoceras</i> (Marsham, 1802) = <i>Curculio pyrrhoceras</i> T. Marsham, 1802						+
23	<i>Bagous argillaceus</i> Gyllenhal, 1836gen						+
24	<i>Bagous limosus</i> (Gyllenhal, 1827)						+
25	<i>Bagous subcarinatus</i> Gyllenhal, 1836						+
26	<i>Ceutorhynchus angustus</i> Dieckmann, 1972			+			
27	<i>Ceutorhynchus chlorophanus</i> Rouget, 1857						+
28	<i>Ceutorhynchus erysimi</i> (J. C. Fabricius, 1787)	+	+				
29	<i>Ceutorhynchus pulvinatus</i> Gyllenhal, 1837						+

30	<i>Ceutorhynchus sophiae</i> Gyllenhal, 1837	+					
31	<i>Ceutorhynchus turbatus</i> Schultze, 1903	+					
32	<i>Curculio elephas</i> J. C. Fabricius, 1781						+
33	<i>Curculio glandium</i> T.Marsham, 1802						+
34	<i>Curculio pellitus</i> (Boheman, 1843)						+
35	<i>Dorytomus ictor</i> (J. F. W.Herbst, 1795)						+
36	<i>Echinocnemus volgensis</i> Faust, 1881						+
37	<i>Foucattia squamulata</i> (Herbst, 1795)						+
38	<i>Gymnetron pirazzolii</i> (Stierlin, 1867)			+			
39	<i>Gymnetron tetrum</i> (Fabricius, 1792)						+
40	<i>Hypera postica</i> (L. Gyllenhal, 1813) = <i>Curculio variabilis</i> J. F. W.Herbst, 1795						+
41	<i>Larinus turbinatus</i> Gyllenhal, 1835	+					
42	<i>Lixus cardui</i> Olivier, 1807						+
43	<i>Lixus filiformis</i> Schoenherr = <i>Lixus elongatus</i> (Goeze, 1777)		+				
44	<i>Lixus subtilis</i> Boheman, 1836	+					
45	<i>Melanapion minimum</i> (Herbst, 1797)	+					
46	<i>Metadonus distinguendus</i> (Boheman, 1842)						+
47	<i>Notaris scirpi</i> (J.C.Fabricius, 1792)						+
48	<i>Oedecnemidius varius</i> (Brullé, 1832) = <i>Phyllobius pictus</i> Gyllenhal, 1834						+
49	<i>Otiorhynchus albidus</i> Stierlin, 1861						+
50	<i>Otiorhynchus ligustici</i> (Linnaeus, 1758)	+					
51	<i>Phytobius leucogaster</i> (Marsham, 1802)						+
52	<i>Phrydiuchus topiarius</i> (Germar, 1824)	+					
53	<i>Phyllobius pomaceus</i> Gyllenhal, 1834 = <i>Phyllobius urticae</i> (De Geer, 1775)	+					
54	<i>Phyllobius pyri</i> (Linnaeus, 1758)	+					
55	<i>Polydrusus corruscus</i> Germar, 1823	+					
56	<i>Polydrusus inustus</i> Germar, 1823	+					+
57	<i>Rhinoncus albicinctus</i> Gyllenhal, 1837	+					+
58	<i>Rhinoncus bosnicus</i> Schultze, 1900	+					
59	<i>Rhinoncus bruchoides</i> (J. F. W.Herbst, 1784)	+					
60	<i>Rhinoncus castor</i> (Fabricius, 1792)	+					
61	<i>Rhinoncus perpendicularis</i> (G.C.Reich, 1797)	+					
62	<i>Sciaphobus squalidus</i> (Gyllenhal, 1834)						+
63	<i>Sitona callosus</i> Gyllenhal, 1834						+
64	<i>Sitona longulus</i> Gyllenhal, 1834						+
65	<i>Sitona macularius</i> (Marsham, 1802) = <i>Sitona crinitus</i> (Herbst, 1795)				+		+
66	<i>Smicronyx jungermanniae</i> (G. C. Reich, 1797)						+
67	<i>Tanymecus dilaticollis</i> Gyllenhal, 1834	+					
68	<i>Tychius haematopus</i> Gyllenhal, 1836						+
69	<i>Tychius picirostris</i> (J. C. Fabricius, 1787)						+

Varietatea peisajelor și structura diversă a habitatelor pe teritoriul Rezervației Biosferei Prutul de Jos, crează condiții optime pentru existența tuturor insectelor. Desigur, numărul de specii crisomelide și curculionide care populează ecosistemele din această zonă este mai mare, ținând cont de diversitatea biotopurilor cercetate. Totodată, rezultatele obținute privind grupurile studiate referitor la diversitatea speciilor în rezervație, confirmă valoarea incontestabilă a ariei naturale protejate pentru conservarea biodiversității.

Considerăm că inventarierea faunei crizomelidelor și curculionidelor din Rezervația Biosferei Prutul de Jos nu este finalizată și numărul de specii poate fi mai mare, astfel studiile asupra biodiversității trebuie să continue.

Concluzii

Cercetările efectuate asupra speciilor de coleoptere crisomelide și curculionide în perioada 1967-2024 în cadrul Rezervației Biosferei Prutul de Jos au permis identificarea a 69 de specii din 39 de genuri. Pentru Rezervației Biosferei Prutul de Jos au fost identificate 20 de specii de crisomelide din 12 genuri și 49 de specii de curculionide din 27 de genuri. Cercetările au fost efectuate în 6 din 9 localități ale rezervației. Majoritatea speciilor au fost colectate în localitățile Giurgiulești (34) și Manta (23). Cercetările ulterioare vor extinde lista speciilor de coleoptere din rezervație și va permite analiza tendințelor evoluției faunei în condițiile modificărilor antropice și climatice.

Bibliografie:

1. МИЛЛЕР, Э., ЗУБОВСКИЙ, Н. *Материалы по энтомологической фауне Бессарабии*. Тр. Бессараб. об-ва естествоисп. и любителей естествознания, 1906. Т. 1. Ч. 1. с. 57-70.
2. МИЛЛЕР, Э., ЗУБОВСКИЙ, Н. *Материалы по энтомологической фауне Бессарабии*. Тр. Бессараб. об-ва естествоисп. и любителей естествознания, 1917. Т. 6. с. 32-150.
3. МЕДВЕДЕВ, С., ШАПИРО, Д. *К познанию фауны жуков (Coleoptera) Молдавской ССР и сопредельных районов Украины*. Тр. НИИ биологии и биол. факта Харьковского ун-та. Т.30. Харьков, 1957. с. 173 - 206.
4. DERJANSCHI, V., BABAN, E., CALESTRU, L., STAH, N., ȚUGULEA, C. *Catalogue of the „N. Zubowsky entomological collection”*. Academy of Sciences of Moldova, National Museum of Ethnography and Natural History, Institute of Zoology, Edit. "Bons Offices" Chișinău, 2016. 296 p.
5. ПОЙРАС, А. Жесткокрылые надсемейства *Curculionoidea* (Insecta, Coleoptera) Республики Молдова, их биоразнообразие и значение. Диссертация на соискание ученой степени доктора хабилитат биологических наук. Кишинев. 2006. 290с.
6. BOUCHARD, P., BOUSQUET, Y., DAVIES, A., ALONSO ZARAZAGA, M., LAWRENCE, J., LYAL CH., NEWTON A., REID CH., SCHMITT M., ŚLIPIŃSKI A., SMITH A. 2011. *Family-group names in Coleoptera (Insecta)*. ZooKeys: 88(88): 972 p.
7. ALONSO-ZARAZAGA, M., LYAL, C., *A World Catalogue of Families and Genera of Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) (Excepting Scolytidae and Platypodidae)*, Entomopraxis, Barcelona, 1999. 315 p.
8. <https://www.gbif.org/species/4239> (accesat: februarie 2025).

N. B.: *Investigațiile au fost efectuate on cadrul subprogramului 010701 ZOOAQUATERRA – Evaluarea structurii și funcționării lumii animale și ecosistemelor acvatice sub influența factorilor biotici și abiotici în contextul asigurării securității ecologice și bunăstării populației*

Date despre autor:

Livia CALESTRU, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, cercetător științific coordonator, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-1646-5542

E-mail: livia.calestru@sti.usm.md

Prezentat: 03.03.2025

CZU: 631.53.027.2:633.111.1

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_28](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_28)

THE ROLE OF THE FLAG LEAF IN THE FORMATION OF THE YIELD OF WINTER WHEAT PLANTS (*TRITICUM AESTIVUM* L.) GROWN FROM SEEDS TREATED WITH THE BIOSTIMULANT REGLALG

Nicolai PLATOVSCHII, Alexandru DASCALIUC,

The Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection,
Moldova State University

The effect of treating seeds of hexaploid wheat Moldova 5, Missia and Kuyalnik with the biostimulator (BS) *Reglagl* on the activity of the flag leaf photosystem II (PS-2) and the yield during the period of formation and ripening of grain in the ear was studied. The experiments were conducted during 2015 -2018 at the Experimental Field of the Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, MSU. The duration of the grain formation and maturation phases in Moldova 5 plants was 26 days, and in Missia and Kuyalnik plants - 33 days. The application of BS *Reglagl* contributed to extending the duration of grain formation and maturation by 1-3 days. In the control variants, the harvest was 3.76 - 4.20 t/h, and in the experimental ones - 3.81 - 4.73 t/h. The efficiency of seed treatment with BS *Reglagl* varied depending on the variety and the climatic conditions of the year.

Keywords: *Triticum aestivum* L., varieties, seeds, BS *Reglagl*, harvest, activity PS-2, flag leaf.

ROLUL FRUNZEI STEAG ÎN FORMAREA PRODUCTIVITĂȚII PLANTELOR DE GRÂU DE TOAMNĂ (*TRITICUM AESTIVUM* L.), CULTIVATE DIN SEMINȚE TRATATE CU BIOSTIMULATORUL REGLALG

În această lucrare a fost redat efectul tratării semințelor de grâu hexaploid Moldova 5, Missia și Kuyalnik cu biostimulatorul (BS) *Reglagl* asupra activității fotosistemei II a frunzei steag, a recoltei în perioada de formare și maturare a boabelor în spic. Experiențele au fost efectuate între anii 2015-2018 pe Câmpul Experimental al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, USM. Durata totală a fazelor de formare și maturare a boabelor în spic la plantele soiului Moldova 5 a constituit 26 de zile, iar la plantele soiurilor Missia și Kuyalnik – 33 de zile. Aplicarea BS *Reglagl* a contribuit la extinderea duratei de formare și maturare a boabelor în spic cu 1-3 zile. În variantele martor recolta a fost de 3,76-4,20 t/h, iar în cele experimentale – 3,81-4,73 t/h. Eficiența tratamentului semințelor cu BS *Reglagl* a variat în funcție de soi și de condițiile climatice ale anului.

Cuvinte-cheie: grâu hexaploid, soiuri, semințe, BS *Reglagl*, recoltă, activitatea PS-2, frunzei steag.

Introduction

Wheat is one of the most important plant species [1]. Around the world, about 2.1×10^8 hectares are sown with this crop, resulting in approximately 6×10^8 tons per head [2]. Although over the past 40 years, the size of the area sown has not changed by more than 10%, thanks to the introduction of modern agricultural technology and improved varieties, wheat yields have tripled. Despite this, the demand for wheat consumption is constantly growing. That suggests that prices for wheat grain have doubled over the past decade [3]. At the same time, adverse climate change is occurring, with average temperatures rising and water availability decreasing in many wheat-growing areas. This situation is especially typical for the Republic of Moldova, located in a zone of risky agriculture [4]. Thus, the rational use of existing varieties and the selection of new wheat genotypes, resistant to extreme temperatures and drought is an urgent task.

The growth, development, and productivity of plants are complexly dependent on the intensity of photosynthesis [5, 6]. The complexity of this dependence is especially pronounced in higher plants, in which leaves of different ages and locations have specific effects on growth, flowering, seed formation, and the accumulation of reserve substances. In general, the plants' harmonious growth and development depend on the specific integration of the effects of photosynthetic activity of different ages of leaves and the level

of their formation on the plant [7]. For evaluating these features, it is convenient to use wheat plants. They form the new leaves in a strictly acropetally direction. In wheat, leaf formation ceases after initiation of heading, accompanied by flowering, seed formation and ripening, plant senescence, and death. Integrally, the occurrence of these processes depends on the photosynthetic activity of all leaves. The relative role of different levels of leaves on the efficiency of each of these processes is specific. We must note that the outside leaf in wheat plants' assimilation organs are the leaf sheaths, the stem, and the ear [8, 9, 10]. As with leaves of different levels (ages), the importance of photosynthesis processes in each of these organs in determining the yield depends on the stage of plant development [11].

Harvest level and the biomass of the plant aerial part are the principal indicators of the productivity of wheat genotypes [12]. Over the years, thanks to advances in breeding, the yield of wheat varieties increased, and its share of the total biomass of the above-ground part of the plant. In modern wheat varieties, it reaches 0.55 [13]. According to the results of researchers [14, 15], up to 90 - 95% of the dry biomass of grain is created due to the process of photosynthesis, which takes place in all leaves of plants, and only 5 - 10% of their biomass depends on the photosynthesis in the stem, ear, leaf sheath, and awns. It is for this reason that, as a rule, the size of the assimilating surface of plants is often characterized only by the leaf surface area. Research dedicated to the study of the influence of leaf surface on yield, productivity, and its elements of the wheat plants [16, 4] highlighted the mentioned data. In this research, we established a relationship between the leaf surface area and the yield level of wheat plants. Considering the above, experts recommend creating such crops and agricultural technology conditions for winter wheat plants where the leaf surface index reaches 40 - 60 thousand m²/ha [17, 18]. At the same time, there is information (S.F. Lyfenko) [19] that due to water evaporation through the stomata, a large leaf area can lead to a decrease in drought and heat resistance of plants. In addition, according to (V.V. Maimistov) [20], during the period of grain-filling, drought-resistant wheat genotypes have increased, but not the highest, foliage indicators [21]. During grain-filling, only the upper leaves have high assimilating activity, the size of which closely correlates with the productivity of the ear. The correlation coefficient between leaf area and such indicators as grain weight in an ear, number of grains in an ear, and weight of 1000 grains are +0.65 - 0.97, +0.48 - 0.97, and +0.22 - 0.96. respectively [22, 23]. In this regard, the author concluded about the necessity to select wheat varieties with a long period of maintaining the viability of this particular leave. According to the works of (V.I. Lukyanyuk) [24], daily increases in dry matter after the initiation of the heading phase are determined by the productivity of photosynthesis per unit of the leaf surface. At the same time, according to [25 - 27], an increase in leaf area does not always influence positively the yield of cereals. According to their data, the photosynthesis of cereal leaves plays a leading role in determining plant productivity only in the first half of the growing season, while starting from the heading phase, photosynthesis in organs such as the ear and stem becomes increasingly important [28, 29]. According to some researchers, the share of ear photosynthesis in the supply of grains with plastic substances is 10 - 40% [30], 50 - 60% [31], or even 90% [32].

The above data indicate that there is still no consensus on the role of various organs in determining the productivity of cereal crops. At the same time, there is no doubt that leaf photosynthesis plays an essential role in providing wheat plants with plastic substances at different stages of grain formation and maturation in the ear. From a practical point of view, it is of particular interest to identify the specific role of photosynthesis activity in the flag leaf of wheat, which appears last and remains highly active during grain formation and filling in the ear phases.

The presented data show that to increase the efficiency of growing plants, essential improved technologies of selection and cultivation that correspond to specific conditions in each region are necessary. For improving agricultural technologies, the use of biostimulators was proposed [33]. Treatment of seeds with biostimulants before sowing and plants during the growing season [34, 35] has a beneficial effect on resistance to extreme temperatures and plant productivity. Unlike synthetic crop protection products, they do not harm the environment. Therefore, they meet the requirements of organic agriculture [36]. Since plant resistance to stress factors is genetically determined, it can be improved by treating plants with biostimulators [35]. In the Republic of Moldova, BS *Reglal*, isolated from aqueous acid of the *Spirogyra* type, is

certified for industrial use [37]. Different methods of treating the wheat genotype seeds with a solution of BS *Reglalg* before sowing were studied for their seed germination and plants' resistance to shock caused by positive or negative temperatures [38, 39].

This article presents the results of a study of the influence of the pre-sowing treatment of wheat seeds with a solution of BS *Reglalg*, as well as the results of appreciation of the effects of pre-sowing seeds' sprinkling with the BS *Reglalg* solution, as well as the activity of photosynthesis in the flag leaf of plants on the yield of three varieties of winter wheat, depending on the specific conditions of the year.

Materials and methods

We carried out research over three consecutive years (from 2015 to 2018) of the cultivation of three varieties of wheat at the experimental site of the Institute of Genetics, Physiology, and Plant Protection, Moldova State University of the Republic of Moldova. As the objects of research, we used the winter wheat variety of the local selection Moldova 5 and two varieties of the Ukrainian amelioration, Missia, and Kuyalnik. The agricultural technology for cultivating winter wheat met generally accepted requirements for this climatic zone [4]. The predecessor was black steam. The seeding rate was 5.5 million seeds per hectare.

At the end of the heading stage, when the leaf growth stopped, the flag leaf area of the central stem of ten plants, in each of three replications, was determined by the weight method [40]. During the entire growing season, we determined the chlorophyll index of the crops with the FieldScout CM – 1000 chlorophyll meter from the company Spectrum Brands Holdings, Inc, (USA). The intensity of photosynthesis of the flag leaf at various stages of grain formation and ripening (flowering, grain growth, milky ripeness, and milky-waxy ripeness) was assessed based on the activity of photosystem two (PS-2) using a PAM-2100 fluorimeter (WALZ, Germany), the Yield index of the flag leaf was determined in ten central (main) shoots, in triplicate.

We carried out the mathematical processing of the data using the Microsoft Excel 2016 program according to statistical methods [41], calculating the average indicators, dispersion, and the minimal significant difference (MSD) between the averages of different options.

Results and discussion

We carried out the studies with winter wheat plants of the Moldova 5, Missia, and Kuyalnik varieties. In Table 1, we present. The numerical values of the morphological parameters of the flag leaf of plants of the indicated wheat varieties grown in 2016, 2017, and 2018.

To characterize the photosynthetic activity of the flag leaf of plants of the studied wheat varieties, which are at different stages of seed maturation in the ear, the dynamics of changes in the quantum yield (Yield) of photosystem II were determined based on the fluorescence of leaf chlorophyll, measured using a PAM 2100 fluorimeter (Germany). We have checked the fluorescence throughout the entire photoperiod at different daylight intensities. This method makes it possible to appreciate the indicators of the daily dynamics of the flag leaf photosynthetic activity for plants at different grain formation and ripening stages. This method ensures the determination of photosynthetic activity without damaging the leaves. Thanks to this, we can measure the photosynthetic activity of the flag leaf of the same selected plants at different stages of grain formation and maturation in the ear. The obtained data is shown in Figure 1. The figure shows that with increasing illumination in the morning, the values of the Yield indicator consistently fell from the maximum level detected at 8 a.m., $\text{PAR } 860 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, until reaching PAR values $1100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, at noon. Then, as the PAR level increased to $1400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, at 13:00, the Yield values dropped sharply to 100 and below, remaining at a low level until 15:00, after which the Yield value increased with a drop in the PAR level below $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. It is important to note that as the grain matured in the ear, the maximum value of the Yield index consistently decreased from 0.420, for the flag leaf in the heading initiation phase, to 210, for the flag leaf of plants that were in the milky-wax ripeness phase. In the evening, regardless of the wheat variety, with a decrease in PAR levels, the yield increased as the leaf aged slowed down. As noted above, the flag leaf aging and grain ripening in the ear were accompanied by a gradual decrease in Yield values determined at 8 a.m.

Table 1. The values of the flag leaf morphological parameters of the wheat plant varieties Moldova 5, Missia, and Kuyalnik cultivated in 2015 -2018

Varieties	2015 – 2016			2016 – 2017			2017 – 2018		
	Leaf area, cm ²	Leaf length, cm	Leaf width, cm	Leaf area, cm ²	Leaf length, cm	Leaf width, cm	Leaf area, cm ²	Leaf length, cm	Leaf width, cm
<i>Control</i>									
Moldova 5	18,9*	21,8*	<i>1,14*</i>	20,2*	28,3*	<i>1,18*</i>	<i>21,8*</i>	29,0*	1,21*
Missia	15,8*	18,4	1,16*	19,3*	23,3*	1,27*	19,5*	24,3*	1,15*
Kuyalnik	14,7*	17,2*	1,12*	18,9*	20,0*	1,14*	<i>19,1*</i>	20,5*	<i>1,17*</i>
MSD (0,05)	1,82	0,64	0,017	0,38	1,26	0,02	1,14	0,98	0,032
<i>Experiment</i>									
Moldova 5	20,1*	22,8*	1,20*	22,4*	29,9*	<i>1,31*</i>	22,9*	30,5*	1,29*
Missia	<i>16,8*</i>	<i>19,3*</i>	1,22*	20,9	25,5*	1,37*	21,3*	27,4*	<i>1,25*</i>
Kuyalnik	<i>15,4*</i>	<i>18,8*</i>	1,16*	19,6*	20,8	<i>1,29*</i>	19,7*	21,1*	<i>1,26*</i>
MSD (0,05)	1,21	0,51	0,012	0,32	1,32	0,031	1,02	1,12	0,028

Notes: 1. - * marked reliable at the 95% level differences between options; 2. –if the differences are not reliable at the 95% level, the options with an asterisk are written in *Italic font*.

As the grain ripened, regardless of the wheat variety, the difference between the maximum *Yield* value of the flag leaf achieved at 7:00 p.m. and that which was detected at 8:00 in the morning consistently changed from positive, in the flowering and grain growth phases, to negative, in the dairy and milky - waxy ripeness phase. These data indicate that the dynamics of photochemical restoration of inhibited centers decrease faster than the dynamics of their inhibition in the morning as the flag leaf ages, as a result, the difference between the *Yield* level of the flag leaf at 7:00 p.m. and 8:00 in the morning gradually changed from positive to negative values as the grain ripened.

Quantitatively, in the studied wheat varieties, the daily dynamics of changes in *Yield* values as the grain ripened in the ear differed significantly. In the morning, the fall in the *Yield* indicator of the flag leaf of plants of the Moldova 5 variety, which were in the flowering phase, passed faster, and, in the evening, it recovered more slowly than in the flag leaf of the other two wheat varieties. These differences persisted after 12 hours only in plants that were in the phase of grain growth and milk ripeness. They practically disappeared in plants that entered the stage of milky-wax ripeness. In general, the data presented in Figure 1 indicate that in the morning, with increasing illumination, in plants of the Moldova 5 variety, the inhibition of photosynthetic activity of the flag leaf was more intense compared to that which was characteristic of the flag leaf of plants of the Missia and Kuyalnik. In the afternoon, as PAR values decreased, the following trend was revealed in the *Yield* dynamics: the rate and level of restoration of photosynthetic activity of the flag leaf decreased as the grain ripened in the ear.

It should be noted that the dynamics of changes in the *Yield* level of the flag leaf of plants of the Missia and Kuyalnik varieties were similar. In plants of the Missia variety, there was a tendency to exceed the levels of this indicator compared to that characteristic for plants of the Kuyalnik variety in all phases of grain ripening. It is important to note that the level of *Yield* values detected at 8 a.m. at the flag leaf in the studied wheat varieties, which were at different phases of grain ripening, was practically the same. The mentioned indicates that during the night, the efficiency of restoring inhibition of photosynthetic centers in the studied wheat varieties was the same. It is important to note that the *Yield* values of the plant's flag, being in the phases of flowering, grain growth, milky ripeness, and milky-wax ripeness, gradually decreased, reaching 430, 350, 310, and 210, respectively. These decreases in the *Yield* values were due to the consistent aging of the flag, leaf, and the whole plant.

Comparing the data shown in Figures 1A and 1B, it is easy to notice that in plants obtained from seeds treated with BS *Reglalg*, regardless of the variety and phase of grain ripening, the daily dynamics of the intensity of photosynthesis in the flag leaf during the day has the same patterns as those described above for the control option. It should be noted, however, that under the influence of BS *Reglalg* during the day, all three varieties exhibit a clear tendency to increase the *Yield* values of flag leaf photosynthesis. This implies a higher expected total biomass accumulated in the experimental plants.

The above-mentioned specific changes in the *Yield* indicator during aging of the flag leaf were also observed in plants obtained from seeds treated before sowing with a solution of BS *Reglalg*, figure 1B. At the same time, we have to note that for all phases of seed ripening in the ear, throughout the daylight hours, the *Yield* values of the flag leaf of the experimental plants tended to be higher than those that were characteristic of the flag leaf of the control plants. Thus, the expected ear biomass accumulation in plants obtained from seeds treated with BS *Reglalg* is also higher. When assessing the biological characteristics of wheat varieties, it should be borne in mind that plant productivity may depend not only on the rate of the flag leaf aging but also on the duration of the phases of grain formation and ripening in the ear.

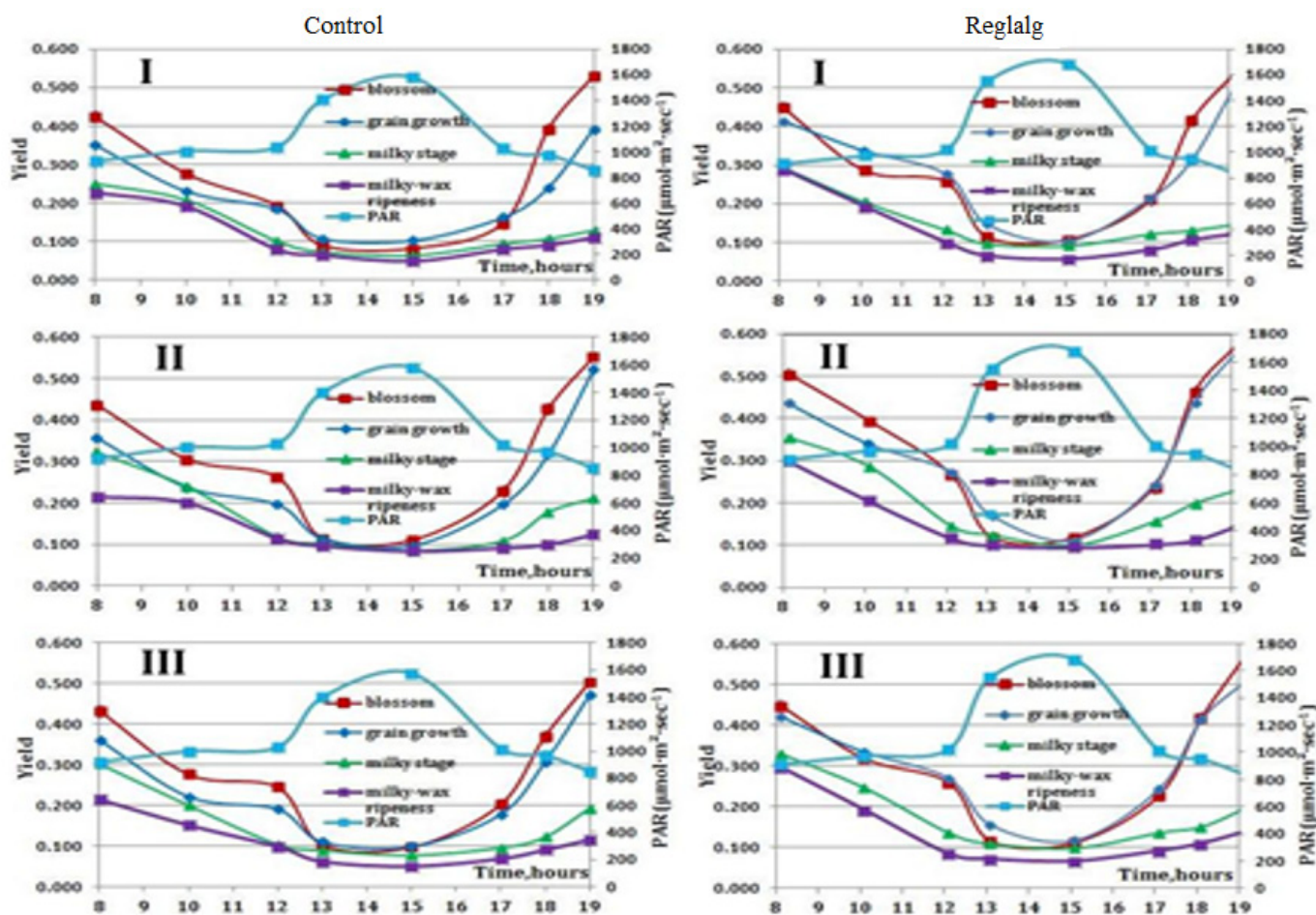


Figure 1. The activity of PS - 2 of the flag leaf of winter wheat varieties I - Moldova 5 , II - Missia, III - Kuyalnik. A - control variants , B - experimental variants at various phases of seed maturation

According to our data, the length of the flowering, grain growth, and milky and milky-wax ripeness phases in plants of the Missia and Kuyalnik varieties cultivated in 2018 were the same and equal to 7, 12, 8, and 6 days, respectively. For the Moldova 5 variety, they were 6, 10, 6, and 4 days, respectively. These data indicate that in plants of the Moldova 5 variety, compared with the plants of the Missia and Kuyalnik varieties, a more rapid aging of the flag leaf was observed, accompanied by the acceleration of the grain formation and ripening in the ear phases. In plants of Moldova 5 variety, the total duration of these phases was 26 days, and in the other two varieties - 33 days. Thus, if we take into account that in these varieties, a

degree of tillering of wheat plants obtained after sowing 5.5 million seeds per hectare was almost the same (it was equal to 1.15) and we assume that the photosynthetic activity of the flag leaf is essential for the formation of plant-yield wheat, then the expected yield of the Missia and Kuyalnik varieties may exceed the plants of the Moldova 5 variety. Accordingly, in plants of experimental variants obtained from seeds treated with BS *Reglalg* solution, compared with plants of the control variant, at all phases of grain ripening in the spikelet, not only more high intensity of photosynthesis but also an extension of the period of ripening of ears by 2 - 5 days, depending on the variety and year conditions.

When assessing the biological characteristics of wheat varieties, it should be borne in mind that plant productivity may depend not only on the aging of the flag leaf rate but also on the duration of the grain formation and ripening in the ear phases. According to our data, the length of the flowering, grain growth, and milky and milky-wax ripeness phases in plants of the Missia and Kuyalnik varieties cultivated in 2018 were identical and equaled 7, 12, 8, and 6 days respectively, while in the Moldova 5 variety, they were equal to 6, 10, 6 and 4 days, respectively. These data indicate that compared with plants of the Missia and Kuyalnik varieties, in plants of the Moldova 5 variety, more rapid flag leaf aging, more rapid passage of the grain formation and ripening phases in the ear were observed. The total duration of these phases in the Moldova 5 variety plants was 26 days, and in the other two varieties - 33 days. Thus, if we take into account that in these varieties' the degree of tillering of wheat plants obtained after sowing 5.5 million seeds per hectare was almost the same (it was equal to 1.15) and we assume that the photosynthetic activity of the flag leaf plays a significant role in the formation of plant yield wheat, then the expected yield of the Missia and Kuyalnik varieties may exceed the plants of the Moldova 5 variety. Accordingly, in plants of experimental variants obtained from seeds treated with BS *Reglalg* solution, compared with plants of the control variant, at all phases of grain ripening in the spikelet, not only more high intensity of photosynthesis but also an extension of the period of ripening of ears by 2 - 5 days, depending on the variety and year conditions.

Data on the integral content of chlorophyll in the experimental and control plants of wheat variety Moldova 5 and Missia, shown in Figure 2, indirectly confirm the above patterns. From the analysis of the data included in this figure, it follows that during this period, the plants of the Missia variety were characterized by a higher vegetation period and a higher chlorophyll content in the leaves compared to those of the Moldova 5 variety. Regardless of the het variety specificity, the treatment of seeds with a solution of BS *Reglalg* led to higher chlorophyll content in the leaves during the entire growing season of the plants obtained from them. This indicates a positive effect of the biostimulant on the viability of both varieties of wheat plants.

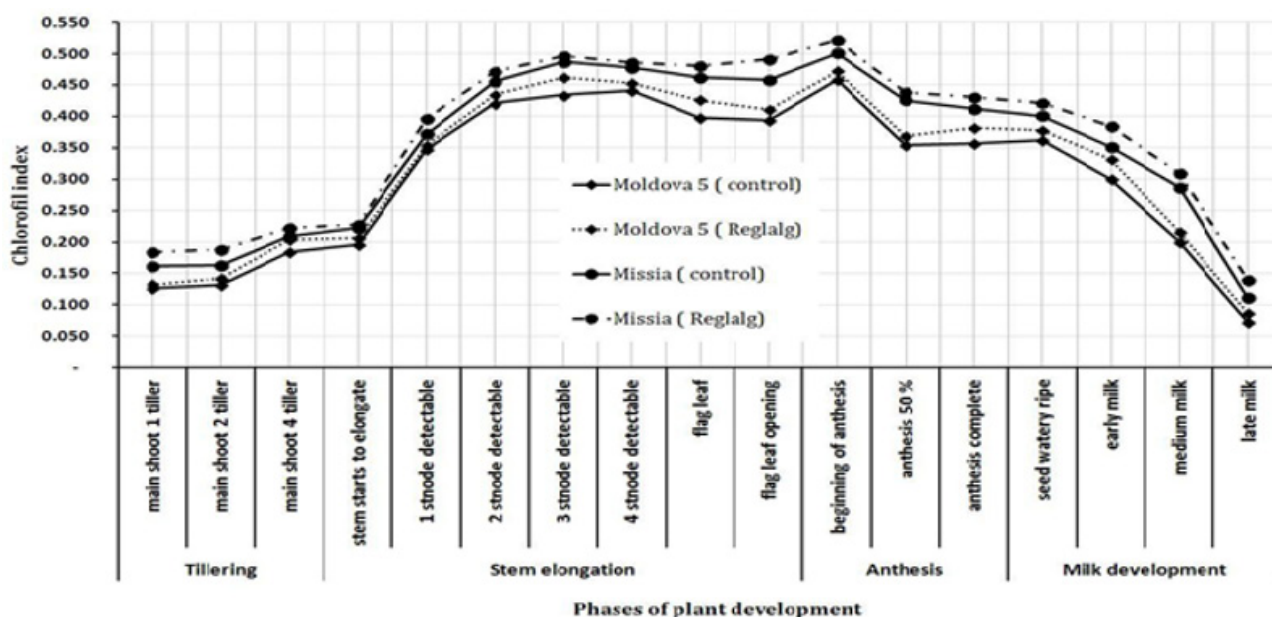


Figure 2. Dynamics of the chlorophyll index of plants of hexaploid wheat varieties Moldova 5 and Missia during the growing season, grown in 2018

Data on the structure and yield level of the wheat varieties Moldova 5, Missia, and Kuyalnik are shown in Table 2. They indicate that the variety Moldova 5, despite the large size of the flag leaf, has all productivity indicators, including estimated productivity per one hectare, showed a general tendency to be lower compared to the corresponding parameters in plants of the Missia and Kuyalnik varieties. The attention is drawn to the fact that in different years of cultivation, the number of plants per square meter for the Moldova 5 variety was lower than the corresponding value for the other two varieties, despite the same sowing density. It follows that seed germination, or plant survival of this variety was lower, regardless of the year of cultivation. Additionally, the productivity of plants of this variety was negatively affected by the comparatively lower number of grains produced in the central ear. Several factors harmed the productivity of the variety of Moldova 5 plants. Among these, we mention the relatively short period of vegetative growth, the low chlorophyll content in leaves, Figure 2, as well as the low values of PS II efficiency throughout the day, Figure 2. Overall, the specificity of the development of the ontogenesis of the plants of the Moldova 5 variety led to the relative reduction of the beneficial effects of treating the seeds before sowing with BS *Reglalg*. The yield of the plants of this variety, estimated per hectare, was 40-100 kilograms lower compared with plants of the Missia and Kuyalnik varieties.

The data presented in Table 2 indicate that the treatment of seeds of the studied wheat varieties with BS *Reglalg* solution, as a rule, led to a decrease in the number of ears per square meter. Despite this, due to the increase in the number of plants with large ears, the average number of grains per ear, and the weight of 1000 grains, the estimated grain yield per hectare for the experimental plant variants was always significantly higher compared to that which was typical for the control variants. Depending on the variety and year of cultivation, seed treatment before sowing led to an increase in the estimated wheat grain yield from 40 to 510 kilograms per hectare.

The data presented in Table 2 differ from the results of studies by other authors [4, 39], who showed that with an increase in the width of the flag leaf of wheat plants, the size of the central spike, the total number of productive spikelets, the grain content and productivity of the spike increase, the height of plants and the number of unproductive spikelets decreases. In our new studies, we have shown that in the wheat varieties, the relative width of the flag leaf varies, and an increase in its value is not accompanied by a corresponding increase in the relative productivity of plants. For example, in 2018, the Moldova 5 variety plants had the largest flag leaf width (Table 1) and the lowest productivity (Table 2). The unpredictable and different direction of variation in the relative width of the flag leaf from year to year in different wheat genotypes gives reason to believe that its width cannot serve as a reliable indicator for the breeding of highly productive wheat varieties.

Table 2. Effect of treatment before sowing winter wheat seeds with water (control) or the biostimulant *Reglalg* diluted with water in a ratio of 1:200 (experiment) on parameters characterizing the yield structure of plants of the Moldova 5, Missia, and Kuyalnik varieties grown in 2015 - 2018

Parameters	2015 – 2016			2016 – 2017			2017 – 2018		
	Moldova 5	Missia	Kuyalnik	Moldova 5	Missia	Kuyalnik	Moldova 5	Missia	Kuyalnik
<i>Control</i>									
Harvest, t/ha	3,76	3,82	3,80	3,93	3,99	3,96	4,20	4,30	4,25
Number of ears per m ²	585	535	531	554	528	528	514	520	512
Ears length (>7 cm) per m ²	115	118	116	136	140	142	124	132	133
Ears length (<7 cm) per m ²	470	417	415	418	388	386	390	388	379
Grains per ear with length (>7 cm)	25,4	28,6	28,8	26,1	28,4	27,9	29,3	29,9	30,1
Grains per ear with length (<7 cm)	18,2	18,6	18,7	19	18,9	18,8	19,7	19,5	19,6
Weight of 1000 grains, g	32,2	34,4	34,2	34,2	35,3	35,6	36,7	37,4	37,2

<i>Experiment</i>									
Harvest, t/ha	3,81*	3,93*	3,92*	4,35*	4,48*	4,39*	4,73*	4,80*	4,76*
MSD (0,05) between the harvest of experience and control	0,04	0,09	0,09	0,12	0,16	0,15	0,21	0,22	0,26
Number of ears per m ²	534	522	488	569	564	579	481	520	534
Ears length (>7 cm) per m ²	121	124	122	144	144	143	172	184	186
Ears length (>7 cm) per m ²	413	398	366	425	420	436	309	336	348
Grains per ear with length (>7 cm)	28,1	29,6	29,8	29,4	29,9	28,1	40,5	30,3	30,3
Grains per ear with length (<7 cm)	19,1	19,1	19,4	19,4	19,2	19,6	19,6	21,1	20,6
Weight of 1000 grains, g	1,16	1,24	1,22	1,24	1,26	1,25	1,26	1,29	1,26
Number of ears per m ²	33,8	34,9	34,7	34,9	36,2	35,2	36,3	38,1	37,2

Notes: - * marked reliable at the 95% level differences between options.

According to our data, the duration of the phases of flowering, grain growth, and milky and milky-wax ripeness in plants of the Missia and Kuyalnik varieties cultivated in 2018 was respectively equaled 7, 12, 8, and 6 days, while in the Moldova 5 variety, they were respectively equaled 6, 10, 6 and 4 days. These data indicate that in the plants of the Moldova 5 variety, compared to the plants of the Missia and Kuyalnik varieties, the faster aging of the flag leaf and the faster passage of the phases of formation and ripening of the grains in the ear are manifested. The total duration of these phases in the Moldova 5 plants was 26 days, and 33 days in the plants of the other two varieties. The importance of the length of these periods in determining the yield level is also evidenced by the fact that in plants obtained from seeds treated with BS *Reglalg* solution, an increase in the period of grain formation and ripening in the ear is accompanied by an increase in yield, Table 1, Figure 2.

The yield of wheat plants depends significantly on weather conditions during the period of heading and grain ripening. During this period in the ear processes determining the number of grains and the number of cells in the endosperm of the grain take place. The total dry matter content in grain depends on the number of cells in the endosperm and the level of accumulation of reserve substances in each cell [4]. Intensive formation of cells in the endosperm occurs during the flowering and grain growth phase. Then, the cells were filled with reserve substances in the milky and milky-waxy ripeness phases [35]. Thus, the yield of wheat plants depends on the process's characteristics of all four-grain formation phases. Our data confirm these conclusions. The total period from grain formation to its ripening for the Moldova 5 wheat variety was 26 days and for the Missia and Kuyalnik varieties - 33 days. As a result, the accounting grain yield per hectare for wheat plants of the Moldova 5 variety was 3.76 t for plants of the other two varieties – 3.8 t per hectare (Table 2). It should be taken into account that the differences regarding the yield of the Moldova 5 wheat variety compared with that of the Missia and Kuyalnik varieties may also depend on the specific dynamics of changes in the intensity of photosynthesis during the day. In wheat variety Moldova 5, the photosynthesis intensity in grain formation and ripening phases tended to be lower than in the other two wheat varieties, see Figure 2. It is also important to emphasize that the quantity and quality of the wheat harvest significantly depend on the specific processes taking place during all phases of grain formation and ripening in the ear. The influence of high temperatures and drought on endosperm cell formation and division has been studied less fully than their influence on the processes occurring in the phases of reserve substance accumulation and grain ripening [41]. It has been shown that under conditions of heat and drought, such processes as grain ripening in the ear, inhibition of starch biosynthesis, cell apoptosis in endosperm tissues, and achievement of physiological grain maturity are accelerated [42]. Under the influence of high temperatures during the grain-filling period, the expression of gluten biosynthesis genes accelerated in the wheat ear. As a result of these changes, an acceleration of grain ripening was observed, which led to a decrease in the period from the beginning of heading to the grains ripening in the ear [43]. These phenomena, probably, occur because drought and heat accelerate

the processes taking place in the embryo and endosperm, due to which grain ripening is accelerated. These data are confirmed by the results given in Table 2 and Figure 1. An increase in the period of formation and grain ripening in the ear, as well as an increase in the photosynthetic activity of the flag leaf during daylight hours in plants obtained from seeds treated before sowing with a solution of BS *Reglalg*, leads to a significant increase in yield wheat plants.

In light of the above results, we cannot exclude the possibility that the lower estimated productivity of plants of the Moldova 5 variety that we identified compared with that which is typical for the other two wheat varieties, Table 2, is associated not only with the lower potential productivity of the wheat variety. Plant productivity is influenced by environmental conditions, which in 2016 turned out to be more critical for the Moldova 5 variety than for the Missia and Kuyalnik varieties. Indirectly, these considerations are supported by the fact that in 2016, in plants obtained from seeds treated with BS *Reglalg*, the increase in yield of the studied varieties was the smallest (fluctuating between 40 and 120 kg per hectare), being minimal in plants of the Moldova 5 variety (40 kg per hectare). That is why the conclusion about the stability and productivity of wheat varieties can be made only after analyzing the results of cultivating the variety in different climatic zones [43].

Conclusions

1. Wheat plants, which have a higher daily activity of photosynthesis of the flag leaf during the passage of various phases of grain formation and ripening in the ear, tend to be characterized by a higher period of each phase passage, starting from the initiation of heading and ending with the grain ripening phase.
2. Based on the daily dynamic's specificity of PS2 activity in the flag leaf of plants, being in the same phase of grain development in the ear, we can distribute wheat genotypes according to their productivity under given environmental conditions.
3. Since the duration of the grain formation and ripening phases in a wheat ear varies depending on environmental conditions (mainly temperature and humidity), to correctly determine the potential productivity of a genotype, tests should be carried out in different climatic zones.
4. The beneficial effect of BS *Reglalg* on winter wheat plants mainly depends on increasing the viability of the plants and the efficiency of their adaptation to the action of extreme temperatures and drought, which ultimately ensures the increase of plant productivity.

Bibliography:

1. *World grain market: main producers and consumers*. RIA News information. Valery Titievsky 19.05.2016.
2. <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> [Accessed: 12.06.2024]
3. <http://stats.oecd.org/> [Accessed: 12.06.2024]
4. PLATOVSCHII, N. *The role of the flag leaf in the formation of the Yield of winter wheat (Triticum aestivum L.) plants*. In: *Acta Scientific Agriculture*. 2023. 7.12. p. 49-55. ISSN: 2581-365X,
5. IONOVA, E. V., GAZE, V. L., LIKHOVIDOVA, V. A. *Photosynthetic activity and dynamics of dry mass accumulation of winter soft wheat plants depending on growing conditions*. In: *Grain farming in Russia*. 2020. № 1(67). p. 23–27. ISSN 2079-8725 (Print), ISSN 2079-8733 (Online). DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-23-27
6. NEKRASOV, E. I., IONOVA, E. V. *Water-holding capacity of winter soft wheat varieties under different growing conditions*. In: *Tauride Bulletin of Agrarian Science*, 2020. №3(23). P. 122-129. ISSN 2542-0720. DOI 10.33952/2542-0720-2020-3-23-122-129
7. MORGUN, V. V., et. all *Analysis of relationships between the photosynthetic traits of flag leaf and the components of spike productivity in winter wheat varieties of different selection periods*. In: *Fiziological and Genetics Plants*. 2016. T. 48. № 4 p.356 – 365. ISSN 2308-7099 (in Rus)
8. YUSOV, V. S., YUSOVA, O. A., EVDOKIMOV, M. G. FRIESEN, YU. V. *Flag leaf as a factor of increasing productivity of spring durum wheat*. In: *Eurasian Union of Scientists (ESU)*. 2015. # 2(11), p. 76-79.
9. GROMOVA, S. N., KOSTYLEV, P. I. *The role of the flag leaf and awns in the formation of winter wheat productivity (review)*. In: *Grain farming in Russia*. 2018. № 4(58). p. 32-34. ISSN 2079-8725 (Print). ISSN 2079-8733 (Online) DOI 10.31367/2079-8725-2018-58-4-32-34 (in Rus).

10. BORILL, P., FAHY, B., SMITH, A. M., UAYA, C. *Wheat Grain Filling is Limited by Grain Filling Capacity Rather than the Duration of Flag leaf photosynthesis. In: A case study using NAM RNAi plants. PLoS ONE.* 2015. 10 (8). e0134947. DOI: 10.1371/journal.pone.0134947.
11. DUNCAN, W. G., HASKETH, J. D. *Net photosynthesis rates, relative leaf growth rates and leaf numbers of 22 cases of maize grown at eight temperatures. In: Crop Science.* 1968, No. 8, p. 670-674.
12. AGEEVA, E. V., LEONOVA, I. N., LIKHENKO, I. E. *Lodging in wheat: genetic and environmental factors and ways of overcoming. In: Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2020. Vol. 24(4). 356–362. ISSN 2500-3259 (Online) DOI: 10.18699/VJ20.628
13. SHESHEGOVA, T. K., VOLKOVA, L. V., SHCHEKLEINA, L. M. *Sources of complex resistance of spring soft wheat from the collection of the N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Industry (VIR). In: Vestnik of Voronezh State Agrarian University.* 2023. Vol. 16, no. 2(77). P. 49–58. ISSN 2071-2243. DOI: 53914/issn2071-2243_2023_2_49–58. (in Rus).
14. MITROFANOV, B. A. *The role of leaves, stems and ears of winter wheat in crop photosynthesis. Ways to increase the intensity and productivity of photosynthesis.* Kyiv: Naukova Dumka, 1969. pp. 220 (in Rus).
15. BLACKMON, G. E., WILSTON, G. L., BLACKMON, G. E. *Physiological and ecological studies in the analysis of plant environmental effect of light intensity on the net assimilation rate, leaf area ratio, and relative growth rate of different species. In: Ann. Bot.* 2020. Vol. 1. – No. 59. P. 29-38.
16. GAZE, V. L., IONOVA, E. V., LIKHOVIDOVA, V. A., SKRIPKA, O. V. *The role of the upper leaves in the formation of yield and elements of its structure of varieties and lines of intensive winter soft wheat. In: Grain farming in Russia.* 2020. № 3(69). p.16–20. ISSN 2079-8725 DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-16-20 (in Rus).
17. PLATOVSCII, N., ZDIORUK, N., RALEA, T. *Investigation of the protective properties of the reglalg growth bioregulator on Triticum aestivum L. In: Biotehnologii avansate – realizări și perspective Editia a VI-a,* 2022. Chișinău, Moldova, p. 114-116. DOI: 10.53040/abap6.2022.38
18. MNATSAKANYAN, A. A. *Productivity and biometric parameters of winter wheat depending on application of a silicon-based product. In: Soil Fertility,* 2020. № 4(115). p. 44-47. ISSN 9288-0349.
19. CHOJECKI, AJS., BAYLISS, MW., GALE, MD. *Cell production and DNA accumulation in the wheat endosperm, and their association with grain weight. In: Ann Bot,* 1986. V 58(6). p. 809-817.
20. LYFENKO, S. F. *Variety differences of winter wheat in terms of leaf area and their connection with elements of productivity. In: Reproductive process and yield of field crops: collection. Scientific Mon.* 1981. Odessa. p. 7-18. (in Rus).
21. MAIMISTOV, V. V. *Problems of breeding winter wheat for drought resistance. In: Breeding winter wheat: collection. Reports on scientific-practical. conf. "The scientific heritage of Academician I. G. Kalinenko."* 2001. Zernograd, p. 145-155. (in Rus).
22. JAKSOMSAK, P., et al. *Responses of grain zinc and nitrogen concentration to nitrogen fertilizer application in rice varieties with high-yielding low-grain zinc and low-yielding high grain zinc concentration. In: Plant and Soil,* 2017. № 411. p. 101–109.
23. VOROBIEV, V. A. *Leaf surface area and grain yield of spring wheat in the conditions of the Sverdlovsk region. In: Reports of the All-Union seminar "Physiological and biochemical processes that determine the size and quality of the harvest of wheat and other cereal grains."*, 1972. Kazan: Kazan University Publishing House. p. 28-29. (in Rus).
24. ZHU, X. G., LONG, S. P., ORT, D. R. *Improving photosynthetic efficiency for greater yield. In: Annu. Rev. Plant. Biol.,* 2010. Vol. 61. p. 235–261. eISSN: 1545-2123 DOI: 10.1146/annurev-arplant-042809-112206
25. LUKYANYUK, V. I. *Formation of winter wheat grain yield depending on the agricultural background and seeding rates. In: Dokl. Moscow Agricultural Academy, named after K. A. Timiryazev.* 1973. Vol. 192. p. 5-10. (in Rus).
26. DUPONT, FM, ALTENBACH, SB. *Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. In: J Cereal Sci.* 2003. 38(2). p. 133-146. DOI: 10.1016/S0733-5210(03)00030-4

27. CASPY, I, NELSON, N. *Structure of the plant photosystem*. In: *I. Biochem. Soc. Trans.* 2018. Apr 17; 46(2). p. 285-294. PMID: 29487228. DOI: 10.1042/BST20170299
28. BARNABÁS, B., JÄGER, K., FEHÉR, A. *The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals*. In: *Plant Cell Environ*, 2008. V 31(1).11-38. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2007.01727.x
29. DASCALIUC, A. *Accelerated Methods of Determining Wheat Genotypes Primary Resistance to Extreme Temperatures*. In: *Plant Stress Physiology - Perspectives in Agriculture, IntechOpen*, 2021. Chapter 4, P. 978. ISBN978-1-83969-866-8 (print). ISBN978-1-83969-867-5. ISBN978-1-83969-868-2 (eBook). ISSN2631-8261. DOI: 10.5772/intechopen.101341. <http://www.intechopen.com/books/plant-stress-physiology-perspectives-in-agriculture> (work)
30. STASIK, O. O., KIRIZIY, D. A, PRIADKINA, G. O. *Photosynthesis and crop productivity*. In: *Physiological and Genetics Plants*. 2016. T. 48. № 3. p. 232-251. ISSN 2308-7099.
31. FADEEVA, I. D., GAZIZOV, et. all. *Source material for breeding winter bread wheat in the north of the Middle Volga region*. In: *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020. 181(4), p. 71-82. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-71-82 (in Rus).
32. ADAMEN, F. F., DEMCHUK, A. V. *Photosynthetic activity of the barley of various biological groups depending on sowing terms and seeding rate*. In: *Agrarian science*. 2019. (1). 57-60. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-57-60
33. SAKSANOVA, N. A., ABDULLAEV, KH. A., KARIMOV, H. H. *Grain load and productivity of leaves of some varieties of wheat*. In: *Reports of the Academy of Sciences of the Republic Of Tajikistan*, 2013. vol. 56, № 9. p. 740-744 (in Rus).
34. GAVELIENE, V., et al. *Effect of biostimulants on cold resistance and productivity formation in winter rapeseed and winter wheat*. In: *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 2018. 57. p. 71-83.
35. PATSKO EV., et al. *The use of microscopic algae of eutrophic waters to maintain soil fertility and to increase the yielding capacity of farm crops*. In: *International Journal on Algae* 9. 2007. p. 126-138.
36. DASCALIUC, A. *Use of the biostimulator Reglalg 1 in agriculture (methodical Recommendations)*, 2023. Chisinau. pp. 42. ISBN: 978-9975-165-55-6.
37. *The Certification AA No.0448 for utilization of the biostimulator Reglalg in Moldova for seeds treatment was obtained at 12 February 2003 from The State Centre for Certification of Chemical and Biological Means of Plant Protection and Growth Regulators*.
38. JELEV, N., DASCALIUC, A. *The influence of the natural growth regulator Reglalg on the resistance of winter wheat plants (Triticum aestivum L.) to low extreme temperatures*. In: *Journal of Agrochemistry*. 2019. 6. p. 34-43. ISSN: 0002-1881. DOI: 10.1134/S0002188119040136 (IF: 0.621).
39. PLATOVSCHII, N. *Activity of photosystem II, resistance and productivity of wheat (Triticum aestivum L.) under thermal stress conditions / Doctoral thesis in biological sciences*, Chisinau. 2024. pp. 180.
40. KIRDEY, T. A. *Methodological instructions for educational practice in plant physiology and biochemistry*. Ivanovo 2018. p. 23.
41. CLEWER, A.G, SCARISBRICK, D. H. *Practical statistics and experimental design for plant crop science*. In: *Chichester, New York: John Wiley & Sons, LTD*. 2001. 332 pp. ISBN 0 474 89908 9 (PPC) ISBN 0 471 89909 7 (Pbk).
42. ALTENBACH, S. B., et. all. *Temperature, water, and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat*. In: *J. Cereal Sci*, 2003, V. 37(1). 9-20. DOI: 10.1006/jcrs.2002.0483
43. GOLEVA, G. G., et. all *Flag leaves' role in the formation of plant productivity of winter soft wheat (Triticum aestivum L.)*. In: *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2016. № 2 (49), p. 2 – 31 (in Rus).

Acknowledge: The research was conducted within the framework of the State Program Project 15.817.05.13A, “Determination of parameters characterizing the resistance of plants with different levels of organization to extreme temperatures to mitigate the effects of climate change,” and Subprogram 011101, “Genetic and biotechnological approaches to agroecosystem management under climate change conditions,” funded by the Ministry of Education and Research.

Data about the authors:

Nicolai PLATOVSCII, PhD, research science, The Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, Moldova State University.

ORCID: 0000-0001-6747-8226

E-mail: nicolai.platovschii@sti.usm.md

Alexandru DASCALIUC, dr. hab, prof. univ., research science, The Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, Moldova State University.

ORCID: 0000-0003-3210-6144

E-mail: alexandr.dascaliuc@sti.usm.md

Presented: 27.02.2025

CZU: 631.4:556.51(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_29](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_29)

RELAȚIONAREA PROCESELOR GEOMORFOLOGICE DE RISC LA UTILIZAREA TERENURILOR ÎN BAZINUL HIDROGRAFIC CUBOLTA (REPUBLICA MOLDOVA)

*Angela CANȚÎR, Ioana CHIRIAC,**Moldova State University, Institute of Ecology and Geography*

Scopul articolului este de a evidenția cele mai afectate categorii de utilizare din cadrul teritoriului și care sunt procesele cele mai răspândite în aceste categorii. Pentru a face calculele necesare și pentru a reprezenta grafic rezultatele așteptate, am efectuat studiul într-un bazin hidrografic din zona de nord a țării. Este bazinul raului Cubolta, afluent al Rautului. Cu ajutorul hărților tematice a fost reprezentată fiecare categorie de utilizare a terenului și au fost prezentate datele statistice despre fiecare categorie. Ținând cont de faptul că utilizarea terenurilor este unul dintre factorii importanți care sunt luați în considerare la investigarea degradării terenurilor prin riscul proceselor geomorfologice, s-a încercat să evidențieze relația dintre procesele geomorfologice și utilizarea terenului. Datorită utilității funcțiilor de calcul ale software-ului Arc GIS a fost posibilă reprezentarea grafică a relației dintre procesele evidențiate și categoriile de utilizare a terenului din teritoriul cercetat.

Cuvinte-cheie: alunecări de teren, ravene, eroziunea de suprafață, procese geomorfologice, utilizarea terenurilor, categorii de utilizare.

RELATING GEOMORPHOLOGICAL PROCESSES TO LAND USE IN CUBOLTA RIVER BASIN (REPUBLIC OF MOLDOVA)

The purpose of the article is to highlight the most affected categories of use within the territory and which are the most widespread processes in these categories. In order to make the necessary calculations and to graphically represent the expected results, we carried out the study in a hydrographic basin in the northern part of the country. It is the basin of the Cubolta river, a tributary of the Raut. With the help of thematic maps, each category of land use was represented and the statistical data about each category was presented. Taking into consideration the fact that land use is one of the important factors that are taken into account when investigating land degradation through geomorphological processes risk, an attempt was made to highlight the relationship between geomorphological processes and land use. Thanks to the usefulness of the calculation functions of the Arc GIS software, it was possible to represent the relationship between the highlighted processes and the categories of land use in the researched territory graphically.

Keywords: landslides, ravines, surface erosion, geomorphological processes, land use, landuse categories.

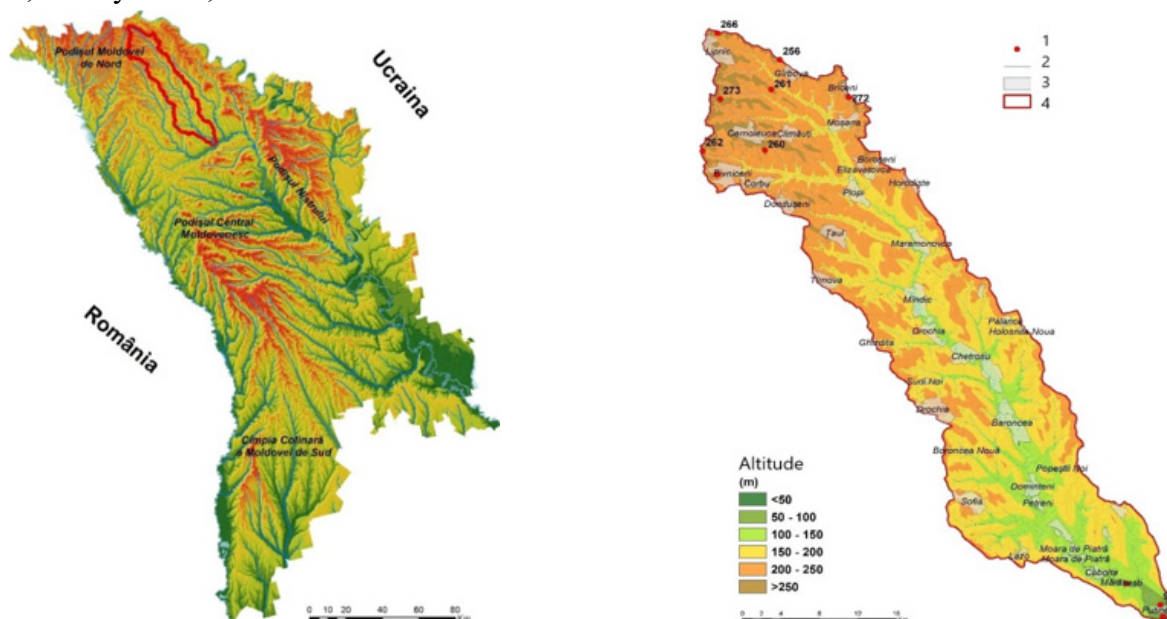
Introduction

Depending on habitat, use of natural resources and spatial organization, the activation of geomorphological processes is a criterion of geomorphological risk that can cause damage or loss (economic and social). However, the degree of risk differs depending on the morphological and morphometric features, territorial distribution and association with various natural and socio-economic components of the natural environment in our case the land use [1].

Landslides' negative consequences come in many varieties, from degradation of sloping lands occupied by natural meadows and / or shrubs to partial or sometimes complete destruction of settlements or infrastructure. For example, landslide-damaged road can cause closures, forcing vehicles to take alternate routes for weeks to months. The majority of rainfall-induced landslides are shallow (less than a few meters deep), small, and move rapidly. Many rainfall-induced landslides transform into debris flows (fast-moving slurries of water, soil, and rock) as they travel down steep slopes. In addition, landslides can have cascading consequences; for example, a landslide can form a debris dam that blocks a stream channel, forming a pond. The rising pond water can eventually breach the debris dam, which can lead to downstream flooding.

This article delves into the ten main types of land use, providing insights into each category's unique geomorphological processes and challenges.

Cubolta River flows in the northern part of the country (Figure 1) and belongs to one of the seven medium river basins. Right-hand asymmetry should be observed in the section: the length of the right and left slopes is on average 15 and 3 km in its northern part, respectively, in the middle part, 8 and 6 km, and in the lower part, 3 and 6 km [6]. The depth of the basin reaches 115 m, and its area is 943 km². There are eight small rivers with a length of 10 to 16 km in Cubolta River basin. Seven of them are right tributaries and only one (r. Popesti) is on the left side. In total, 184 different watercourses were identified within the study area, the total length of which is 542 km; the indicator of the density of the drainage network is 0.58 km/km². The river's flow is highly regulated. By the beginning of the 1980s, more than 220 ponds were built in the basin, mostly small, from 0.001 to 0.615 km².



230

The Cubolta River basin is framed in two geomorphological units: the Northern Moldavian Plateau and the Cubolta Plain. Thus, the geomorphological characteristic of the basin corresponds to the geomorphology of these two units [7].

The relief of the Cubolta River basin is characterized by altitudes between 85-280 m, with an average altitude of 221 m. The maximum values of the altitude are 280 m, and the minimum 85 m. The highest altitudes that exceed 250 meters are recorded in the upper part of the basin. Altitudes below 100 m are present even in the lower meadow of the Cubolta River basin. According to the hypsometric map, the altitudes are decreasing from the upper part of the basin to the lower part, without registering altitudinal anomalies.

Materials and Methods

One of the objectives of this study is to classify land use and land cover status and to identify land use categories in the study area using orthophoto plans with a resolution of 0.5 m (2016, 2021 edition). Most of the orthophoto plans available on the geoportal.md (website of Agency for Geodesy, Cartography and Cadaster of the Republic of Moldova, 2024) [8] are in the public domain. In addition, many work trips were organized for getting measures in the field using the GPS device to validate the data obtained from the decoding of the orthophoto plans (Figure 2).

Using GIS technologies, we had the opportunity to represent the thematic maps related to the current land use within the Cubolta River basin and perform statistical analysis with the help of the data from the attribute table of the created vector layer [9].

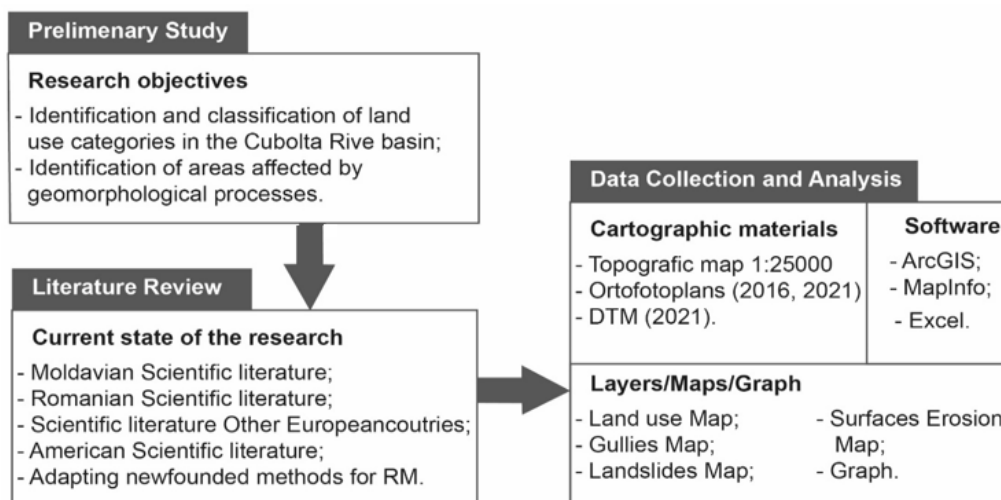


Figure 2. Research Methodology Phases

The graphical representation of the relationship between the geomorphological processes and the categories of land use was made with the help of Excel.

Results and discussions

According to land use criteria, all land use categories within the Cubolta River basin were divided into two groups: agricultural land and non-agricultural land. Agricultural land occupies the largest territory of the total study area, namely 81.96% (77291.12 ha), and non-agricultural land occupies 18.04% (17008.88 ha) (Table 1).

Table 1. Categories and subcategories of land use in Cubolta River basin (2016)

Categories and subcategories	Area (ha)	% from total area
Arable	60525,82	64,18
Multiannual plantings	3605,86	3,82
Pastures and hayfields	13159,45	13,95
TOTAL AGRICULTURAL LAND	77291,12	81,96

Forest	4130,94	4,38
Protection forest belts	1248,58	1,32
Marshes	111,41	0,12
Waterlands	963,11	1,02
Lands with buildings	9449,95	10,02
Localities	8483,54	9,00
Industrial constructions	966,41	1,02
Other	1104,88	1,17
TOTAL NON-AGRICULTURAL LAND	17008,88	18,04
TOTAL BASIN	94300	100

The arable land occupies more than half of the total territory. Vineyards and orchards – 64.18% (60525.82 ha) (Figure 3). The pastures and hayfields occupy 13.95% (13159.45 ha), being spread around the watercourses and on the slopes in immediate vicinity of them (Figure 4).



Figure 3. Arable land

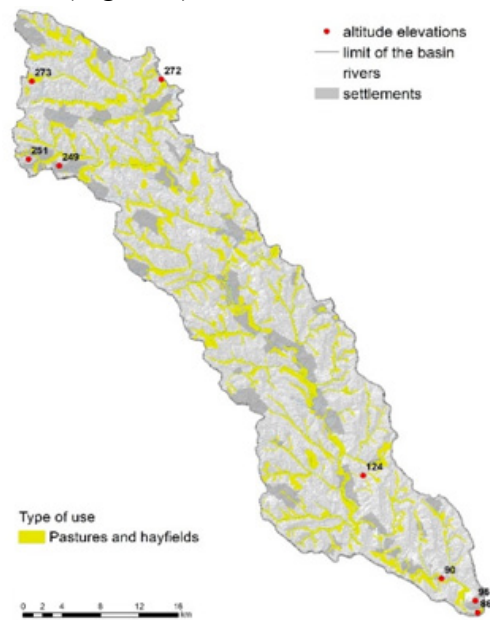


Figure 4. Pastures and hayfields

An important thing in the analysis of land damage by geomorphological processes is the fact that this subcategory of land use, practically always, is associated with landslides. Perennial plantations, especially vineyards, are spread mainly on the southeast oriented slopes on the upper course of the Cubolta River (Figure 5).

Vineyards and orchards occupy an area of 3605.86 ha, which represents a share of 3,82% of the total area of the basin. Good parts of them are in a deplorable condition for several reasons. Not less important reason is the range of terrestrial geomorphological processes.

The category of non-agricultural lands includes forest – 4130.94 ha (4.38%); protection forest belts – 1248.58 ha (1,32%) (Figure 6); water–963.11 ha (1.02%) (Figure 7); settlements – 9449.95 ha (10.02%) (Figure 8); of which industrial constructions occupy only 966.41 ha. It should be mentioned that the roads were not vectorized in polygon format. This is the reason why the data on the surfaces occupied by roads is not presented.

Most of the anthropogenic and natural deciduous forests (oak, ash, maple, acacia) are extended in the upper part of the Cubolta River basin and are practically absent in the lower course of the river. There are a lot of green forest plots on the map (Figure 6), but in most cases, they do not exceed an area of 1 ha.

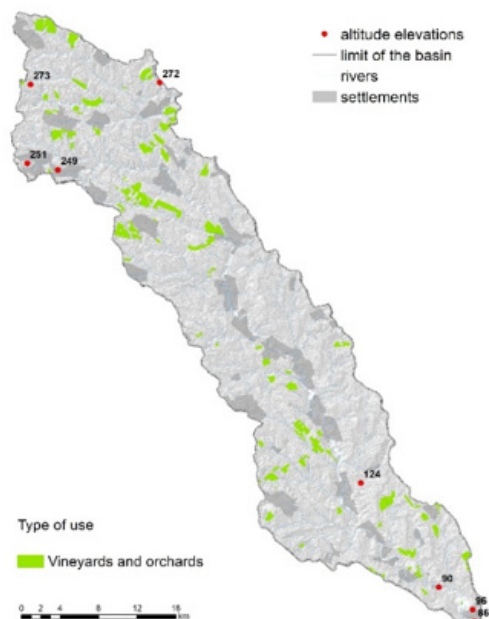


Figure 5. Vineyards and orchards

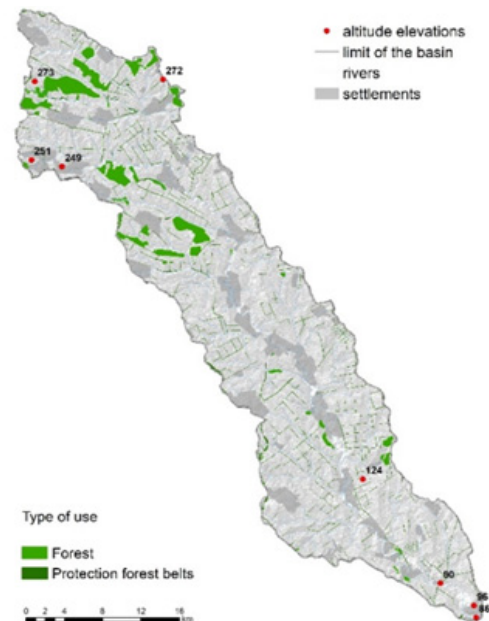


Figure 6. Forest and protection forest belts

Lands with buildings slightly exceed 10% of the total area of the basin. Of these, 1.02% are industrial constructions, mostly abandoned. Settlements represent the buildings and courtyards themselves, along with all infrastructure and gardens attached to the courtyards.

Water lands are represented by lakes, ponds and reservoirs, occupy the area of 963.11 ha (1.02% of the total study area) and are represented mostly in the middle part of basin. Near the villages Chetrosu and Gribova there are large lakes 18-85 meters long, 11-40 meters wide and 0.6-0.8 meters deep, with abundant vegetation of reeds. Downstream from the Maramonovca village, the Cubolta River crosses a series of ponds with a length of 1.2-2.8 km and a maximum width at dams of 60-300 m, depth - 1.5-5.0 m.

Marshes occupy a share of only 0.12% of the total area of the basin (Figure 7). Marshland with reed beds and sedges, sometimes shrubs are represented mostly in the middle and in the lowest part on Cubolta River basin.

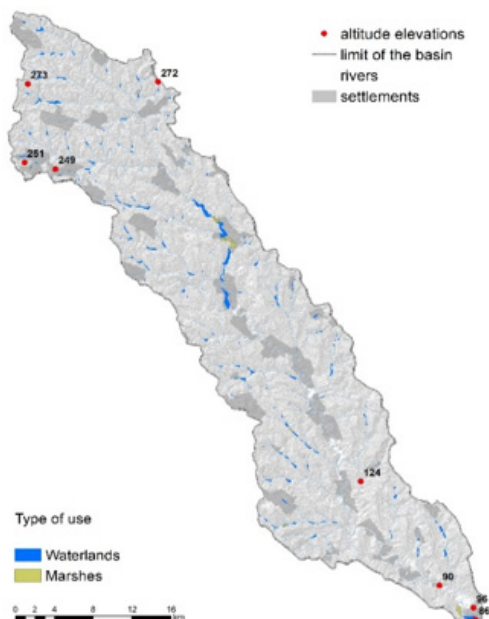


Figure 7. Water lands and marshes

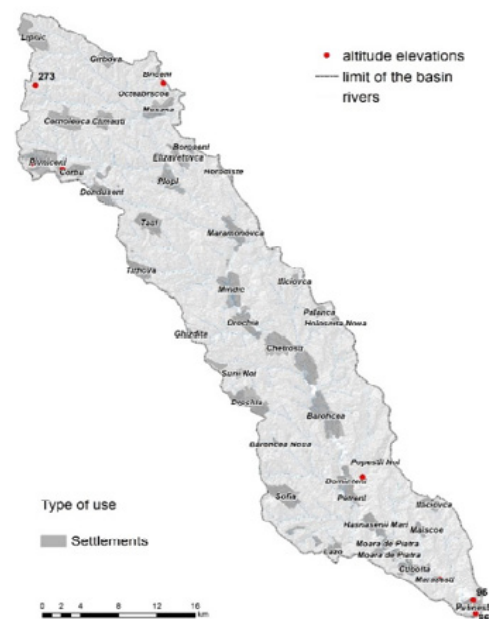


Figure 8. Settlements

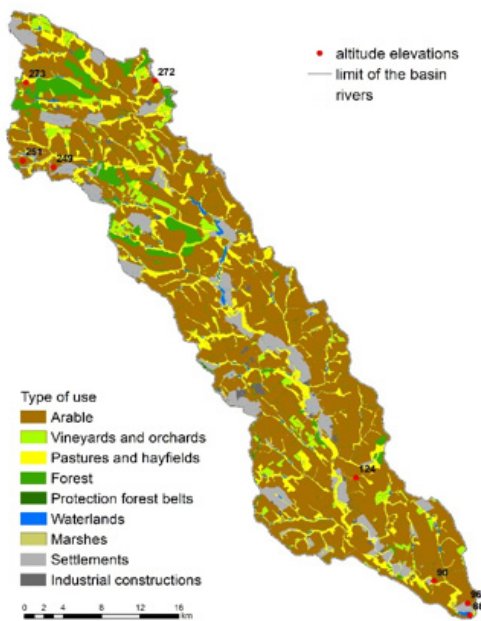


Figure 9. Land use map

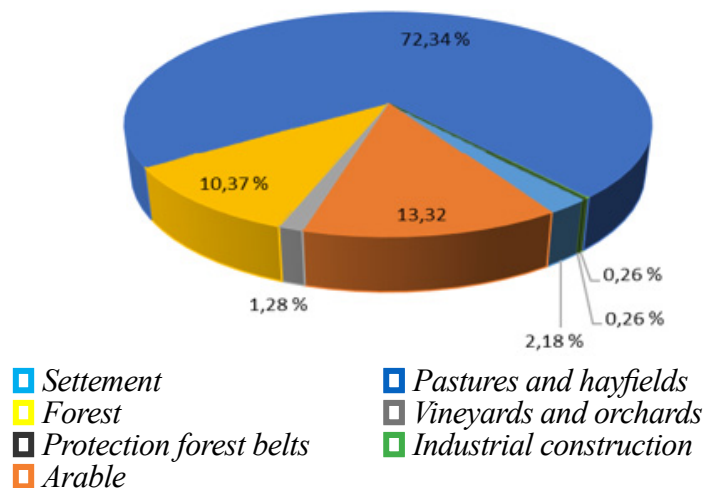


Figure 10. Share of landslides by land use category

Starting from the fact that throughout the territory of the basin, geomorphological processes are spread everywhere, an attempt was made to highlight the most affected categories of land use within the study area and which of them are the most widespread.

Landslides will be discussed at greater length in the next part of paper. [10]. Landslides are caused by rain, earthquakes, or other factors that make the slope unstable. According to the land use map (Figure 9), about 2/3 (64.18%) of the territory of the study area is occupied by arable land (Table 1), about 14% belong to the pastures and hayfields. Settlements and industrial constructions belong to 10.02% of the territory. With an area of 5.7% are represented forest and protective forest belts.

The following figures (Figure 10, Figure 11) show that a little over 70 % of the total landslides are recorded on pastures and hayfields. The area covered by forests (10.37%) and arable land (13.32%) are presented with an approximately equal weight. The system assigned around 4% of the total landslides to the other categories of land use. There, the assignment of the areas affected by landslides was carried out according to the occupational criterion of each category of land use, namely the area corresponding to each field.

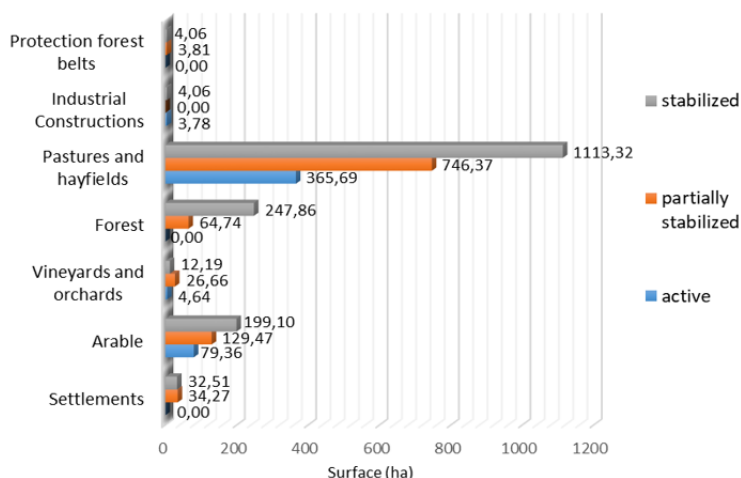


Figure 11. Surfaces affected by landslides by land use categories

A more relevant result regarding which areas of land use are most affected by the landslide process will give us the calculation of the ratio between the areas of the Cubolta River basin by categories of use (Figure 11).

If we view the map in “chart” mode, we see that pastures and hayfields remain the most affected even though they occupy an area of no more than 14%. According to the calculated percentage ratio (Figure 12), about 16.88% ($\approx 1/5$) of the total area of this use category is affected by landslides.

The next category of land use according to the ratio is presented by forests with 7.71% (about 1/10) of the total area being affected by landslides (this process did not develop in

forests itself, but there are areas, which probably passed from another category of use presenting a severe degradation process).

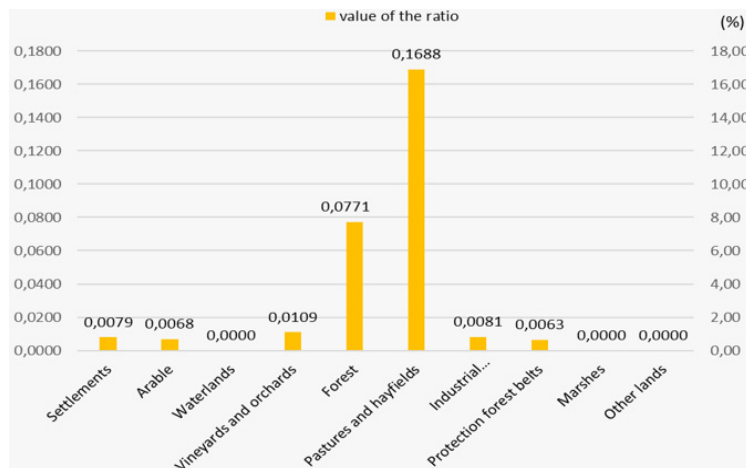


Figure 12. Correlation between land use and landslides

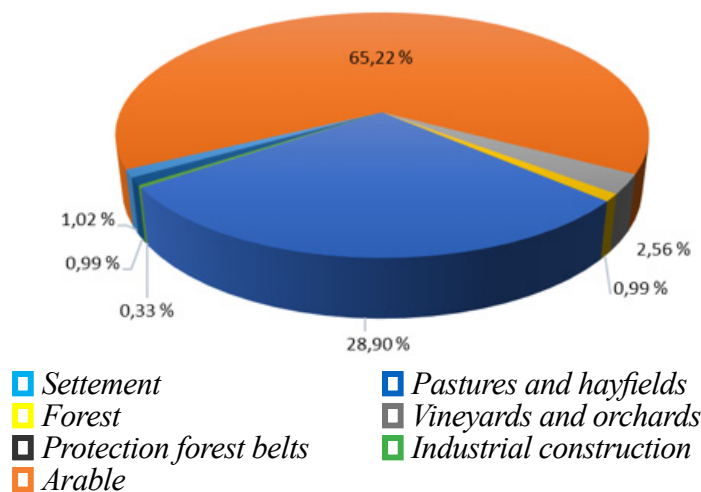


Figure 13. Share of the erosion process by land use category

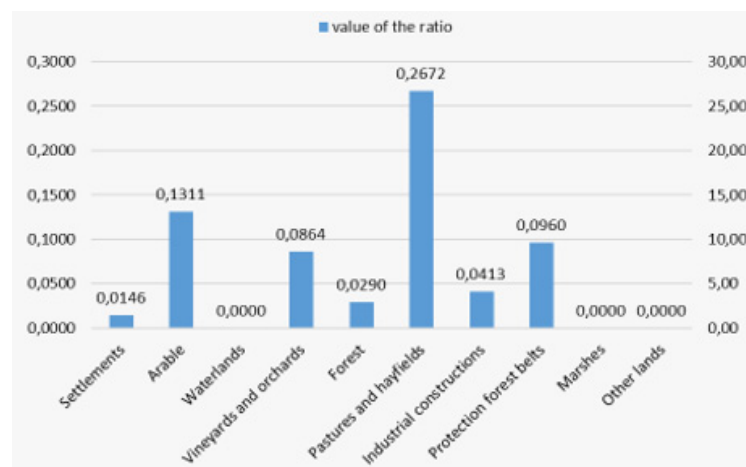


Figure 14. Correlation between land use and surface erosion

Taking into account the ratio between the surface of the gullies and the surface of the study area by categories of land use (Figure 17), the most affected by this process are pastures and hayfields (0.0404), followed by arable land (0.0050), forests (0, 0041), and vineyards and orchards (0.0023).

Arable land presents a percentage ratio of only 0.68% of the area, although according to the first criterion, about 13% (Figure 10) of the total landslides is located on this type of land use. Vineyards and orchards represent a ratio of 0.0109, which means that about 1.09% of this land use category is affected by landslides. The other categories of land use show a low ratio and do not reach even 1% of land affected by landslides.

The second geomorphological process considered is *surface erosion*. According to Figure 13, over 65% of the eroded surfaces belong to arable land, 28.90% of the erosion process is located on pastures and hayfields. With a weight of 2.56% are characterized vineyards and orchards, followed by settlements with 1.02% of the total eroded surfaces.

The system assigned 0.99% to forests and forest protection belts. These are probably the boundaries with arable land or other deforested plots that are affected by surface erosion.

According to the ratio between surface erosion process [11] and the surface of the basin by categories of land use (Figure 14), it follows that the highest ratio belongs to pastures and hayfields (0.2672), although about 65% of the total surfaces affected by surface erosion return to the arable land. This fact indicates that 26.72% of pastures and hayfields are affected by surface erosion. The next value belongs to arable land with a ratio of (0.1311), which indicates that about 13% of arable land is affected by this process. Forest protection belts, vineyards, orchards follow with (0.0960), and (0.0864) respectively, followed by industrial constructions (0.0413), settlements (0.0146) and forests (0.0290).

For the *gullies*, the current situation is relatively reassuring [12, 13]. According to Figure 15 and Figure 16, most gullies (61.65%) are located on pastures and hayfields, arable land is affected by 35.44% of the total gullies, and about 3% are located on vineyards, orchards, and forests.

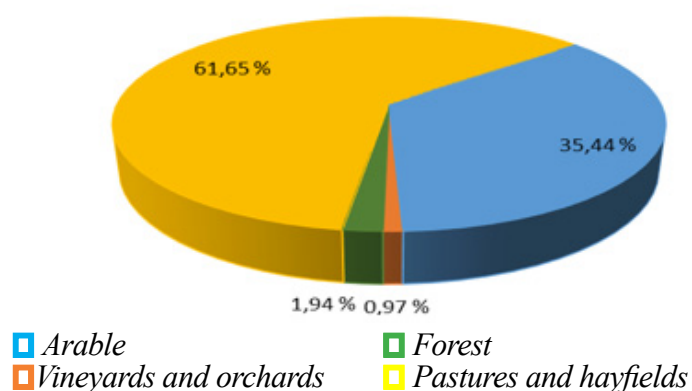


Figure 15. The share of ravines by land use category

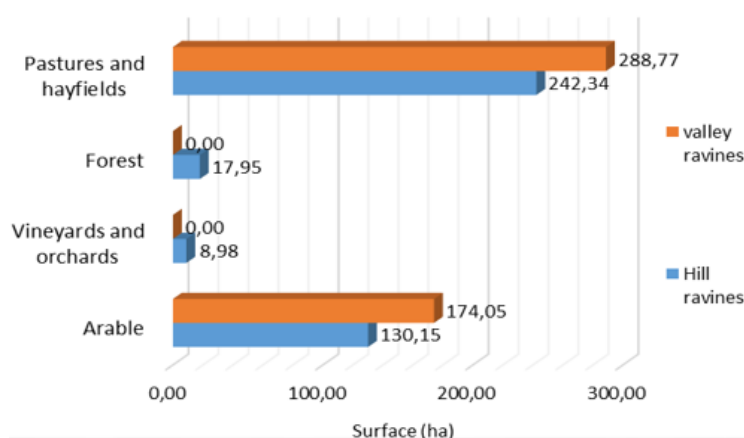


Figure 16. Surfaces affected by ravines by land use category

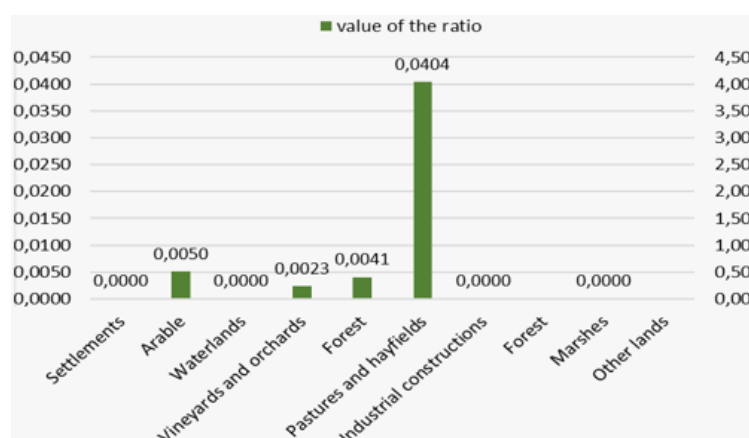


Figure 17. Correlation between land use and ravines

to geomorphological processes. As measures to combat erosion processes, pastures and hayfields can be transferred to another category of land use or to carry out some recreational practices. Most affected by the surface erosion process is arable land. One thing no less important is that this type of land use is also affected by gullies.

Bibliography:

1. NEACȘU, L. *Bazinul Pereschivului (Colinele Tutovei). Studiu de geomorfologie și pedogeografie cu privire specială asupra utilizării terenurilor*. Ed. Univ. «Al. I. Cuza», Iași, 2009. p. 241.

Why the situation with the surfaces affected by gullies is more reassuring?

Because following the percentage ratio we realize that the lowest values reach the surfaces affected by the gully process.

Conclusions

Considering the geomorphologic conditions of the study area, we selected three geomorphological processes, including the landslides, surface erosion and ravines, to study their impacts on land use/cover diversity and pattern. The research results show that geomorphology not only affects the spatial distribution of the land use/cover pattern but also affects the scope and intensity of human activities.

In conclusion, we mention that agricultural lands occupy 81.96% of the total surface of the surveyed territory, of which about 80% are arable lands, which is above the general average for the Republic of Moldova. The distribution of forest in study area reaches approximately half of the norm established for the Republic of Moldova, which is quite worrying.

The water lands and marshes occupy the lowest areas. In the case of marshes the situation is reassuring. In the case of the water lands, which occupies a little over 1% of the Cubolta River basin's surface, it is far below the average for the Republic of Moldova and it is really not good thing from a lot of points of view (social, economic).

Through the data analysis for every land use category, it was concluded that the pastures and hayfields in the study area are most often associated with the landslide process. This proves that these territories have a relatively low resistance

2. BOJOAGĂ, I. *Land degradation processes in the catchment of Stemnic river (Buda)*. *Lucrările Seminarului Geografic Dimitrie Cantemir*, 2016, Volume 42, pp. 39-48. <http://dx.doi.org/10.15551/lsgdc.v42i0.04>
3. *Cadastrul funciar al Republicii Moldova*, 2020
4. BUNDUC, T., CANȚÎR, A. *Current land use in the Larga catchment of Tigheci hills, Republic of Moldova, X Mejdunarodnaia nauchno-practicescaia conferenția “Sovremennîe conșepții nauchinîh isledovanii”*, Ed. Moscova (Lujnețcaia naberejnaia), 2015. Volume 4, pp. 151-154.
5. CANȚÎR, A. *Current land use in the Lower Bic Plane, Republic of Moldova. Present Environment and Sustainable Development*, Ed. Univ. “Al.I.Cuza”, Iași, 2018, Volume 12, No. 2. pp. 5-12. <https://doi.org/10.2478/pesd-2018-0026>
6. DUMITRIU, D., ICHIM, I., RĂDOANE, M. *Geomorfologie*. Volume 2, Editura Univ. Suceava, Suceava, 2001. 394 p
7. CANȚÎR, A., et.all. *Evaluarea proceselor geomorfologice din cadrul bazinului hidrografic Cubolta*. *Buletinul Academiei de Științe. Științele vieții (Ecologie și Geografie)* Volume 1 (345), 2022. pp. 102-108. <https://doi.org/10.52388/1857-064X.2022.1.13>
8. *Geoportalul Republicii Moldova*. https://geoportal.md/en/default/map#lat=274435.664356&lon=197770.929706&zoom=0&layers=_base18,_base19 (accessed on 11/07/2024).
9. LOGHIN, V., PĂUNESCU, E. *Tipizarea, clasificarea și caracterizarea alunecărilor de teren din Subcarpații dintre Dîmbovița și Prahova în vederea alcătuirii unei baze de date*. *Analele Universității din București, Geografie*. București, 2002, pp. 101-109.
10. CANȚÎR, A., ȘÎRODOEV, GH. *Features of the distribution and typification of landslides in the basin of the river Cubolta, Republic of Moldova*. *Culegere de articole dedicată Conferinței Științifice Naționale cu participare internațională «Știința în nordul Republicii Moldova: realizări, probleme, perspective» (ediția a VI-a)*, Bălți, 2022. pp. 315-319. ISBN 978-9975-3465-5-9.
11. NEACȘU, L., STOIAN, L. *Pedogenetical processes characteristic to the Pereschiv catchment - Tutova Rolling Hills*. *Lucrările Seminarului Geografic Dimitrie Cantemir*, Volume 31, 2011. pp. 1-13.
12. BUNDUC, T., CANȚÎR, A. *Assessment of the geomorphological processes in the lower Bic Plane, Republic of Moldova*. *Lucrările Seminarului Geografic Dimitrie Cantemir*, Volume 45, pp.45-54. Iași, 2017. <http://dx.doi.org/10.15551/lsgdc.v45i0.04>
13. CANȚÎR, A. *The Landslides within the Lower Bic Plain (Republic of Moldova): Typology and Spatial Distribution*. *Lucrările Seminarului Geografic Dimitrie Cantemir*, Volume 48, 2020. pp 59-67. <http://dx.doi.org/10.15551/lsgdc.v48i1.03>

Acknowledgments: *This article was developed in the framework of the project 20.80009.7007.08 “Spatio-temporal modelling of abiotic environmental factors for estimating the ecological stability of landscapes”.*

Data about the authors:

Angela CANȚÎR, cercetător științific, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-7014-3486

E-mail: angelamadan87@gmail.com

Ioana CHIRIAC, cercetător științific, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-4684-0243

E-mail: ioanna.chiriac@gmail.com

Presented: 25.02.2025

BIOMORPHOLOGICAL FEATURES OF THE SPECIES *CARTHAMUS TINCTORIUS* L. – A PLANT WITH MULTIPLE UTILITIES

Maricica COLȚUN, Alina BOGDAN,

Moldova State University

This article focuses on the study of biomorphological features of *Carthamus tinctorius* L. under the conditions of the Republic of Moldova. Safflower, plant with multiple uses, is a valuable source of flowers, seeds and oil with phytotherapeutic benefits. It is known worldwide as a medicinal plant with strong sedative properties and high therapeutic potential. The conducted research includes the botanical description of the species, the evaluation of ontogenetic and ecological peculiarities, the establishment of development phases, the identification of optimal propagation methods, the reaction of plants to frost and drought and some aspects of cultivation. Safflower goes through a full development cycle, forming edible fruits and viable seeds. The research conducted brought reliable evidence in favor of the introduction of safflower under the pedoclimatic conditions of Moldova, as a promising oilseed, medicinal, honey, ornamental and food plant to enrich the assortment of useful plants, resistant to arid conditions.

Keywords: safflower, oil, introduction, herbal medicine, cultivation, usage.

PARTICULARITĂȚILE BIOMORFOLOGICE ALE SPECIEI *CARTHAMUS TINCTORIUS* L. – PLANTĂ CU UTILIZĂRI MULTIPLE

Prezenta lucrare se referă la studiul particularităților biomorfologice ale speciei *Carthamus tinctorius* L. în condițiile R. Moldova. Șofrănelul, planta utilizare multiplă, reprezintă o sursă valoroasă de flori, semințe și ulei cu beneficii fitoterapeutice. Pe plan mondial, fiind una din plantele medicinale cu însușiri sedative promițătoare și cu un potențial terapeutic înalt. Investigațiile efectuate cuprind, descrierea botanică, evaluarea particularităților ontogenetice și ecologice, stabilirea fazelor de dezvoltare, evidențierea metodelor de propagare, reacția plantelor la înghețuri și secetă, unele aspecte de cultivare. Șofrănelul parcurge întreg ciclu de dezvoltare, dezvoltând fructe comestibile și semințe viabile. Cercetările efectuate permit argumentarea introducerii speciei în condițiile pedoclimatice ale R. Moldova, ca plantă oleaginoasă, medicinală de perspectivă pentru sortimentul de plante utile, rezistente la condiții aride.

Cuvinte-cheie: șofrănel, ulei, introducere, medicină naturistă, cultivare, valorificare.

Introduction

Nowadays, plants are one of the most important sources of raw material used in various fields of alternative medicine. In this regard, the study of new forms of medicinal raw materials and their implementation in the science based medicine is one of the main tasks of modern medicine, which provides for the explosive expansion of the sources of plant raw materials. This is explained by the fact that herbal preparations occupy a wide range in the spectrum of pharmacological activity and, as a rule, do not cause side effects when used rationally.

Previous research conducted within the collection of useful plants has allowed the identification of valuable species for the production of medicines, cosmetics and spices, constituting an alternative for the local sources, among which safflower (*Carthamus tinctorius* L.) – a species of the Asteraceae L. family, studied within the “Plant Resources” Laboratory, is of particular interest as a dye, oleaginous, medicinal and honey plant.

Safflower flowers are considered, in the folk medicine, to be an effective remedy for allergies. In traditional Chinese medicine, these flowers are used to make decoctions, used in the treatment of amenorrhea, endometritis, adnexitis, pneumonia and insomnia [1; 2]. Recent research has revealed the antioxidant, anti-inflammatory, calming, antiallergic, hepatoprotective, hypotensive and hypoglycemic actions of safflower. It has been recommended for centuries as a sedative and as a remedy for intestinal diseases. The flowers contain nutrients and are used in the treatment of many conditions, including menstrual pain, and cardiovascular disorders [3; 4]. In addition, safflower inhibits cell proliferation, which makes the prepared extract

useful in the treatment of psoriasis and mutagenic diseases. The use of safflower oil and petals in medicine is relevant, since it is one of the 50 basic medicinal herbs used in Chinese medicine. Valuable oil is extracted from the seeds, containing linoleic acid, which is rich in polyunsaturated acids that help prevent heart conditions [5; 6]. Safflower oil is actively used in cases of obesity or overweight, as it helps normalize digestive metabolism, reduces the amount of visceral fat, while increasing muscle tissue [7]. The oil is actively used in the production of skin- and hair-care products. It is able to reach into the deep layers of the skin, saturating the cells and is therefore included in the formula of anti-aging creams. According to literature data, provitamin A is obtained from the oil and has the highest content of beta-carotene [8].

Applied Materials and Methods

The seeds for obtaining the plants were received as a result of the collaboration with the Secuieni Agricultural Research and Development Station – Neamț, Romania. The research was carried out in the period 2021-2024, in the Collection of Aromatic Plants, within the “Plant Resources” Laboratory. Biometric measurements of the plants were carried out during three growing seasons. The plants were grown in plots, in an open field with southern exposure, under ecologically balanced conditions, on a general agrotechnical background. Phenological observations were carried out according to the methods described by I.N. Beideman, throughout the entire growing season [9]. Observations were made on the reaction of plants to light intensity, insufficiency or excess of atmospheric precipitation and the resistance of plants to diseases and pests.

Obtained Results and Discussions

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an herbaceous, annual, allogamous, medicinal and honey plant of the family *Asteraceae*, genus *Carthamus*, native to tropical Africa. It has been cultivated since the ancient age as an oil and dye plant, first in India, Egypt and other countries in North Africa, then in West and South Asia. It was first brought to Europe by Arabs, in Spain, from where it spread to France and Italy. In our country, it is cultivated in gardens, on small areas.

Safflower is a plant adapted to semi-arid growing conditions and could expand its potential as an alternative crop in droughty years, which have become more common with climate change. Biological, eco-physiological and technological research on safflower is necessary to promote its cultivation and economic potential. It is necessary to describe the phenological development stages to facilitate crop management and research. This research can provide a useful tool for farmers who intend to cultivate this species. It can be continued with the development of primary cultivation technologies, necessary and recommended in years with low humidity.

Under the conditions of the Republic of Moldova, it develops a branched taproot, which can reach down to 2 m deep in the soil. The stem is erect, cylindrical, smooth, glabrous, 40-100 cm tall. The leaves are sessile, lanceolate or oblong-ovate with serrated margins, glabrous. The flowers are tubular, orange, later red, grouped in capitula, which in turn, grouped by 14-30, form a corymb borne on the stem. Pollination is entomophilous. The fruits are achenes, ovate-elongated, 5-8 mm long, glabrous, white, with slightly angular edges. Usually, 25-60 seeds are produced in a capitulum. The weight of 1000 seeds is 24-40 g. (Fig. 1).

The seeds were incorporated into the soil in early spring, in the period March 24-26, after the completion of soil preparation works, which required tillage and leveling. The soil should be damp to a depth of 10 cm, but not wet. When sowing, the air temperature is recommended to be at least 4 °C. Seeds treated with fungicides are recommended for sowing. The seeds are incorporated into the soil at a depth of 2.5-5 cm. If necessary, the seeds are mixed with sand or sawdust, for better homogenization and dispersion in the field. The seeds germinate quickly when the air temperature reaches about 15 °C. After the germination of the achenes, weighing between 0.03 - 0.04 g, the plant emergence was recorded on April 2nd. The seedling goes through a rosette stage, which is characterized by slow growth in height and the emergence of numerous leaves close to ground level. During this period, the root system develops strongly. The plant is cold-resistant, even frost-resistant, but it is less tolerant of fast-growing weeds. Maintenance works begin as soon as the plants sprout. The stem then gradually begins to elongate and branch. Each branch ends in a globular capitulum of a specific shape, delimited by spines. In mature plants, the main root can reach a depth of 2-3

m in the soil, with numerous secondary roots spreading on the sides. Thanks to this root system, safflower is particularly resistant to drought, being ideal to be cultivated without problems in areas where the introduction of an irrigation system is difficult.

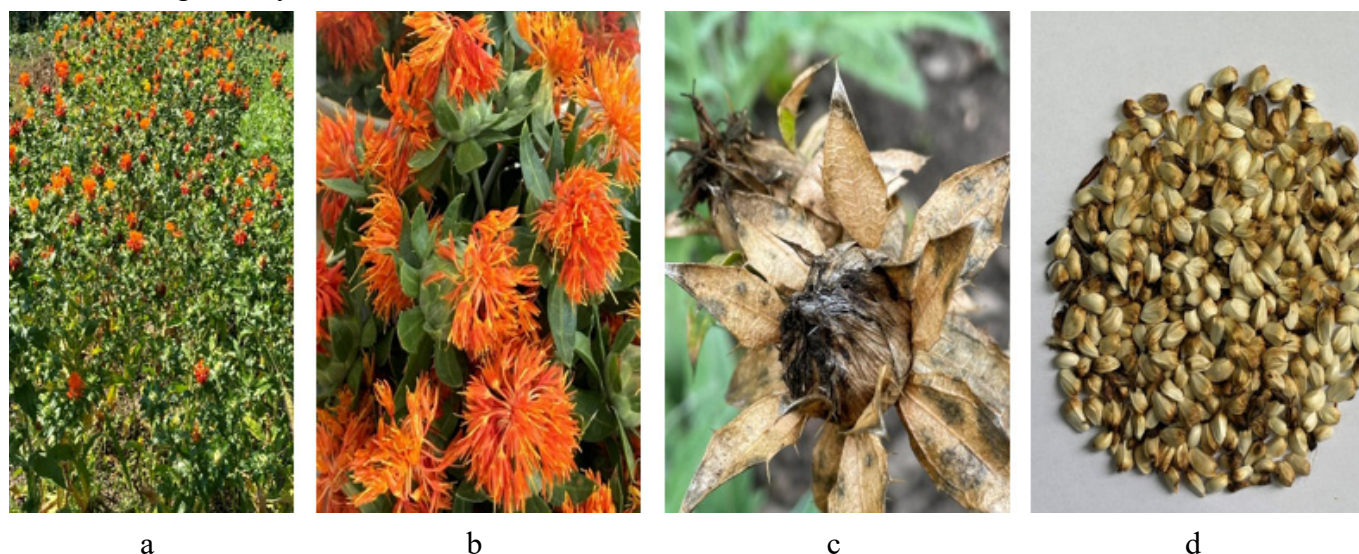


Figure 1. Plants of *Carthamus tinctorius* L.: a) general aspect, b) tubular flowers, c) fruiting stage, d) seeds

Safflower is a long-day plant; the photoperiod requirement is 14 hours. It is intolerant of shade and weed invasions. The normal ontogenetic cycle is followed by about 80% of the specimens, in which the juvenile and virginal stages are about 30 days long. The budding phase occurs in the period May 12-15, followed by the beginning of flowering, which occurs in mid-June. During July-early August the plants reach the full flowering phase, which lasts 40-45 days. Seed ripening begins at the end of August - beginning of September. In mid-September the plants complete their ontogenetic cycle. In July-September the flowers and leaves are harvested.

The seeds are harvested at full maturity. This corresponds to the drying of the leaves and the decrease in the humidity of the achenes below 13%. This period coincides with the month of August - beginning of September. The harvested seeds are conditioned and dried until they reach a humidity of 9%. The growing season lasts 155-160 days (Fig. 2).

	April			May			June			July			August			September		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<i>Carthamus tinctorius</i> L.	■	■	■	■	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		

Figure 2. The development of phenological stages in the species *Carthamus tinctorius* L.

Legend: ● - beginning of vegetative growth; ● - budding; ● - beginning of flowering; ● - full flowering; ● - seed ripening.

Other advantages of safflower cultivation are that it does not shed its seeds and is not eaten by birds. Safflower has been cultivated since ancient times, but in limited areas.

Safflower can be affected by a number of diseases: alternariosis, safflower rust, septoria leaf spots, powdery mildew etc. Among the pests, the most common are: ground beetle, safflower fly.

Industrial production of the oil dates back to the middle of the last century. The corolla contains various

yellow and red pigments, including carthamin, a glycoside of the flavone compound carthamidin. The seeds contain oil (37-42%) rich in linoleic (74-79%) and oleic (11-15%) acids, proteins, nitrogen free extract, mineral salts. According to Zamfirescu, the iodine index of this oil is 115.1-155.2, the specific acidity is 0.78-5.76 and the saponification value is 194.0-203.0. It is a semi-drying oil [10].

The experiments carried out show that the species *Carthamus tinctorius* L. can be successfully cultivated under the conditions of the Republic of Moldova, being sown directly in the field in late autumn or early spring. The plants go through the entire development cycle, forming viable seeds. The germination capacity of the seeds is 97%. Research confirms that the species *Carthamus tinctorius* L has a high viability; the plants adapt well to the pedoclimatic conditions of our country and can provide numerous benefits due to their chemical composition, their extracts being recommended as ingredients in cosmetics and medicine.

Conclusions

- The pedoclimatic conditions of the Republic of Moldova are favorable for the cultivation of *Carthamus tinctorius* L. – a species native to tropical Africa. The plants fully complete the ontogenetic cycle. The seasonal observations have proven that the species has a stable type of phenological development.
- The plants reproduce generatively, with seeds being sown in late autumn or early spring. The germination capacity of the seeds is 97%.
- It is a melliferous species. Honeybees visit the flowers to collect nectar and pollen, with high frequency between 10:00 and 14:00.
- The species *Carthamus tinctorius* L., introduced and researched in the National Botanical Garden as a medicinal, food, dye and ornamental plant, can serve as a source of local raw material for various culinary preparations, with dietary qualities, and is also used in the manufacture of margarine.
- The flowers, fruits and oil have therapeutic uses. The active principles possess expectorant, antitussive, bacteriostatic and wound-healing properties.
- The species *Carthamus tinctorius* L. is a promising plant with high therapeutic, melliferous and tinctorial potential, which can be recommended for cultivation in regions with drier climate.

Bibliography:

1. ASGARPANAH, J. *Phytochemistry, pharmacology and medicinal properties of Carthamus tinctorius L.* Chin J Integr Med. 2013. Vol. 19. No. 2. P. 153-159. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11655-013-1354-5>
2. NECDET, ÇAMAŞ., ESENDAL, E. *Estimates of broad-sense heritability for seed yield and yield components of safflower (Carthamus tinctorius L.)* Hereditas, 2006. Vol. 143. P. 7-55. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0018-0661.01914.x>
3. *American Herbal Pharmacopoeia Botanical Pharmacognosy 2011.* – Published by American Herbal Medicine Association, 2011. 733 p. 30 SCIENCE TIME <https://doi.org/10.1201/b10413>
4. BERGMAN, J. *Registration of 'Centennial' Safflower* Crop Science. – 2001. – Vol. 41. – P. 1639-1640. DOI: 10.53360/2788-7995-2024-4(16)-35
5. *FLORA OF NORF AMERICA.* [http:// www.efloras.org.](http://www.efloras.org) – 23.08.2013 г. http://www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=1
6. *JAPANESE PHARMACOPOEIA*, 2005, Vol. 1.0., No. 975. <https://www.pmda.go.jp/english/rs-sb-std/standards-development/jp/0029.html>
7. *EUROPEAN PHARMACOPOEIA.* 2004, Vol. 6, 6. No. 2088. <https://www.edqm.eu/en/european-pharmacopoeia>
8. PÂRVU, CONSTANTIN. *Universul Plantelor.* Editura ASAB, București, 2006, 1038 p. ISBN 973-7725-10-7 <https://carturesti.ro/info/universul-plantelor-73800?p=16&lang=en-US>
9. БЕЙДЕМАН И. Н. *Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ.* Методические указания, Н., Изд-во «Наука», 1974.
10. ZAMFIRESCU, N. *Bazele biologice ale producției vegetale.* Editura Cerec, București, 1977. <https://www.okazii.ro/bazele-biologice-ale-productiei-vegetale-n-zamfirescu-271065-a167909698>

N. B.: The research was carried out with the support of the research Subprogram 010101 "Research and ex situ and in situ conservation of plant diversity in the Republic of Moldova".

Data about the authors:

Maricica COLȚUN, PhD in biological sciences, head of the „Plant Resources” Laboratory, v „Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute), Moldova State University.

ORCID: 0000-0001-8470-3616

E-mail: maricica.coltun@gb.usm, mcoltun@mail.ru;

Alina BOGDAN, researcher, „Plant Resources” Laboratory, „Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute), Moldova State University.

ORCID: 0000-0002-2069-0454

E-mail: alina.bogdan777@mail.ru

Presented: 03.03.2025

CZU: 582.28:633.111

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_31](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_31)

INFLUENȚA FUNGULUI *DRECHSLERA BISEPTATA* (SACC. & ROUM.) ASUPRA VARIABILITĂȚII TRANSGRESIVE LA GRÂUL COMUN

Galina LUPĂȘCU, Nicolae CRISTEA, Elena SAȘCO, Nadejda MIHNEA,

Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor,
Universitatea de Stat din Moldova

Fungul *Drechslera biseptata* influențează organele de creștere și dezvoltare (germinație, radiculă embrionară, tulpiniță) ale grâului comun de toamnă, în cea mai mare parte prin inhibarea acestora, ceea ce se reflectă asupra indicelui de vigoare a plantulelor. Acțiunea patogenului și orientarea încrucișării la formarea hibrizilor F_1 se reflectă asupra structurii fenotipice și ratei transgresiilor pozitive în populațiile segregante F_2 în ceea ce privește organele de creștere. Datele obținute semnifică rolul important al acțiunilor complementare pozitive ale genelor la formarea caracterului de rezistență a grâului comun la patogen. Au fost identificate combinații de grâu cu grad și frecvență înaltă a transgresiilor pozitive pentru cel mai sensibil organ la acțiunea patogenului – radiculă embrionară.

Cuvinte-cheie: grâu comun, *Drechslera biseptata*, organ de creștere, variabilitate, transgresii.

INFLUENCE OF THE *DRECHSLERA BISEPTATA* (SACC. & ROUM.) FUNGUS ON THE TRANSGRESSIVE VARIABILITY IN COMMON WHEAT

Drechslera biseptata fungus influences the organs of growth and development (germination, embryonic radicle, stem) of common winter wheat, mostly by inhibiting them, which is reflected on the seedling vigor index. The action of the pathogen and the orientation of the cross to the formation of F_1 hybrids is reflected on the phenotypic structure and the rate of positive transgressions in the segregating F_2 populations in terms of growth organs. The obtained data signify the important role of the positive complementary actions of genes in the formation of the character of resistance of common wheat to the pathogen. Wheat combinations were identified with a high degree and frequency of positive transgressions for the most sensitive organ to the action of the pathogen – the embryonic radicle.

Keywords: common wheat, *Drechslera biseptata*, growth organ, variability, transgressions.

Introducere

Grâul deține un rol major în economia globală, fiind un suport de bază în securitatea alimentară a omenirii, în continuă creștere [1].

Realizarea potențialului productiv al multor culturi cerealiere, inclusiv al grâului comun de toamnă (*Triticum aestivum* L.) este compromisă de atacul patogenilor fungici. Putregaiul de rădăcină la grâu comun (*Triticum aestivum* L.) prezintă o problemă majoră în întreaga lume. Pe durata creșterii și dezvoltării plantelor, boala manifestă diverse forme – putrezirea cariopselor în sol, radiculei embrionare, sistemului radicular, bazei tulpinii, pătulirea sau ofilirea plantelor, decolorarea boabelor. Cele menționate conduc la diminuarea vigoriei plantelor și pierderilor semnificative de recoltă [2, 3]. Putregaiul de rădăcină este o boală complexă, cauzată de diverși patogeni în diferite zone geografice, sau la diferite etape ontogenetice ale plantei.

Printre cei mai activi agenți cauzali ai putrefacției rădăcinii și bazei tulpinii se remarcă fungii *Drechslera* spp. / *Bipolaris* spp. [4, 5]. Se constată relativ puțină informație despre implicarea speciei *D. biseptata* în dezvoltarea bolilor de plante.

Conform unor date, *D. biseptata* este un patogen care cauzează putregaiul de rădăcină la grâu [6], metabolitul toxic al căruia – *di-(2-etil-hexil)-flatat*-ul poate fi utilizat la sinteza compușilor în calitate de erbicide naturale [7].

Pe durata ultimilor 15-20 de ani, în componența complexului fungic care produce putregaiul de rădăcină la grâu comun de toamnă în R. Moldova s-a constatat prezența semnificativă a fungilor *Fusarium* spp., *Drechslera* spp. Dintre ultimii s-au înregistrat *D. sorokiniana* și *D. avenae* [8, 9]. Recent, în anii 2023, 2024, pentru prima dată în cercetările noastre, din plante de grâu comun de toamnă a fost identificat în număr restrâns de izolate *D. biseptata*.

Este cunoscut faptul că crearea genotipurilor de plante rezistente la patogeni, este o metodă sigură, economic și ecologic avantajoasă în managementul de protecție a plantelor [10]. Această problemă este însă destul de dificil de soluționat din cauza labilității de interacțiune *plantă – patogen – condiții ambientale*, specificitate care se reflectă în cel mai direct mod asupra variabilității și heritabilității organelor de creștere [9].

O metodă eficientă în procesul de creare a genotipurilor rezistente la patogeni este obținerea populațiilor segregante, studiul variabilității și identificarea formelor transgresive valoroase [11].

Luând în considerare posibila extindere a patogenului *D. biseptata* la grâu pe fondalul schimbărilor climatice tot mai evidente care slăbesc imunitatea plantelor, scopul cercetărilor a constat în studiul particularităților de reacție a grâului comun de toamnă la filtratul de cultură *D. biseptata* și identificarea rolului factorului parental în manifestarea potențialului transgresiv al plantelor la interacțiunea cu patogenul.

Material și metode

Ca material de studiu au servit liniile de grâu comun de toamnă LM/M3, s.i. Basarabeanca, s.i. Bucovina, LM30, LCub.101/Bas., 6 populații hibride F_2 obținute pe baza hibrizilor F_1 reciproci.

Izolată de fung *Drechslera biseptata* a fost extrasă din partea bazală a plantei de grâu cu semne de putregai de rădăcină pe mediu nutritiv PDA (*Potatoe Dextrosis Agar*) [12].

Identificarea speciei patogenului s-a efectuat prin analize macro- și microscopice (Fig. 1) potrivit determinantului micologic [13].

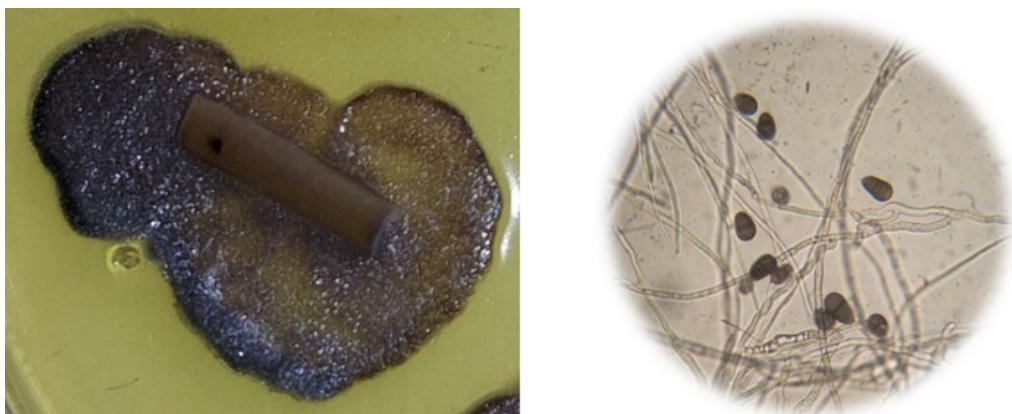


Figura 1. Aspectul izolatei pe mediu PDA (A) și conidiilor (B) de *D. biseptata* (300x)

Filtratul de cultură *D. biseptata* (FC) a fost preparat prin: i) inocularea miceliului în mediul nutritiv lichid Czapek-Dox [12]; ii) cultivarea fungului timp de 21 zile la temperatura 23-24°C.

Boabele de grâu au fost tratate timp 18 ore cu FC, menținute timp de 6 zile la temperatura 22-23°C în cutii Petri. În calitate de indici ai reacției plantelor la tratarea cu FC au servit germinația boabelor (%), lungimea radiclei embrionare (mm), lungimea tulpiniței (mm), lungimea plantulei (cm), indicele de vigoare (*germinația, % x lungimea plantulei, cm*).

Gradul (T_g) și frecvența (T_f) transgresiilor au fost calculate conform [14].

Datele au fost prelucrate statistic în pachetul de soft STATISTICA 7.

Rezultate și discuții

Analiza morfometrică a plantelor de grâu (Tabelul 1) a demonstrat că tratarea boabelor cu FC *D. biseptata* a condus în majoritatea cazurilor la diminuarea capacității de germinație a boabelor și a creșterii radiclei embrionare. De exemplu, **germinația** (%) s-a micșorat în raport cu martorul cu 8,95% la S.i. Basarabeanca, 14,1% – F_2 LM/M3 x S.i. Bucovina, 12,2% – LM/M3. S-au constatat și efecte nesemnificative: micșorare cu 3,4% la LCub.101/Basarabeanca și la F_2 S.i. Basarabeanca x LM/M3. Totodată, plantele din F_2 S.i. Bucovina x LM/M3, F_2 LM30 x LCub.101/Bas. n-au înregistrat careva impact, iar la F_2 LCub.101/M30 x LM30 s-a produs stimulare ușoară (+5,0%).

Tabelul 1. Influența filtratului de cultură *D. biseptata* asupra caracterelor de creștere ale grâului comun

Nr.	Genitori, F ₂	Variantă	Germi-nație, %	Lungimea radiclei, mm	Lungimea tulpiniței, mm	Lungimea plantulei, cm	Indicele de vigoare
1	L M/M3	Martor	93,3	66,3±4,0	44,0±4,0	11,03	1029,1
2		FC	81,1	52,6±2,7*	44,5±2,7	9,71	787,5
3	S.i.Basarabeanca	Martor	93,3	93,5±3,7	37,0±3,7	13,05	1217,6
4		FC	84,4	77,3±4,3*	34,6±4,3	11,19	944,4
5	F ₂ L M/M3 x S.i.Basarabeanca	Martor	85,8	62,8±2,9	38,4±2,9	10,12	868,3
6		FC	79,2	75,3±3,6*	37,2±3,6	11,25	891,3
7	F ₂ S.i. Basarabeanca x L M/M3	Martor	86,7	76,6±3,7	38,3±3,7	11,49	996,2
8		FC	83,3	93,4±3,7*	42,2±3,7	13,56	1129,6
9	S.i.Bucovina	Martor	96,7	70,6±3,5	96,7±3,5	16,73	1617,8
10		FC	88,9	52,9±2,8*	88,9±2,8	14,18	1260,6
11	F ₂ S.i.Bucovina x L M/M3	Martor	89,2	74,4±3,5	89,2±3,5	16,36	1459,3
12		FC	89,2	76,5±3,0	89,2±3,0	16,57	1478,0
13	F ₂ L M/M3 x S.i.Bucovina	Martor	93,3	93,6±3,6	93,3±3,6	18,69	1743,8
14		FC	79,2	72,7±3,6*	79,2±3,6*	15,19	1203,1
15	L M30	Martor	96,7	91,0±3,6	96,7±3,6	18,77	1815,1
16		FC	90,0	75,4±3,8*	90,0±3,8	16,54	1488,6
17	L Cub.101/Bas.	Martor	95,6	99,4±3,8	95,6±3,8	19,5	1864,2
18		FC	92,2	84,7±3,4*	92,2±3,4	17,69	1631,0
19	F ₂ L M30 x LCub.101/Bas.	Martor	90,0	92,0±3,3	90,0±3,3	18,20	1638,0
20		FC	90,8	83,9±3,2	90,8±3,2	17,47	1586,3
21	F ₂ LCub.101/M30 x L M30	Martor	75,0	108,8±3,6	75,0±3,6	18,38	1378,5
22		FC	80,0	86,0±3,8	80,0±3,8	16,60	1328,0

Notă: *- p<0,05.

Lungimea radiclei embrionare. Diminuarea creșterii a înregistrat o variabilitate largă: -9,7% și -26,5%, respectiv, populațiilor F₂ LM30 x LCub.101/Bas. și F₂ LCub.101/M30 x LM30. S-au constatat și stimulări ale creșterii plantelor în populațiile F₂: LM/M3 x S.i.Basarabeanca (+19,9%), S.i.Basarabeanca x LM/M3 (+21,9%) și S.i. Bucovina x LM/M3 (+2,8%).

Lungimea tulpiniței. Ca și în cazul cercetărilor noastre precedente cu privire la interacțiunile grâu comun – *Drechslera spp.* / *Fusarium spp.*, în majoritatea cazurilor tulpinița a fost mai puțin sensibilă la acțiunea filtratelor de cultură, comparativ cu radica embrionară. Doar în cazul S.i.Bucovina și F₂ LM/M3 x Bucovina s-au înregistrat diminuări semnificative ale creșterii: -8,1%, -15,1%, respectiv.

Lungimea plantulei. Influența FC *D. biseptata* asupra creșterii radiclei s-a reflectat, practic, întocmai asupra lungimii plantulei.

Indicele de vigoare. Este una din cele mai importante însușiri integrale de creștere și dezvoltare ale plantei care determină creșterea timpurie și adesea se asociază cu performanța înaltă a culturii sau „crop stand establishment”, asemenea semințe fiind considerate semințe cu putere mare. Vigoarea este principala componentă a calității seminței, pierderea căreia este însoțită de capacitatea joasă de germinație și viabilitatea diminuată a plantelor [15], fiind utilizată cu succes și în cercetarea influenței patogenilor *Fusarium spp.* asupra semințelor de grâu și ovăz [16].

S-a constatat că în majoritatea cazurilor FC *D. biseptata* a diminuat vigoarea plantulelor, efectul variand

în limite largi: -3,2 ... -31,0%. S-au înregistrat însă și câteva cazuri de creștere a parametrului analizat, în care variabilitatea a constituit: +1,3 ... +13,4%.

Studiul histogramelor de distribuție a plantelor (Fig. 1) în populațiile segregante F_2 a demonstrat că sub influența FC *D. biseptata* s-a modificat spectrul claselor fenotipice și reprezentativitatea numerică a acestora. De exemplu, la populația F_2 LCub.101/Bas x M30 (Fig. 1A) în varianta martor frecvența plantelor după maximumul de distribuție a valorilor (x) spre dreapta, adică în direcția valorilor înalte a constituit 58,5%, iar în varianta cu FC (Fig. 1B) – 50,5%.

La populația reciprocă F_2 M30 x LCub.101/Bas., în varianta martor (Fig. 1C) rata plantelor cu valori mai mari de medie a fost 55%. Sub influența patogenului au apărut 2 maximumi de distribuție a plantelor (25% și 28%), deci 2 subpopulații prin care s-a delimitat clar plantele sensibile de cele rezistente.

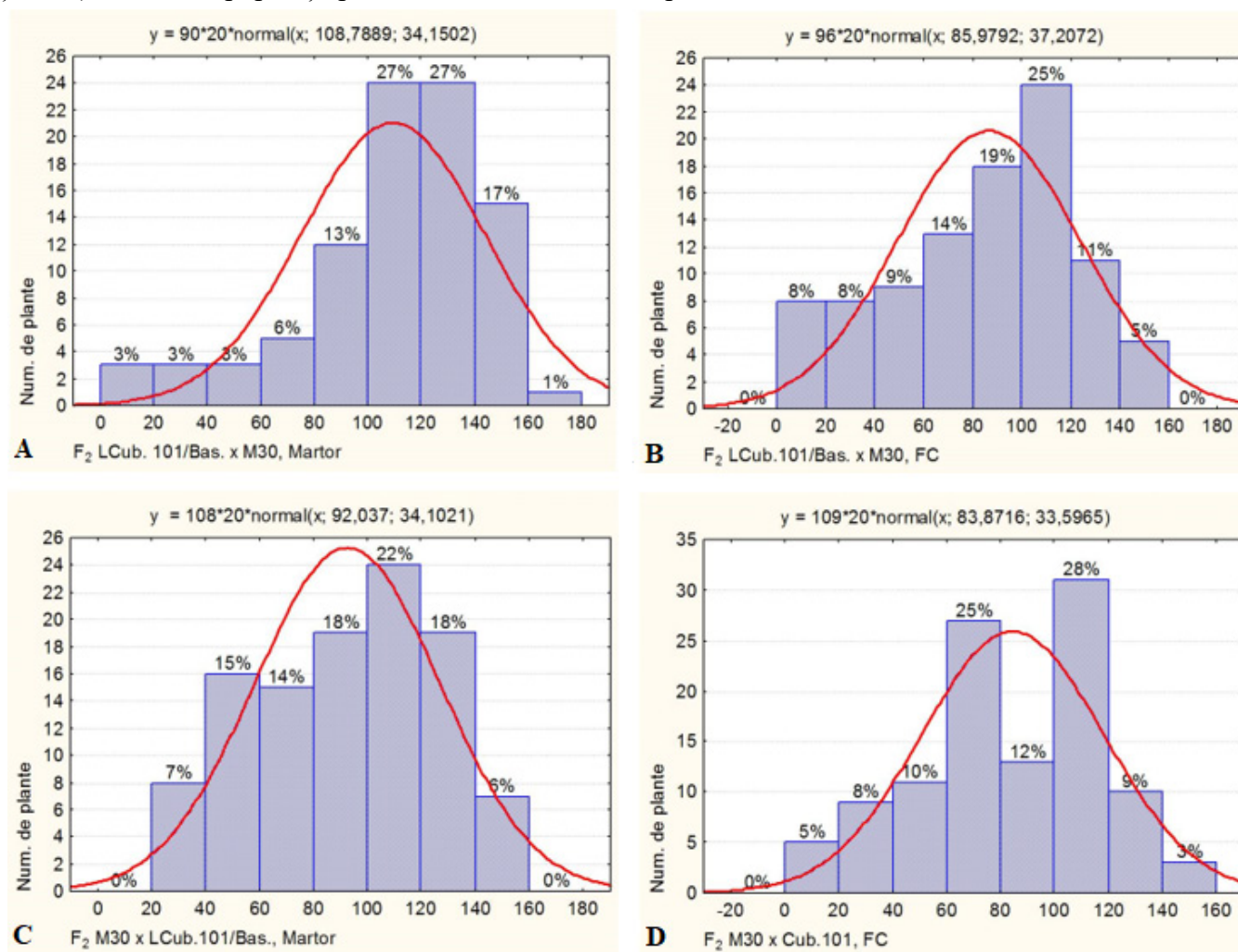


Figura 1. Histograma de distribuție a plantulelor de grâu pe baza lungimii radiclei

S-a constatat că în condiții martor, gradul (T_g) și frecvența (T_f) transgresiilor caracterului cu cea mai înaltă sensibilitate la *D. biseptata* – lungimea radiclei embrionare a variat considerabil, funcție de combinație și direcția încrucișării (Tabelul 2).

Tabelul 2. Influența factorului parental asupra gradului (T_g) și frecvenței transgresiilor (T_f) pentru lungimea radiclei la interacțiunea grâului cu *D. biseptata*

Combinație	Martor		FC <i>D. biseptata</i>	
	T_g	T_f	T_g	T_f
F_2 M/M3 x S.i. Basarabeanca	-16,59	0,01	3,99	2,11

F ₂ S.i. Basarabeanca x LM/M3	-2,34	0,96	6,73	10,00
F ₂ LM/M3 x S.i. Bucovina	4,51	2,80	20,23	7,48
F ₂ S.i. Bucovina x LM/M3	10,53	16,07	13,78	13,68
F ₂ LM30 x LCub.101/Basarabeanca	-2,34	0,01	5,91	2,75
F ₂ LCub.101/Basarabeanca x LM30	1,28	2,22	11,58	6,25

Cele mai înalte valori ale indicilor menționați s-au înregistrat la F₂ S.i.Bucovina x LM/M3: T_g=10,53%, T_f=16,07%, după care a urmat F₂ LM/M3 x S.i.Bucovina: T_g=4,51%, T_f=2,80%. Această combinație reciprocă s-a evidențiat cu indici și mai înalți în varianta FC D. *biseptata*: T_g=20,23%, T_f=7,48% – F₂ L M/M3 x S.i.Bucovina și T_g=13,78%, T_f=13,68% – F₂ S.i.Bucovina x L M/M3. Transgresii pozitive semnificative s-au înregistrat la F₂ L Cub.101/Basarabeanca x LM30, F₂ S.i.Basarabeanca x LM/M3, urmate de F₂ LM30 x LCub.101/Basarabeanca și F₂ S.i. Basarabeanca x LM/M3.

Astfel, s-a constatat că fungul *D. biseptata* influențează creșterea și dezvoltarea plantulelor de grâu comun de toamnă, în cea mai mare parte prin inhibarea acestora. Acțiunea patogenului și orientarea încrucișării la formarea hibridilor F₁ se reflectă asupra structurii fenotipice și potențialului transgresiv al populațiilor segregante F₂.

Concluzii

Tratarea boabelor a 5 genitori și 6 combinații hibride F₂ de grâu comun de toamnă cu filtrat de cultură *D. biseptata* a condus cu preponderență la inhibarea semnificativă a organelor de creștere și dezvoltare – germinație, radiculă embrionară, tulpiniță, ceea ce s-a reflectat asupra indicelui de vigoare a plantulelor.

Acțiunea fungului *D. biseptata* și entităților parentale (matern/patern) la crearea hibridilor F₁ influențează structura fenotipică a populațiilor F₂ și potențialul transgresiv în ceea ce privește creșterea radiclei. Indici înalți ai gradului (T_g) și frecvenței (T_f) transgresiilor pozitive s-au înregistrat la combinațiile F₂ S.i.Bucovina x LM/M3, F₂ LM/M3 x S.i.Bucovina și F₂ LCub.101/Basarabeanca x LM30.

Bibliografie:

1. <https://www.quant-cube.com/insights-contents/wheat-outlook-for-2024-exploring-the-impact-of-climate-events> (Accesat 22.02.25).
2. KAUR, N. *Root rot pathogens of wheat in South Dakota and their affect on seed germination and seedling blight in spring wheat cultivars / Theses and Dissertations.*, 2016, 1117. <http://openprairie.sdstate.edu/etd/1117>
3. KIECANA, I., CEGIELKO, M., RACHOŃ, L. et al. *The occurrence of fungi on roots and stem bases of Triticum aestivum ssp. spelta L. Thell. grown under two levels of chemical protection and harmfulness of Fusarium graminearum Schwabe to seedlings of selected genotypes.* In: *Acta Agrobot.* 2016. 69(3), p.1657. <http://dx.doi.org/10.5586/aa.1657>.
4. CARMONA, M.A., FERRAZINI, M., BARRETO, D. E. *Tan spot of wheat caused by Drechslera tritici-repentis: Detection, transmission, and control in wheat seed.* In: *Cereal Research Communications.* 2006. 34(2), p. 1043-1049. DOI: 10.1556/CRC.34.2006.2-3.236
5. TUNALI, B., MALDAR, B. M., KANSU, B. et al. *Pathogenicity of Bipolaris spp. Isolates Causes Root Rot in Wheat Plants.* In: *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology.* 2023. 11(3), p. 424–430. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i3.424-431.4840>
6. ABU-TALEB, A., AL-MOUSA, A. A. *Evaluation of antifungal activity of vitavax and Trichoderma viride against two wheat root rot pathogens.* In: *Journal of Applied Biosciences.* 2008. Vol. 6, p. 140 - 149. www.biosciences.elewa.org
7. AKBAR, M., KHALIL, T., ANDOLFI, A. et al. *Isolation and identification of natural herbicidal compound from a plant pathogenic fungus, Drechslera biseptata.* In: *Pak. J. Bot.* 2020. 52(6), p. 2245-2249. ISSN 0556-3321.
8. LUPAȘCU, G. *Putregaiul de rădăcină la grâul comun de toamnă.* Chișinău: Tipogr. "Print-Caro". – 2020. – 120 p. ISBN 978-9975-56-801-2.

9. LUPAȘCU, G., GAVZER, S., CRISTEA, N. ș.a. *Rolul agenților cauzali ai putregaiului de rădăcină la grâul comun în variabilitatea și heritabilitatea caracterelor de creștere și dezvoltare ale plantei-gazdă*. In: *Abordări biotehnologice și genetice de evaluare și valorificare a genofondurilor de culturi cerealiere și tomate*. Centrul Editorial Poligrafic USM. Chișinău. 2023. 226 p. ISBN 978-9975-62-605-7. Cap. I, p. 9-60. <https://doi.org/10.53040/9789975626057.01>
10. WILLIAMSON-BENAVIDES, B., DHINGRA, A. *Understanding Root Rot Disease in Agricultural Crops*. In: *Horticulturae*. 2021. Vol. 7(2), p. 33. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7020033>
11. AGHNOUM, R., NIKS, R. E. *Transgressive segregation for very low and high levels of basal resistance to powdery mildew in barley*. In: *Journal of Plant Physiology*. 2011. Vol. 168. Issue 1, p. 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.09.005>.
12. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка, 1982. 550 с. ISBN 978-5-458-27224-7.
13. BARNETT, H. L., HUNTER, B. B. *Illustrated genera of imperfect fungi*. Am. Phytopathological Society. Fourth edition. 1998. APS Press, 218 pp. ISBN 0-89054-192-2.
14. РАДЧЕНКО, И. Н. Проявление положительной трансгрессивной изменчивости по элементам продуктивности колоса у гибридов озимой мягкой пшеницы. Селекция и насінництво. 2008. Вип. 96, с. 72-79.
15. TEIXEIRA, SH. B., PIRES, S. N., ÁVILA, G. E. et al. *Application of vigor indexes to evaluate the cold tolerance in rice seeds germination conditioned in plant extract*. In: *Scientific Reports*. 2021. 11, p. 11038. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90487-x>
16. HASSANI, F., ZARE, L., KHALEDI, N. *Evaluation of germination and vigor indices associated with Fusarium-infected seeds in pre-basic seeds wheat fields*. In: *Journal of Plant Protection Research*. 2019. 59(1), p. 69-85. <https://doi.org/10.24425/jppr.2019.126037>

N. B.: Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramului 011102 „Extinderea și conservarea diversității genetice, ameliorarea genofondurilor de culturi agricole în contextul schimbărilor climatice”, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării (2024-2027).

Date despre autori:

Galina LUPAȘCU, dr. hab., prof. cerc., m. c. al AȘM, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-3363-3595.

E-mail: galina.lupascu@sti.usm.com

Nicolae CRISTEA, cercetător științific, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0008-7259-3884

E-mail: nicolae.cristea@sti.usm.com

Elena SAȘCO, cercetător științific coordonator, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0003-1014-4016

E-mail: elena.sasco@sti.usm.com

Nadejda MIHNEA, șef de laborator, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-0304-329

E-mail: nadejda.mihnea@sti.usm.com

Prezentat: 27.02.2025

CZU: 591.5:599.4(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_32](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_32)

DIVERSITATEA SPECIILOR DE LILIECI DIN SITURILE SUBTERANE DE LA CĂPREȘTI ȘI BÎRNOVA

Vladislav CALDARI, Victoria NISTREANU, Alina LARION, Natalia DIBOLSCAIA,

Universitatea de Stat din Moldova

Cercetarea a fost efectuată în anul 2024 în zona de nord a țării în minele de calcar din apropierea satelor Căprești și Bîrnova în lunile august și septembrie. Minele studiate sunt de dimensiuni mici, aproximativ 50-60 m adâncime cu mai multe coridoare laterale și au fost studiate pentru prima dată. În total pe ambele perioade de studiu au fost înregistrate 6 specii de lilieci care aparțin la 2 familii: *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis dasycneme*, *M. daubentonii*, *M. mystacinus*, *Plecotus auritus*, *P. austriacus*. Numărul maxim de indivizi a fost observat în perioada de hibernare. Speciile dominante au fost *Myotis daubentonii* și *Plecotus auritus*. Toate speciile identificate sunt incluse în Cartea Roșie a Republicii Moldova și sunt protejate la nivel internațional. Aceste noi locuri de adăpost sunt importante pentru lilieci în perioada de hibernare și ca adăpost temporar de vară, monitorizarea siturilor va continua.

Cuvinte-cheie: lilieci, mine, specii, hibernare, diversitate.

DIVERSITY OF BAT SPECIES FROM UNDERGROUND SITES IN CĂPREȘTI AND BÂRNOVA

The research was carried out in 2024 in the northern area of the country in the limestone mines near the villages of Capresti and Barnova in August and September. The studied mines are small in size, approximately 50-60 m deep with several lateral corridors and were studied for the first time. In both study periods, 6 species of bats belonging to 2 families were registered: *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis dasycneme*, *M. daubentonii*, *M. mystacinus*, *Plecotus auritus*, *P. austriacus*. The maximum number of individuals was observed during the hibernation period. The dominant species were *Myotis daubentonii* and *Plecotus auritus*. All identified species are included in the Red Book of the Republic of Moldova and are protected at international level. These new roosting sites are important for bats for hibernation and as temporary summer shelter and their monitoring will continue.

Keywords: bats, mines, species, hibernation, diversity.

Introducere

Zonele de centru și de nord ale Republicii Moldova sunt caracterizate de podișuri și stânci cu pante abrupte, în care sunt localizate numeroase mine de piatră. Masivele calcaroase, cu o structură geologică complexă, s-au format pe parcursul mai multor faze de sedimentare, de orogeneză și de eroziune, care au modelat structura geologică a rocilor de-a lungul timpului. În urma lucrărilor de extragere masivă de piatră, cea mai mare parte dintre ele au fost abandonate, devenind prin urmare adăposturi favorabile pentru specii de lilieci troglodile. Minele de calcar abandonate reprezintă cele mai importante adăposturi subterane pentru speciile de lilieci din Republica Moldova, atât pentru hibernare și reproducere, cât și pentru odihnă în sezonul cald.

Cercetările asupra comunităților de lilieci din adăposturile subterane artificiale au început în anii 1960, inclusiv în mine de calcar abandonate din partea de nord a republicii [11, 14, 15, 16]. În anii 1990 cercetările au continuat în câteva situri din zona de nord și din valea Nistrului [12, 13]. După 2013 cercetările au fost efectuate sistematic, fiind studiate siturile cunoscute, cât și unele situri noi [5, 6, 7]. Diversitatea și abundența speciilor de lilieci variază în funcție de zona geografică, dar și de dimensiunile și microclimatul minei. Însă, chiar și minele cu suprafață mică servesc ca adăposturi importante pentru speciile rare de lilieci.

Scopul lucrării a fost studiul în premieră a două situri noi – minele Căprești și Bîrnova, determinarea diversității liliecilor în perioada de vară și de hibernare și evidențierea importanței acestor situri în protecția și conservarea speciilor rare.

Materiale și metode

În anul 2024 au fost identificate 2 mine de calcar abandonate – situri noi de adăpost al liliecilor: minele de calcar de la Căprești, raionul Florești și Bîrnova, raionul Ocnița, localizate în partea de nord a Republicii Moldova.

Mina de la Căprești este situată pe malul stâng al râului Răut ($47^{\circ}45'14''$ N, $28^{\circ}27'03''$ E), la o altitudine de 83 m (Fig. 1). Intrarea în mină este de dimensiuni medii cca 2,5 m – înălțime și 4,5 m – lățime, iar în interior este un coridor lung și câteva laterale. Adâncimea minei este de până la 60 m, iar înălțimea în interior variază între 2,5 m și 4 m. Mina este tăiată mecanic, pe pereți și tavan sunt fisuri multiple, ramase în urma activităților de extragere a pietrei. Pe partea opusă a minei defileul este acoperit cu arbori și arbuști, ceea ce este foarte important pentru speciile de lilieci de pădure.

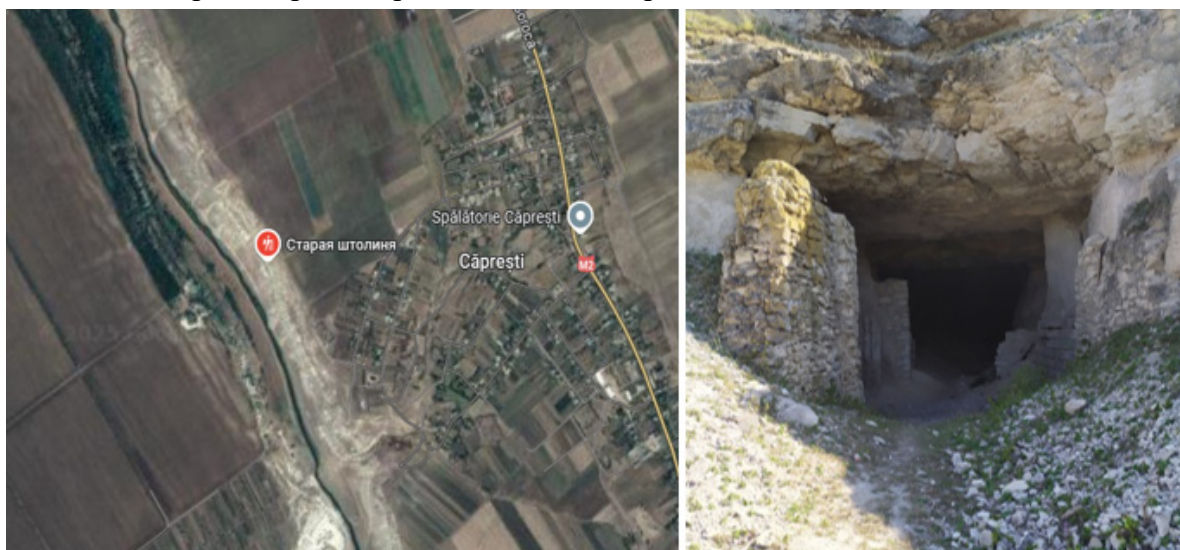


Figura 1. Locația minei Căprești și intrarea

Mina de la Bîrnova este situată în nordul țării într-un ecosistem forestier. Intrarea în mină este de dimensiuni mici, parțial surpată, cu un coridor lung de până la 60 m și câteva coridoare laterale de dimensiuni mici. Înălțimea este de aproximativ 3 m, iar lățimea – ajunge cca 4 m. Mina de la Bîrnova ($48^{\circ}26'43''$ N, $27^{\circ}31'46''$ E) – la o altitudine de 185 m (fig. 2). Această mină este la fel săpată mecanic, are fisuri pe tavan și pereți. Amplasarea minei pe versantul calcaros împădurit și agroceenozele din preajmă sunt foarte importante pentru speciile de lilieci. În perioada de vară ei găsesc hrană și adăpost.

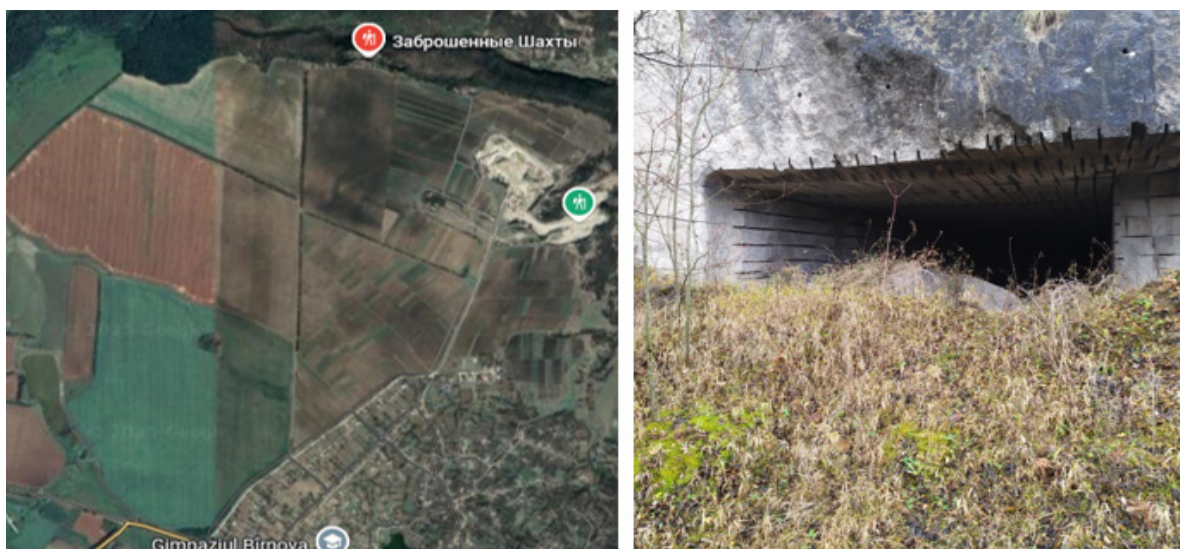


Figura 2. Locația minei Bîrnova și intrarea

Identificarea speciilor de lilieci a fost realizată prin metoda capturării, prin observații vizuale ale caracteristicilor morfologice și de zbor, precum și prin înregistrări foto și video. În cazurile în care identificarea speciilor de lilieci prezenta dificultăți, indivizii au fost extrași și au fost studiate caracterele morfologice ale acestora. Capturările manuale, realizate cu ajutorul fileului, s-au efectuat atât în interiorul adăpostului, cât și în zona de intrare a acestuia. Timpul identificării și măsurătorilor morfologice ale indivizilor a fost redus la minimum, pentru a diminua deranjul animalelor [3, 4].

Rezultate și discuții

Studiul a fost efectuat la sfârșitul lunii august, în perioada de împerechere a liliecilor. Au fost identificați 10 indivizi din 4 specii de lilieci: *Myotis daubentonii* (7 indivizi), *M. mystacinus*, *M. dasycneme* și *Plecotus auritus* – a câte un exemplar din fiecare specie. Specia dominantă a fost *M. daubentonii* cu 70%, celelalte specii au avut o pondere de a câte 10% fiecare (Fig. 3A). Efectivul mic al speciilor de lilieci se explică prin faptul că, în perioada de vară liliecii utilizează aceste situri doar ca adăpost temporar, iar speciile de pădure migrează în habitatele forestiere.

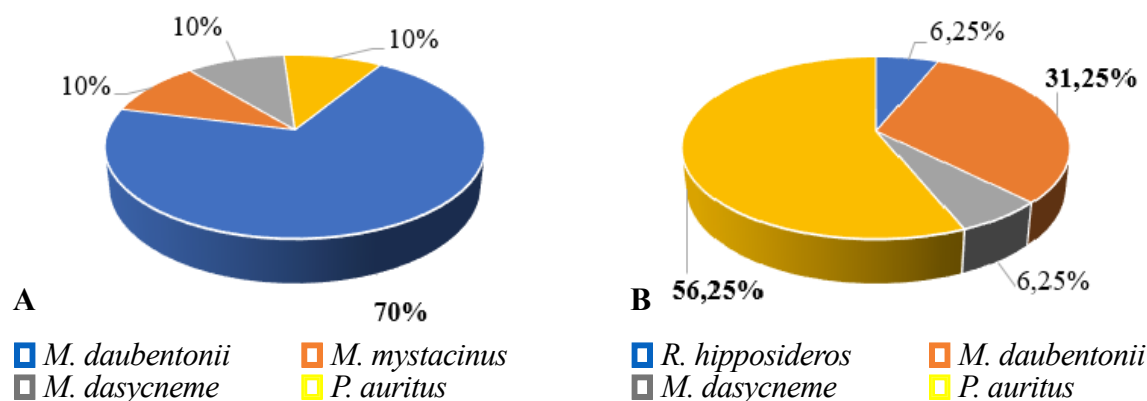


Figura 3. Structura comunității de lilieci în mina de la Căprești: A – luna august, B – luna noiembrie

Pentru a monitoriza dinamica și modificările fenologice a diversității liliecilor din acest sit, au fost efectuate cercetări la mijlocul lunii noiembrie – începutul perioadei de hibernare. Au fost identificați 16 indivizi din 4 specii: *P. auritus* – 56,25%, *M. daubentonii* – 31,25%, *M. dasycneme* și *Rhinolophus hipposideros* – 6,25%. Se observă o creștere a numărului de indivizi în perioada de hibernare și o schimbare în structura comunității de chiroptere (fig. 3B).

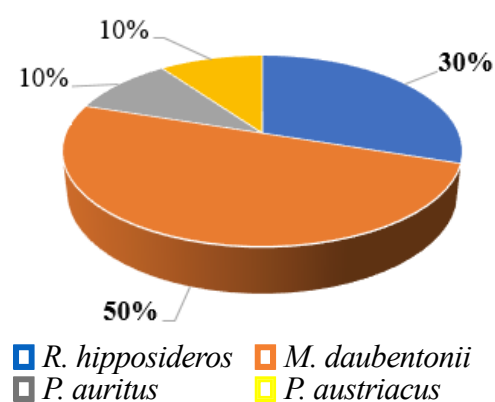


Figura 4. Structura comunității de lilieci în mina de la Bîrnova în perioada de hibernare

În luna august, specia dominantă în mina de la Căprești a fost *M. daubentonii* cu 70% din totalul indivizilor, iar în luna noiembrie, în perioada de hibernare, specia dominantă a fost *P. auritus* – 56,25%. De asemenea, s-a observat o schimbare în structura comunității de lilieci, specia *M. mystacinus*, întâlnită la sfârșitul verii, a fost înlocuită de specia *R. hipposideros* în perioada de hibernare.

Efectivul mic în mina abandonată de la Căprești se datorează tipului de mină, dimensiunii și a impactului antropic asupra sitului. La intrare și în interiorul minei au fost observate urme de resturi și deșeuri arse.

Cercetările au fost efectuate în luna noiembrie, în perioada de hibernare și au fost semnalate 4 specii: *M. daubentonii* – 50%, *R. hipposideros* – 30%, *P. auritus* și *P. austriacus* – a câte 10% fiecare specie (fig. 4). Observăm un efectiv mic, caracteristic minelor de dimensiuni mici, situate în zone împădurite pe versanți calcaroși.

Pe toată perioada de studiu, indivizii au fost găsiți solitari fără a forma grupuri, ascunși în fisurile din tavan, în crăpături, nișe sau atârnați pe porțiunile netede ale tavanului. Efectivul redus al liliecilor în mine

se datorează atât suprafeței mici, cât și faptului că minele sunt frecvent vizitate de populație și factorul de deranj este prezent.

În total, au fost semnalate 6 specii de lilieci, care aparțin la două familii: Rhinolophidae și Vespertilionidae. Toate aceste specii sunt rare și protejate la nivel național și internațional (Tab. 1). Toate speciile identificate sunt incluse în Cartea Roșie a Republicii Moldova [1], Cartea Roșie a Vertebratelor din România [2] și Cartea Roșie a Ucrainei [17] cu diferit statut de raritate. Toate speciile sunt incluse în *Anexa II* a Convenției de la Berna (specii de animale strict protejate) [8], *Anexa II* a Convenției pentru Conservarea Speciilor Migratoare [9] și în Acordul pentru Conservarea Populațiilor de Lilieci din Europa (EUROBATS) [10].

Tabelul 1. Speciile de lilieci din siturile studiate și statutul lor de conservare

Nr.	Specie	Căprești	Bârnova	CRM	CRU	CRVR	Convenția Berna	CSM
1.	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	-	+	EN	VU	vulnerabil	Anexa II	Anexa II
2.	<i>Myotis mystacinus</i>	-	+	EN	EN	vulnerabil	Anexa II	Anexa II
3.	<i>M. daubentonii</i>	+	+	VU	CR	vulnerabil	Anexa II	Anexa II
4.	<i>M. dasycneme</i>	+	-	EN	CR	pe cale de dispariție	Anexa II	Anexa II
5.	<i>Plecotus auritus</i>	+	+	EN	VU	vulnerabil	Anexa II	Anexa II
6.	<i>P. austriacus</i>	+	-	VU	EN	rar	Anexa II	Anexa II

Notă: CRM – Cartea Roșie a Moldovei; CRVC – Cartea Roșie a Vertebratelor din România; CRU – Cartea Roșie a Ucrainei; CSM – Convenția pentru Conservarea Speciilor Migratoare; VU – specie vulnerabilă; EN – periclitată, CR – critic periclitată.

Siturile subterane identificate de la Căprești și Bârnova sunt importante pentru conservarea diversității liliecilor din zona de nord a Republicii Moldova, servind ca adăposturi de hibernare și de vară pentru speciile rare. Studiul faunei de chiroptere în această zonă este esențial și trebuie continuat, pentru a valorifica pe deplin semnificația acestor situri în protejarea și menținerea populațiilor de lilieci.

Concluzii

Minele cercetate de la Căprești și Bârnova sunt asemănătoare atât ca dimensiuni, cât și ca diversitate și componență a speciilor de lilieci. În total, au fost identificate 6 specii de lilieci: *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis dasycneme*, *M. daubentonii*, *M. mystacinus*, *Plecotus auritus*, *P. austriacus*.

În mina de la Căprești în perioada de împerechere specia dominantă a fost *M. daubentonii* (70%). În perioada de hibernare specia dominantă a fost *Plecotus auritus* (56,25%), urmată de *M. daubentonii* (31,25%).

În mina de la Bârnova în perioada de hibernare specia dominantă a fost *M. daubentonii* (50%), urmată de *R. hipposideros* (30%).

Toate speciile identificate în aceste mine sunt rare și protejate atât la nivel național, cât și internațional.

Adăposturile subterane de la Căprești și Bârnova sunt importante pentru conservarea diversității speciilor de lilieci din zona de nord a Republicii Moldova.

Studiul a fost realizat în cadrul subprogramului 010701 „Evaluarea structurii și funcționării lumii animale și ecosistemelor acvatice sub influența factorilor biotici și abiotici în contextul asigurării securității ecologice și bunăstării populației” și în cadrul proiectului „Evaluarea stării speciilor de plante, fungi și animale, elaborarea listei speciilor cu statut de raritate și algoritmului de prezentare a acestora în ediția a IV-a a Cărții Roșii a Republicii Moldova”, contract nr. 01-23p-096/03-05-2024, finanțat de Fondul National de Mediu.

Bibliografie:

1. *Cartea Roșie a Republicii Moldova*, ediția a III-a. Chișinău: Știința, 2015, 492 p.
2. *Cartea Roșie a Vertebratelor din Romania*. București, 2005, p. 16-41.
3. DECU, V., MURARIU, D., GHEORGHIU, V. *Chiroptere din România*. Institutul de Speologie „Emil Racoviță” al Academiei Române, Muzeul Național de Istorie Naturală „Grigore Antipa”. București, 2003, 521 p.
4. DIBOLSCAIA, N., CALDARI, V., LARION, A., NISTREANU, V. *Structura comunităților de lilieci (Mammalia, Chiroptera) în carierele de la Bâcioc sub influența schimbărilor antropice și climatice*. În: *Conf. Științif. „Tendințe contemporane ale dezvoltării științei: viziuni ale tinerilor cercetători”* ed. a IX-a, 2020, p. 157-163.
5. NISTREANU, V., ANDREEV, S., LARION, A., POSTOLACHI, V., CALDARI, V. *Bat species (Mammalia, Chiroptera) hibernating in abandoned stone quarries from Saharna, Republic of Moldova*. *Marisia. Științele Naturii*, vol. XXXV, 2015, p. 75-79.
6. NISTREANU, V., CALDARI, V., LARION, A., POSTOLACHI, V. *Preliminary data on bat species hibernating in Cupcini and Hordinești stone quarries from the northern zone of the Republic of Moldova*. *MARISIA. Studii și Materiale, Științele Naturii*. 2016, Vol. XXXVI, p. 77-83.
7. NISTREANU, V., LARION, A., CALDARI, V., DIBOLSCAIA, N. *Fauna de mamifere din Rezervația peisagistică „La Castel”, Republica Moldova*. *Buletinul AȘM. Științele Vieții*, 2021, nr. 1(343), p. 86-94. ISSN 1857-064X. <https://doi.org/10.52388/1857-064X.2021.1.11>
8. *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats – Bern Convention. Appendices of the Convention and Amendments to the Appendices*. Disponibil: <https://www.coe.int/en/web/bern-convention/appendices> (vizitat 05.02.2025).
9. *Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. Appendix I & II of CMS*. Disponibil: <https://www.cms.int/en/species/appendix-i-ii-cms> (vizitat 05.02.2025).
10. *Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora*. Disponibil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:01992L0043-20070101&from=EN> (vizitat 05.02.2025).
11. АВЕРИН, Ю. В., ЛОЗАН, М. Н. *Рукокрылые Молдавии. Вопросы экологии и практического значения птиц и млекопитающих*. Кишинев, 1965, № 2, с. 25-33.
12. АНДРЕЕВ, С. П., ВАСИЛЬЕВ, А. Г. *Летучие мыши (Chiroptera, Mammalia) комплекса искусственных подземелий с. Бычок*. В: Памяти проф. А. А. Браунера (1857-1941). Одесса: Астропринт, 1997, с. 100-103.
13. ВАСИЛЬЕВ, А. Г., АНДРЕЕВ, С. П. *Фауна рукокрылых (Chiroptera) поземелий долины среднего Днестра. Проблемы сохранения биоразнообразия среднего Днестра*. 1998, с. 30-32.
14. ДОРОШЕНКО, А. В. *Места обитания и численность летучих мышей Молдавии*. In: *Экология птиц и млекопитающих Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 1975, с. 82-96.
15. КУЧУК, А. В., ЛОЗАН, М. Н. *Летучие мыши Молдавии. Фауна Молдавии и ее охрана*. Кишинев: Штиинца, 1970, с. 166-167.
16. ЛОЗАН, М. Н., СКВОРЦОВ, В. Г. *О зимовках летучих мышей в Молдавии*. *Зоол. журнал*. Москва, 1965, Том 14, вып. 6, с. 941-943.
17. *Червона книга України. Тваринний світ / Під загал. ред. І. А. Акімова*. Киев: Глобалконсалтинг, 2009, 624 с. Disponibil: <http://redbook-ua.org/> (vizitat 21.01.2025).

Date despre autori:

Vladislav CALDARI, cercetător științific superior, doctor în științe biologice, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-8114-6751

E-mail: dalvcald@gmail.com

Victoria NISTREANU, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9726-9684

E-mail: vicnistreanu@gmail.com

Alina LARION, cercetător științific coordonator doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova

ORCID: 0000-0002-5313-4518;

E-mail: alinalarion68@gmail.com

Natalia DIBOLSCAIA, cercetător științific, doctor în științe biologice, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-9516-7476;

E-mail: dibolsckaya.natali@yandex.ru

Prezentat: 06.03.2025

CZU: 631.53.027.32:635.64

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_33](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_33)

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГЕНОТИПОВ ТОМАТА К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМУ СТРЕССУ ПО ПРИЗНАКАМ МУЖСКОГО ГАМЕТОФИТА

Миланья МАКОВЕЙ,*Государственный Университет Молдовы*

В статье представлены результаты изучения влияния низкотемпературного фактора (+6°C) на характер проявления признаков мужского гаметофита в условиях *in vitro* и *in vivo* при разных временных экспозициях (от 1 до 60 суток) хранения пыльцы генотипов томата. Показана динамика изменения качества пыльцы и её оплодотворяющей способности в зависимости от сроков хранения. Выделены генотипы томата (Л5, Л7, Солярис, Нота), с высоким адаптивным статусом их пыльцы к действию холодового фактора (+6°C), которая после хранения в течение 60 суток сохраняет оптимальный процент жизнеспособной пыльцы (8,1%-12,4%), одинаково хорошо прорастающей, как на искусственной питательной среде, так и рыльцах пестиков, обеспечивая умеренную завязываемость плодов (16,7-46,8%) и хорошее образование семян (13-50,9%). Такой подход к исследованиям можно эффективно использовать для оценки и выявления генотипов с высоким адаптивным потенциалом для использования в качестве доноров в селекционных программах, а также, когда требуются многократные опыления пыльцой генотипов с короткими сроками цветения и особенно в гетерозисной селекции при производстве гибридных семян.

Ключевые слова: *Томат, генотип, мужской гаметофит, низкотемпературный стресс, жизнеспособность пыльцы, длина пыльцевых трубок.*

THE ADAPTIVE POTENTIAL OF TOMATO GENOTYPES TO LOW-TEMPERATURE STRESS BY TRAITS OF MALE GAMETOPHYTE

The paper presents the results of studying the effect of low temperature factor (+6°C) on the character of manifestation of male gametophyte traits under *in vitro* and *in vivo* conditions at different time exposures (from 1 to 60 days) of pollen storage of tomato genotypes. The dynamics of pollen quality changes and its fertilizing ability depending on storage time was shown. Tomato genotypes (L5, L7, Solaris, Nota), with high adaptive status of their pollen to the cold factor (+6°C), which after storage for 60 days retains the optimal percentage of viable pollen (8, 1%-12.4%), germinating equally well both on artificial nutrient medium and pistil stigmas, providing moderate fruit set (16.7-46.8%) and good seed formation (13-50.9%). This research approach can be effectively used to evaluate and identify genotypes with high adaptive potential for use as donors in breeding programs, as well as when multiple pollinations with pollen of genotypes with short flowering periods are required and especially in heterotic breeding for hybrid seed production.

Keywords: *Tomato, genotype, male gametophyte, low-temperature stress, shelf life, pollen viability, pollen tube length.*

Введение

Изменение климата на планете выдвигает на первый план, как фундаментальных, так и прикладных исследований, решение задач, связанных с повышением устойчивости растений сельскохозяйственных культур на действие тех или иных неблагоприятных факторов внешней среды. По мнению некоторых авторов [1,2], резкие и самые большие потери урожая культурных растений связаны с неблагоприятными погодными условиями среды в период развития и функционирования мужских гаметофитов. Изучение механизмов адаптации растений по проявлению признаков, позволяющих контролировать продукционный процесс на ранних и самых уязвимых этапах онтогенеза, позволит определить их репродуктивный потенциал и выделить наиболее ценные генотипы. При этом важно учитывать, что чувствительность генеративной сферы растения к неблагоприятным условиям среды выше, чем вегетативной, а температурные интервалы, благоприятные для развития репродук-

тивных органов уже, чем для вегетативных [3]. Такого же мнения придерживается и другой автор [4], который предлагает при рассмотрении влияния экологических факторов на популяции высших растений, первостепенное значение придавать роли мужских гаметофитов, которые чрезвычайно чувствительны к влиянию и смене условий внешней среды, в отличие от женского, покрытого толстыми слоями соматических тканей. Микро- и гаметогенез в этом плане могут рассматриваться как объект для оценки статуса адаптации генотипа к условиям среды, так как качество пыльцевых зерен является главным показателем репродуктивной способности растений [5, 6] и основой формирования большого количества полноценных высококачественных семян [7]. А значит, пыльцевой анализ по характерным морфологическим признакам, жизнеспособности и оплодотворяющей способности пыльцевых зерен может быть успешно использован для оценки, выявления и отбора устойчивых к стрессовым абиотическим факторам генотипов томата [8]. Работами многих авторов, в том числе более раннего периода, показана эффективность отборов на микрогаметофитном уровне, по реакции пыльцы разных сельскохозяйственных культур на действие тех или иных абиотических, антропогенных и других стресс-факторов [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 и др.]. Установлено, что специфическая реакция пыльцы генотипов разных культур и сортов, механизмы их адаптации, оплодотворение и получение семян зависят от интенсивности и длительности действия стрессовых факторов до и во время цветения [18]. Резкое снижение и большие потери урожая, связаны с влиянием разных стрессоров именно в период формирования и развития мужских гамет и выхода их из пыльников [1]. Исследования, связанные с контролем развития пыльцы на ранних этапах и функционирования зрелой пыльцы под влиянием стрессовых экологических факторов, показывают её индивидуальные адаптивные реакции, приводящие к распределению микрогаметофитов на субпопуляции по морфобиологическим особенностям, количеству и качеству пыльцы [19]. Из чего следует, что возможность оценки и отбора устойчивых генотипов на одной из наиболее уязвимых фаз развития растений – стадия зрелого мужского гаметофита, может способствовать интенсификации поиска, выявлению и внедрению в рабочие программы источников новой зародышевой плазмы с генетически закрепленным высоким уровнем устойчивости к конкретным абиотическим стресс-факторам. Однако при этом необходимо учитывать и то, что оценка уровня и выделение устойчивых форм в естественных условиях усложняется совокупностью действия комплекса стрессоров [20], делая порой невозможным проведение таких работ в полевых условиях. К сожалению попытки, решить эту проблему с помощью классических методов селекции, пока не принесло успеха. Поэтому, наряду с действием естественных факторов в полевых условиях, их необходимо моделировать в лабораторных условиях, что предполагает возможность выбора действия одного конкретного стресс-фактора, регулирования уровня его жесткости и длительности действия.

Исходя из этого, целью данных исследований было изучение статуса адаптивности к действию низкотемпературного фактора у генотипов томата по признакам мужского гаметофита, оказывающих влияние на репродуктивные, воспроизводительные и другие функции растений в зависимости от срока хранения их пыльцы при температуре $+6^{\circ}\text{C}$.

Материал и методы

Исходным материалом для проведения исследований служили 14 генотипов томата – Л5, Л6, Л7, Л125, Л126, Л202, Л204, Л205, Л324, Л327 и сорта Виза, Солярис, Нота, Оникс. Растения выращивали в нерегулируемых условиях (грунтовая теплица) экспериментальной базы Института генетики, физиологии и защиты растений по общепринятым для томата методикам [21]. Использовали 30 учетных растений от каждого генотипа. Фенологические наблюдения, учеты характера проявления и степени выраженности морфо-биологических и хозяйственно-ценных признаков проводили согласно рекомендаций UPOV [22].

Объектом исследований был мужской гаметофит – пыльца генотипов томата, которую собирали в первой половине дня от полностью раскрывшихся цветков. Свежесобранную пыльцу от каждого генотипа делили на 7 частей, одну из которых сразу высевали на искусственную питательную среду, состоящую из 15% сахарозы и 0,006% борной кислоты и проращивали в условиях *in vitro*, в течение

3-х часов при температуре 25° С [19]. Определяли жизнеспособность-прорастание пыльцы (p , %) и длину пыльцевых трубок (l , μm) в делениях окуляр-микрометра, показатели которых служили контролем (К). Другие 6 частей пыльцы от каждого генотипа размещали в стеклянные бюксы и хранили в хладотермостате (ХТ – 3/70) при температуре +6° С в течение 1, 5, 10, 15, 30 и 60 суток (Опыты). По истечении каждой из указанных временных экспозиций хранения, пыльцу также проращивали в условиях *in vitro* на среде вышеприведенного состава, с последующим определением жизнеспособности и длины трубок. По каждому генотипу, и в каждом варианте исследований, оценивали не менее 500 пыльцевых зерен. Все препараты с пыльцой просматривали под световым микроскопом типа Zeiss (увеличение 7 x 20). О холодостойкости пыльцы судили по соотношению проросшей пыльцы в опыте (О) к контролю (О), выраженным в процентах.

$$P = O : K \times 100\%$$

Оплодотворяющую способность пыльцы, хранившейся при температуре +6° С в течение 1, 5, 10, 15, 30 и 60 суток определяли в естественных условиях – *in vivo*, путем нанесения её на рыльце пестика. По мере окончания указанных сроков хранения, пыльцу использовали для искусственного опыления цветков каждого генотипа. Кастрацию цветков осуществляли на стадии светло-желтого бутона. Опыляли по 25 цветков во всех вариантах исследований. Учитывали количество завязавшихся плодов от числа опыленных цветков и число образовавшихся семян в плодах. Дисперсионный анализ показателей изученных признаков проводили с использованием общепринятых методик [23] и компьютерной программы Excel 2016. Это позволило выявить влияние разных сроков хранения пыльцы на её жизнеспособность и длину пыльцевых трубок в условиях *in vitro*, и оплодотворяющую способность в естественных условиях – *in vivo*.

Результаты и их обсуждение

Способность пыльцы прорасти, и расти на искусственной питательной среде в условиях *in vitro*, дает возможность быстро и эффективно оценить, как жизнеспособность пыльцы (p , %), так и длину пыльцевых трубок (l , μm). Между генотипами установлены существенные различия по характеру проявления обоих изученных признаков пыльцы. Например, наиболее высокий процент по прорастанию пыльцы (60,3%) с аналогичным значением показателя признака, длина пыльцевых трубок (58,6 μm) отмечен у сорта Нота. Самую низкую жизнеспособность пыльцы (10,5%) с длиной трубок 38,1 μm имела линия 205. Тогда как самые длинные пыльцевые трубки (98,7 μm) формировали проросшие пыльцевые зерна Л125 с низкой исходной жизнеспособностью 28,4%. Жизнеспособность пыльцы была высокой и у сортов Солярис, Оникс, Виза и линии 202 с соответствующими показателями – 49,5%, 52,6%, 59,7% и 50,4%, которая при прорастании формировала и длинные пыльцевые трубки – 81,4 μm , 96,2 μm , 71,3 μm и 86,4 μm . У остальных генотипов эти показатели ниже, по прорастанию 34,3-46,6% и 37,3 μm - 63,2 μm по длине пыльцевых трубок (рис. 1а). Важно отметить, что не проросшие на питательной среде в условиях *in vitro* пыльцевые зерна, не лопались. Эти результаты указывают на высокий функциональный потенциал мужских гаметофитов протестированных генотипов томата.

Хранение пыльцы исследуемых генотипов в течение суток, приводит к резкому снижению показателей обоих признаков в разы, относительно контрольных значений (рис. 1а). Особенно выражено это у Л6/1, Л7, Л126, Л204, Л205 и с. Нота. Исключение составляет Л125, где процент проросших пыльцевых зерен увеличивается и составляет 47,4% против 28,4% в контроле, но при этом они формируют более короткие пыльцевые трубки, длина которых составляет 36,8 μm против 98,7 μm в контроле. Ответная реакция пыльцы всех генотипов на холодовой стресс оказалась достаточно неоднозначной и сложной. Различия наблюдаются и в пределах одного конкретного генотипа, относительно характера проявления двух разных признаков пыльцы (рис. 1а). Причиной этому может быть физиологическая переорганизация на функциональном уровне, способная переопределить биологические возможности организмов при действии температурных стресс-факторов, проявляющихся на разных уровнях структурной организации и жизнедеятельности [24]. При низких температурах также возможна комплексная ответная реакция, включающая изменение содержания белков, углеводов, органических соединений, ферментов и их активность [25]. Эти механизмы играют разную

и неоднозначную роль в адаптации растений к действию негативных температурных факторов, а значит они могут иметь ослабляющий, либо протекторный эффект и наоборот, усиливающее его влияние. Возможно, именно эти изменения лежат в основе высокой разнородности генотипов по специфической реакции их пыльцы на действие низкотемпературного стресс-фактора в первые сутки хранения.

Хранение пыльцы в течение 5-и суток и последующее её проращивание в условиях *in vitro*, выявил иной характер проявления признаков. Полностью теряла жизнеспособность пыльца Л205 (рис. 1 б). У остальных генотипов она прорастала значительно лучше, чем через сутки хранения, формируя при этом и более длинные трубки с выраженными различиями между генотипами (рис. 1 б). К примеру, у Л327 процент прорастания пыльцы низкий 9,6%, но при этом проросшие зерна формируют длинные трубки – 52,8 μm . Вероятно, более длительное хранение, способствовало адаптации пыльцы к действию холодового фактора и активизации физиологических и биохимических процессов на функциональном уровне.

Генотипоспецифические различия, как по прорастанию, так и длине пыльцевых трубок более выражены после 10 суток её хранения. Хорошее прорастание пыльцы наблюдается у линий 125, 126, 202 и сортов Виза, Солярис и Оникс, с варьированием показателя от 25,1% до 38,2% при длине пыльцевых трубок от 38,0 до 50,3 μm . У линий 6 и 7 показатели обоих признаков выше, чем при хранении их пыльцы в течение 5 суток (рис. 1 б и в). Можно предположить, что здесь имеет место некий стимулирующий эффект.

Процент прорастания пыльцы, хранившейся в течение 15 суток снижается, но при этом проросшие зерна, формируют пыльцевые трубки достаточной для оплодотворения длины (три диаметра пыльцевого зерна), сравнимые с вариантом – 10 суток (рис. 1 в и 1 г).

Способность пыльцы генотипов томата сохранять жизнеспособность под давлением низкой температуры в течение 10-15 суток, а проросших пыльцевых зерен, формировать длинные трубки, указывает на высокий адаптивный потенциал их геномов.

Индивидуальная реакция пыльцы изученных генотипов томата на действие холодового стресса сохраняется и при хранении её в течение 30 суток. Оптимальный процент проросшей пыльцы отмечен у Л5 – 11,8%; Л6 – 11,0%; Л7 – 14,0%; Виза – 16,4%; Солярис – 10,8% и Оникс – 14,0%, с достаточной для оплодотворения длиной пыльцевых трубок – 36,5 μm ; 30,4 μm ; 36,8 μm ; 33,4 μm ; 34,6 μm ; 41,8 μm , соответственно (рис. 1 д). Существенно снижается она у Л125, Л126 и Л204, но при этом проросшие зерна, также формируют нормальной длины трубки (30,4-31,7 μm). Пыльца линий 202, 324 и 327, после 30 суток хранения на искусственной питательной среде лопалась. Процент таких пыльцевых зерен от числа посеянных на среду составил от 12 до 37%, остальная пыльца прорастая формировала короткие и деформированные трубки. Более длительное хранение их пыльцы (60 суток), привело к полной потере её жизнеспособности, включая и сорт Нота (рис. 1 е).

Хранение пыльцы в течение 60 суток показала, что только у Л5, Л7, и сортов Солярис и Оникс сохранился оптимальный процент жизнеспособной пыльцы (8,1-12,4%) с достаточной для оплодотворения длиной трубок (30,8 μm - 38,6 μm) (рис. 1 е). Пыльца этих генотипов сохраняет способность к прорастанию и после 70-и дней хранения с соответствующими показателями – 2,4%, 9,4%, 3,1% и 7,2% при длине трубок – 19,6 μm , 30,1 μm , 25,4 μm и 24,2 μm . Чтобы обеспечить оплодотворение яйцеклеток, требуется не менее 5% жизнеспособной пыльцы [3]. Присутствие в оставшемся наборе пыльцевых зерен гамет, характеризующихся повышенной устойчивостью к низкой температуре, указывает на высокий адаптивный статус этих генотипов к данному стресс-фактору.

Руководствуясь полученными результатами можно предположить, что в условиях низких температур происходит перестройка белковых систем, изменяются физиолого-биохимические процессы, нарушаются энергетические процессы дыхательного цикла пыльцы, и эти механизмы у каждого изученного генотипа томата разные (специфические), что подтверждается неоднозначной реакцией их на низкотемпературный стресс. Такой подход к исследованиям указывает на эффективность его использования для оценки и выявления генотипов, пыльца которых способна выдерживать температурные режимы отличные от оптимальных в течение длительного времени.

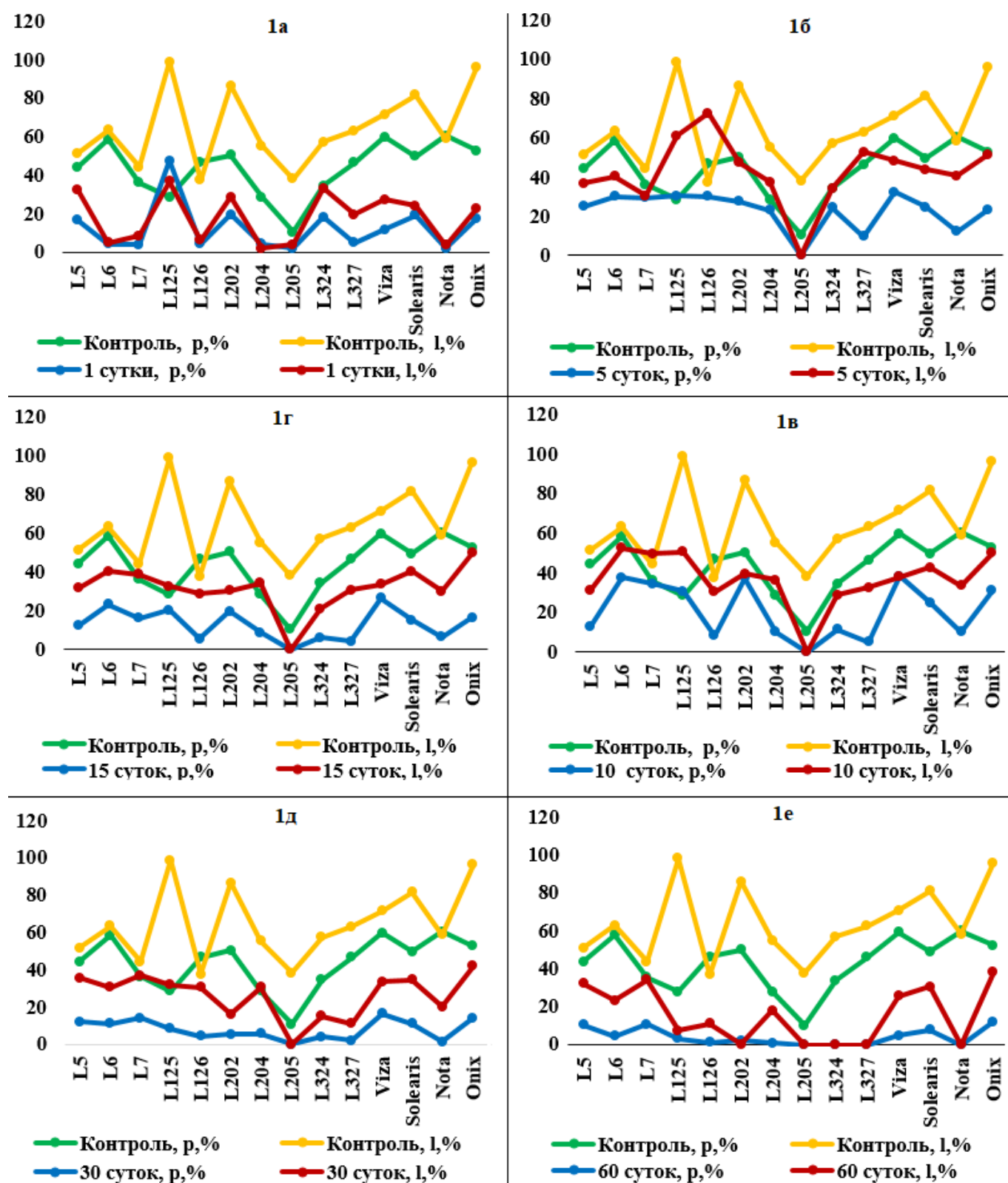


Рисунок 1. (а, б, в, г, д, е). Жизнеспособность пыльцы (р, %) и длина пылевых трубок (l, %) в зависимости от продолжительности её хранения (1, 5, 10, 15, 30, 60 суток) в условиях низкой положительной температуры (+6°C)

Успешное прорастание пыльцы на искусственной питательной среде далеко не означает активное прорастание её на рыльцах пестика. Опыление являясь одним из важнейших этапов в жизни растения, непосредственно предшествует оплодотворению, завязыванию плодов и образованию семян.

В связи с этим, изучали оплодотворяющую способность пыльцы, перенесшей холодовой стресс при разных сроках хранения – 1, 5, 10, 15, 30 и 60 суток.

Опыление цветков вегетирующих растений, собственной свежесобранной пыльцой (контроль) не выявило 100%-о завязывания плодов от числа опыленных цветков ни у одного из генотипов. Наибольший процент завязывания плодов (93,2%) отмечен у сорта Оникс, с умеренным образованием семян в них – 53 шт. на плод. В то время как у Л17 и Л125, процент завязывания плодов от числа опыленных цветков составляет 86,7% и 80%, но при этом семян в плодах образуется больше – 73 и 104 шт. на 1 плод. Самый низкий процент плодов (20%) завязалось у Л205 с аналогичным показателем семян в них (21шт.), которая также имела и очень низкую жизнеспособность свежесобранной пыльцы (10,5%). Здесь следует отметить и то, что не всегда высокая жизнеспособность пыльцы соотносится с высоким завязыванием плодов и образованием семян в них, и наоборот (рис 1а и табл. 1). Например, пыльца сорта Нота при высокой жизнеспособности (60,3%) и длине трубок 58,6 μm , показала низкую оплодотворяющую способность – 33,3% с аналогичным показателем семян в плодах (24 штук). Тогда как, пыльца Л125 с жизнеспособностью 28,4% при длине трубок 98,7 μm , прорастая на рыльце обеспечила высокое завязывание плодов (80,8%) с большим числом семян на плод (104 штук). (рис 1а и табл. 1). Строго выраженной прямой связи между прорастанием пыльцы на питательной среде в условиях *in vitro*, завязываемостью плодов и образованием в них семян в условиях *in vivo* при искусственном опылении свежесобранной пыльцой, не выявлено.

Опыление рылец пестиков пыльцой, хранившейся в течение суток, привело к снижению завязываемости плодов и образованию семян в 2-3 раза и более по сравнению с вариантом от опыления свежесобранной пыльцой. Исключение составляет Л125, где завязывания плодов выше, чем в контроле, но при этом семян в плодах в два раза меньше. И, наоборот у Л324, где завязывание плодов аналогично варианту от опыления свежесобранной пыльцой, но семян в плодах в 1,5 раз больше (табл. 2). Это указывает на высокий адаптивный потенциал по длине пыльцевых трубок, которые в естественных условиях быстро прорастают на рыльцах пестика обеспечивая активное оплодотворение. Самое низкое завязывание плодов (14,3-17,4%) и образования в них семян (10,9-32,2%), выявлено у линий 7, 126, 204, 205, 327 и сорта Нота с аналогично резким снижением жизнеспособности их пыльцы в первые сутки хранения (табл. 1). Пыльца этих генотипов также плохо прорастала на рыльцах собственных цветков. Это указывает на снижение оплодотворяющих свойств пыльцы, перенесшей холодовой стресс даже, столь короткое время.

Завязывание плодов и образование полноценных семян у всех генотипов было в разы больше при опылении их цветков пыльцой, хранившейся в течение 5 суток (табл. 1). У Л6, Л7, Л126, Л327, Виза, Нота и Оникс, отмечается высокая оплодотворяющая способность, в том числе и относительно контроля (табл. 1). Интересными являются результаты по сорту Солярис, где при опылении цветков пыльцой, хранившейся в течение суток, не завязалось ни одного плода, тогда как пыльца, хранившаяся 5 суток, обеспечила хорошее завязывание плодов (45,6%) с умеренным образованием в них семян (39,1%) (табл. 1). Эти результаты, свидетельствуют о разной, но достаточно высокой оплодотворяющей способности пыльцы, хранившейся в течение 5 суток. Предположение о том, что более длительное хранение приводит к адаптации пыльцы генотипов томата к действию холодового фактора и активизации физиологических и биохимических процессов на функциональном уровне, сделанное на основе проращивания пыльцы на искусственной питательной среде в условиях *in vitro*, справедливо и для завязывания плодов и образования семян в условиях *in vivo*.

Высокую оплодотворяющую способность сохраняет и пыльца, хранившаяся в течение 10-15 суток. Лучшие результаты от опыления такой пыльцой получены как по завязыванию плодов, так и формированию семян у Л5, Л6, Л7, Л125 и сортов Виза, Нота. Одновременно выделяются и генотипы – Л202, Л327 и Л126 с высокой завязываемостью плодов (51,4-62,5%) и умеренным образованием семян (38,4-40,6%) в варианте опыления пыльцой, хранившейся в течение 10 суток (табл. 1). Эта закономерность сохраняется и при опылении пыльцой 15-ти суточного хранения (25,4-60,0%

- завязывание плодов) и (16,1- 41,9% - образование семян) (табл. 1). Тогда как у Л204, Л324 и сорта Солярис наоборот, завязывание плодов ниже (27,3-35,7% – 10 суток и 22,8-25,5 – 15 суток), но при этом образование семян выше и соответственно составляет 41,3-63% – 10 суток и 33,9-42,7 – 15 суток (табл. 1).

Выявленные между генотипами различия при анализе влияния срока хранения пыльцы на жизнеспособность и длину трубок при более длительном её хранении (30-60 суток), сохранялись и относительно её оплодотворяющей способности в естественных условиях при учете завязывания плодов и образования в них семян (табл. 1).

Высокую оплодотворяющую способность после 30 суток хранения сохранила пыльца линий 5, 7, 125, 126 и сорта Оникс. Завязываемость плодов у них была от умеренного до высокого и соответственно составила – 61,2%, 59,6%, 31,8%, 38,7% и 47,6%, в том числе и по образованию семян – 63,7%, 43,8%, 49,0%, 53,2% и 55,1% (табл. 1), что указывает на высокую оплодотворяющую способность пыльцы, и одновременно подтверждает высокий адаптивный статус этих генотипов, относительно действия низкотемпературного фактора. Этот вывод справедлив и для пыльцы, хранившейся в течении 60 суток, которая при прорастании в условия *in vitro* показала оптимальный процент жизнеспособной (8,1-12,4%) обеспечив хорошую завязываемость плодов (16,7%-46,8%), с аналогичными показателями по образованию в них семян (13,0% - 50,9%) в условиях *in vivo* (табл. 1).

Таблица 1. Показатели завязывания плодов и образования семян в плодах при искусственном опылении цветков генотипов томата, пыльцой от разных сроков хранения (1, 5, 10, 15, 30 и 60 суток) при температуре +6°C

Генотип	Опыление свежесобранной пыльцой (Контроль)		Продолжительность хранения пыльцы при температуре +6°C (сутки)						Количество завязавшихся плодов (%) и образовавшихся в них семян (%), относительно варианта опыления свежесобранной (контроль)					
			1 (24 часа)		5 (120 часов)		10 (240 часов)		15 (360 часов)		30 (720 часов)		60 (1440 часов)	
	плодов, %	семян, шт	плодов	семян	плодов	семян	плодов	семян	плодов	семян	плодов	семян	плодов	семян
L 5	60,0	68	58.8	41.2	60.4	65.9	64.7	71.2	76.5	60.3	61.2	63.7	46.8	45.6
L 6/1	73,3	92	39.4	22.8	85.1	47.8	84.7	66.3	57.1	54.3	14.3	39.1	33.3	13.0
L 7	86,7	73	17.4	31.5	65.2	56.2	60.9	91.8	69.6	67.1	59.6	43.8	21.7	24.7
L 125	80,0	104	90.9	45.2	54.5	80.8	77.3	76.9	72.7	70.2	31.8	49.0	9.0	-
L 126	53,3	44	16.7	22.7	38.9	106.8	51.4	40.0	50.5	41.9	38.7	52.3	16.7	25.0
L 202	66,7	86	55.0	31.4	65.0	45.3	60.0	38.4	60.0	40.3	19.0	8.0	-	-
L 204	26,7	42	18.6	20.9	42.9	59.5	35.7	54.8	22.8	38.2	21.4	3.8	7.1	-
L 205	20,0	21	16.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L 324	33,3	27	33.3	148.1	55.5	79.2	33.3	63.0	33.3	42.7	11.1	6.7	-	-
L 327	46,7	31	15.4	32.2	53.8	116.2	69.2	38.7	25.4	16.1	-	-	-	-
Viza	66,7	64	50.0	32.8	78.7	64.0	62.5	50.0	61.2	62.5	23.7	5.0	-	-
Solearis	46,7	46	-	-	45.6	39.1	27.3	41.3	25.5	33.9	17.3	33.0	8.2	12.5
Nota	33,3	24	14.3	22.4	71.4	90.5	85.7	66.7	68,0	66.7	18.6	42.9	-	-
Onix	93,2	53	19.5	27.0	57.4	64.3	47.6	53.4	42.9	49.0	47.6	55.1	28.6	50.9
HCP ₀₅	21,8	9,4												

Справедливо будет отметить, что очень низкий процент жизнеспособной пыльцы (2,1 и 4,8%), сохранившийся после хранения в течение 60 суток у Л6 и Л126, обеспечивал завязывание единичных плодов (1-3 плода) с присутствием в них от 3 до 5 семян. В то же время при жизнеспособности пыльцы 5,1-11,3% у Л202, Л205, Л324, плодов не завязалось.

Одновременно необходимо учитывать и то, что вероятно в процессах опыления и оплодотворения не последнюю роль играет и синхронность созревания семязачатков. Не располагая соответствующими данными, мы не в праве делать конкретные выводы, но можно предположить, что у большинства изученных генотипов способность семязачатков к оплодотворению была достаточно высокой, и также сохраняется продолжительное время.

Выводы

Установлена неоднозначная реакция пыльцы генотипов томата на действие низкой положительной температуры (+6°C) при разных временных экспозициях её хранения (1, 5, 10, 15, 30, 60 и 70 суток). Выделены генотипы томата (Л5, Л7, Солярис, Оникс), пыльца которых сохраняет оптимальный процент жизнеспособной пыльцы (8,1-12,4%) при хранении в течение 60 суток, которая в условиях *in vivo* обеспечивает хорошее завязывание плодов (16,7-46,8%) с аналогичным показателем по образованию полноценных высококачественных семян (13,0-50,9%). Минимальный процент жизнеспособной пыльцы (2,4, 7,2 и 9,4%) у этих генотипов выявлен и после 70 суток хранения.

По мере увеличения срока хранения пыльцы различия между генотипами томата, становятся более выраженными не только относительно снижения показателей изученных признаков, но характеру их проявления: позже начинается прорастание пыльцы, повышается процент лопнувших пыльцевых зерен, отмечается более длительный рост пыльцевых трубок с заметными искривлениями и деформациями, включая утолщения на концах трубок.

Наиболее выражены различия между генотипами томата, как по прорастанию пыльцы и росту пыльцевых трубок в условиях *in vitro*, так и её оплодотворяющей способности по завязыванию плодов и образованию в них семян в условиях *in vivo*, отмечаются при хранении пыльцы в течение 10-15 суток, что может активно и эффективно использоваться для быстрой оценки адаптивного потенциала большого числа генотипов томата.

Комплексный подход к изучению жизнеспособности пыльцы, её функциональных и воспроизводительных свойств при хранении в течение длительного времени (1-60 суток), включая динамику изменения показателей признаков мужского гаметофита, отражающих качество пыльцы, указывает на возможность использования такого подхода для оценки и отбора устойчивых к низкой температуре генотипов томата, а также для хранения пыльцы, когда в скрещиваниях требуются многократные опыления пыльцой генотипов с коротким сроком цветения и особенно в гетерозисной селекции и при производстве гибридных семян

Библиография:

1. ETTORÉ PACINI, RUDI DOLFERUS. *Recent Advances and Future Perspectives*. In book: *Abiotic and Biotic Stress in Plants*. 2016. DOI: 10.5772/61671.
2. KANG, M. S. *Breeding: Genotype-by-environment interaction*. *Encyclopedia of Plant and Crop Science*. New York: Marcel-Dekker, 2004. pp. 218-221, ISBN: 0491334386.
3. ЖУЧЕНКО, А. А. *Мобилизация генетических ресурсов цветковых растений на основе их идентификации и систематизации*. Москва. 2012. 581 с. ISBN: 978-5-85941-452-9.
4. PFAHLER, P. L. *Comparative effectiveness of pollen genotype selection in Higher plants*. *Pollen: Biology and Implications for Plant Breeding*. N.Y. 1992. pp. 361-366. ISBN 13: 978-0444007384.
5. DOLFERUS, R., POWELL, N., Ji, X., RAVASH. R., EDLINGTON, J., OLIVER, S., et al. *The physiology of reproductive-stage abiotic stress tolerance in cereals*. *Molecular Stress Physiology of Plants*, 2013. 193-216. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-81-322-0807-5>
6. KRUGLOVA, N. N. *Assessment of the pollen grains quality in flowering plants (overview)*. *Bul. of the State Nikita Botan. Gard*. 2020. (135):50-56. ISSN: 0513 – 1634.

7. DEMURIN, Ya. N., RUBANOVA, O. A. *Pollen analysis of plants of various sunflower genotypes. J. Oilseed crops*, 2021. 2(186), 10-17. <https://journal-oil-crops.ru/vypusk-2186/>
8. MAKOVEI, M. *Pollen quality as a criterion for selection of tomato genotypes resistant to stress abiotic factors”. Intern. Journal of Agriculture & Environmental Science*, 2023. 10(6), 1-9. <https://doi.org/10.14445/23942568/IJAES-V10I6P101>
9. ZAMIR, D., GADISH, I. *Pollen selection for low temperature adaptation in tomato. Theoretical and Applied Genetics*, 1987. 74(5), 545-548. <https://article/10.1007/BF00288849>
10. FROVA, C., PORTALUPPI, P., VILLA, M., SARI-GORLA, M. *Sporophytic and gametophytic components of thermotolerance affected by pollen selection. Journal of Heredity*, 1995. 86 (1), 50-54. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a111525>
11. DOMINGUES, E., J. CUARTERO, J., FERNANDEZ-MUNOZ R. *Breeding tomato for pollen tolerance to low temperatures by gametophytic selection. J. Euphytica*, 2005. 142(3), 253-263. <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-005-2042-0>
12. PATIL, B. S., RAVICUMAR, R. L., SALIMATH, P. M. *Effect of pollen selection for moisture stress tolerance on progeny performance in Sorghum. Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2006. 4(1), 201-204. <https://doi.org/10.1234/4.2006.794>
13. YEUN-KYUNG, C., LESLIE, A., BLISCHAK VEILLEUX, R., JAVED IGBAL, M. *Effect of temperature on gametophytic selection in a Phalaenopsis F₁ population. Euphytica*, 2010. 171(2), 251-261. <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-009-0040-3>
14. MATAMOROVIDAL, A., FURNESS, C.A., GOUYON, P. H. et al. *Evolutionary stasis in Euphorbiaceae pollen: selection and constraints. Journal of Evolutionary Biology*, 2012. 25(6), 1077-1096. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2012.02494.x>
15. DAVID MONICA. *Pollen grain expression of intrinsic and osmolyte induced osmotic adjustment in a set of wheat cultivars. Romanian agricultural research*. 2012. (29), 45-52. ISSN: 1222 – 4227.
16. SINGH, A., CHOWDHURY, R., DAS, R. *Gametophytic Selection: A Simple Technique for Thermo Tolerance Genotypes Identification in Maize”, Intern. Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2017. 6(8), 1649-1655. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2017.602.198>
17. MAKOVEI, M. *Pollen reaction of mutant tomato forms to abiotic stress factors. Journal Plant Breeding and Seed Production*. 2023. (124), 6-20. DOI:10.30835/2413-7510.2023.293843
18. DE STORME, N., GEELEN, D. *The impact of environmental stress on male reproductive development in plants: biological processes and molecular mechanisms. Plant Cell Environ*, 2014. 37(1), 1-18. <http://doi.org/10.1111/pce.12142>.
19. МАКОВЕЙ, М. Д. *Селекция томата на устойчивость к стрессовым абиотическим факторам с использованием гаметных технологий. Кишинев*. 2018. 473 с. ISBN: 978-9975-56-565-3.
20. КОШКИН, Е. И. *Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур*. Москва. 2010. 638 с. ISBN: 978-5-358-07798-0.
21. ORZAN, V., IONESCU, C. *Metodica și Tehnica Experimentală pentru încercarea soiurilor de legume de câmp*. București, 1989. 268 p.
22. TOMATO - UPOV (INTERNATIONAL UNION FOR THE PROTECTION OF NEW VARIETIES OF PLANTS), *Solanum lycopersicum* L. V 2017 0007 TG/44/11 Rev. Geneva.
23. ДОСПЕХОВ, Б. *Методика опытного дела*. Москва. 1985. 416 с. ISBN: 978-5-458-23540-2.
24. MIURA, K., FURUMOTO, T. *Cold signaling and cold response in plants. International Journal Molecular Science*. 2013. 14(3), 5312-5337. <https://doi.org/10.3390/ijms14035312>
25. Zhuang, J. et al. *Transcriptomic, proteomic, metabolomics and functional genomic approaches for the study of abiotic stress in vegetable crops. Critical Reviews in Plant Science*. 2014. 33 (2-3), 225-237. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.870420>

N. B.: Исследования проводились в рамках Субпрограммы 011102 «Повышение и сохранение генетического разнообразия, селекция сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата», финансируемой Министерством образования и науки.

Данные об авторе:

Миланья МАКОВЕЙ, доктор хабилитат биологических наук, главный научный сотрудник, Институт Генетики, Физиологии и Защиты Растений, Государственный университет Молдовы.

ORCID: 0009-0009-5039-6270,

E-mail: milania.makovei@sti.usm.md

m_milania@mail.ru

Получено: 28.02.2025

CZU: 582.28:574.5(478-25)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_34](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_34)

STUDIUL MICROMICETELOR DIN LACUL VALEA TRANDAFIRILOR DIN MUNICIPIUL CHIȘINĂU

*Cristina MOLDOVAN, Tamara SÎRBU,**Universitatea Tehnică din Moldova*

Micromicetele izolate din sol, aer, de pe plante sunt deja folosite pe scară largă în biotehnologie pentru producția de enzime, antibiotice, proteine umane, etc. În acest context, micromicetele acvatice reprezintă o zonă emergentă cu un potențial mare în producția de molecule bioactive. În rezultatul studiului micromicetelor izolate din lacul „Valea Trandafirilor”, mun. Chișinău s-a constatat că comunitatea fungică în lac este densă și diversă. Din 105 tulpini de micromicete izolate în cultură pură au fost identificați reprezentanți ai 14 genuri. Evaluarea potențialului enzimatic al tulpinilor izolate a permis selectarea tulpinilor cu activitate enzimatică semnificativă. Astfel, putem constata că lacurile pot fi o sursă de micromicete cu potențial valoros pentru biotehnologie.

Cuvinte-cheie: micromicete, densitate, diversitate, gen, activitate enzimatică, amilaza, catalaza, celulaza, lipaza.

STUDY OF MICROMYCETES FROM THE ROSE VALLEY LAKE IN CHISINAU MUNICIPALITY

Micromycetes isolated from soil, air, and plants are already widely used in biotechnology for the production of enzymes, antibiotics, human proteins, etc. In this context, aquatic micromycetes represent an emerging area with great potential in the production of bioactive molecules. As a result of the study of micromycetes isolated from the “Valea Trandafirilor” lake, Chisinau municipality, it was found that the fungal community in the lake is dense and diverse. Out of 105 strains of micromycetes isolated in pure culture, representatives of 14 genera were identified. The evaluation of the enzymatic potential of the isolated strains allowed the selection of strains with significant enzymatic activity. Thus, we can conclude that lakes can be a source of micromycetes with valuable potential for biotechnology.

Keywords: micromycetes, density, diversity, genus, enzymatic activity, amylase, catalase, cellulase, lipase.

Introducere

În ecosistemele acvatice sunt prezente micromicetele (funghi miceliali), care sunt printre cele mai diverse și răspândite microorganisme în lume. Micromicetele participă activ la descompunerea materiei organice, care este abundentă în ecosistemele acvatice. Densitatea și varietatea lor, în apele dulci variază mult în dependență de anotimp și de populația de la mal, manifestându-se mai activ primăvara, în perioada de inundații sau după ploi abundente [5, 7, 12, 13, 18].

Toate organismele vii produc enzime, care catalizează reacții chimice organice și anorganice. Comparativ cu procesele chimice convenționale, procesele enzimatică sunt mai eficiente și ecologice, oferind condiții de reacție mai blânde, selectivitate și specificitate avansată, contribuind totodată la reducerea deșeurilor și produselor secundare. În ultimii ani producția și comercializarea enzimelor a crescut semnificativ [4, 10, 21].

Creșterea populației și dezvoltarea economică cresc presiunea asupra resurselor naturale. Pentru a reduce impactul ecologic, industriile adoptă tehnologii alternative, cum ar fi biotehnologia industrială, care utilizează materiale și procese inspirate din natură pentru a produce mai multe produse cu mai puține resurse, contribuind la un model de producție mai sustenabil și ecologic [6, 8].

Pentru producția industrială la scară largă a enzimelor, sursele microbiene sunt preferate datorită eficienței, costurilor reduse și capacității de a se adapta în orice mediu. Micromicetele sunt o sursă valoroasă ca producători de substanțe bioactive, datorită capacității lor de a produce enzime eficiente în cantități mari, stabile. La scară industrială, micromicetele sunt folosite ca bioreactoare pentru producerea de enzyme (amilaza, celulaza, proteaza, lipaza, catalaza, etc), datorită simplității proceselor de producție, recuperare și purificare și sinecostului redus [8, 9, 23, 25].

Enzimele microbiene sunt utilizate în diverse industrii, inclusiv în producția de alimente, băuturi, medicină, cosmetice și bioenergie, contribuind la dezvoltarea unor procese mai economice și sustenabile etc. [2, 3, 14, 19, 22, 20, 21].

Din punct de vedere biotehnologic, enzimele microbiene sunt folosite în industrie pentru a reduce timpul de producție, a îmbunătăți stabilitatea și purificarea, și a stabili procesele, având o diversitate biochimică ridicată și facilitând manipularea genetică. Aceste enzime contribuie la minimizarea deșeurilor și consumului de energie. De asemenea, cercetările recente se concentrează pe identificarea de agenți antimicrobieni eficienți pentru combaterea rezistenței bacteriene, care a devenit o problemă majoră în industria microbiană [27].

Hifomicetele acvatică produc enzime lignocelulolitice, care descompun polimerii din plante, precum hemiceluloza, celuloza și lignina. Aceste enzime facilitează descompunerea materiei vegetale, care este sursa de existență pentru bacterii și alte viețuitoare. De asemenea prin acțiunea enzimelor de descompunere a polimerilor vegetali, hifomicetele joacă un rol important în fluxul de carbon (C) din ecosistemele acvatice [6].

Micromicetele pot metaboliza o gamă largă de poluanți anorganici și organici datorită enzimelor lor, facilitând descompunerea multor compuși. Enzimele extracelulare, cum sunt lacazele și peroxidazele, joacă un rol esențial în procesele de biodegradare, catalizând reacții oxidative care rup legături chimice în structuri complexe [28].

Pentru a evalua capacitățile enzimatică (amilaza, catalaza, celuloza, lipaza) ale unor tulpini de micromicete, izolate din lacul „Valea Trandafirilor”, au fost testate tulpini, care aparțin celor mai reprezentative genuri: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus*, considerați că posedă proprietăți enzimatică semnificative.

Materiale și metode

Ca material de studiu a fost utilizate micromicetele izolate din probele de apă, sedimente și biofilm, prelevate din lacul „Valea Trandafirilor” din municipiul Chișinău. Prelevarea probelor s-a efectuat în vase sterile. Apa a fost prelevată în sticle cu capacitatea de 1 litru fiecare, la 30 cm de la suprafața apei. Probele de nămol au fost prelevate pe tot perimetrul lacului, iar probele de biofilm de la suprafața apei. Toate probele prelevate au fost prezentate în laborator pentru izolarea imediată a microorganismelor.

Pentru izolarea micromicetelor (fungilor) din probele prelevate sau luat 1 ml de apă, 1 gr de sedimente și 1 gr de biofilm. Pentru micșorarea densității microorganismelor pe cutiile Petri au fost efectuate diluții succesive. Numărul diluțiilor a constituit 10^{-2} - 10^{-6} .

Inhibarea creșterii și dezvoltării bacteriilor în mediile nutritive mediile agarizate au fost suplimentate cu soluție de levomicetină în concentrație de 0,1%/l mediu.

La izolare s-a folosit metoda de încorporare: un mililitru de apă (nămol, biofilme) din proba inițială, cât și din diluțiile efectuate s-a repartizat steril cu o pipetă gradată în cutii Petri sterile, goale, peste care s-a turnat mediul agarizat topit și răcit la 45°C. Cu mișcări de rotație ușoare într-un sens sau altul totul s-a amestecat bine. După solidificarea mediului, cutiile Petri, au fost tranferate în termostat la temperatura de 28-30°C, pentru incubare, care a durat 3-10 zile.

Coloniile de fungi apărute pe cutiile Petri au fost numărate, apoi în dependență de diluțiile efectuate a fost stabilită densitatea unităților formatoare de colonii (UFC)/ 1 ml probă.

Izolarea tulpinilor în cultură pură s-a efectuat pe mediul malț-agar. În rezultatul examinării vizuale și la microscop a particularităților morfo – culturale ale tulpinilor izolate, utilizând ghidurile de identificare [29 - 33], tulpinile au fost clasificate după gen.

Frecvența procentuală a genurilor de micromicete izolate din lac a fost calculată urmând metoda descrisă în lucrările [1, 17]. Formula folosită este următoarea:

*Apariția procentuală a fiecărei micromicete = (Numărul total de micromicete izolate / Numărul de micromicete de un anumit gen) *100*

Numărul de micromicete per probă = (Numărul total de micromicete izolate / Numărul de probe colectate)

Pentru evaluarea potențialului enzimatic a tulpinilor de micromicete au fost utilizate 28 tulpini de micromicete predominante, izolate din lacul „Valea Trandafirilor”, dintre care 9 au fost izolate din probele de apă, 14 din probele de sedimente și 5 tulpini izolate din probele de biofilm.

Au fost utilizate metodele expres de identificare a amilazei, catalazei, celulazei și lipazei.

Activitatea amilazei. Tulpinile de fungi au fost cultivate pe mediul malț-agar suplimentat cu amidon (compoziția mediului (g/l): malț (6 B) – 1L; geloză 20,0; amidon 1,0; pH-ul -5,8 - 6,0, care s-a autoclavat timp de 30 min la 3/4 atmosfere). Incubarea tulpinilor s-a efectuat la temperatura de 28 - 30°C timp de 96 ore. După incubare, 3 ml de iod 1 % au fost turnate în fiecare cutie Petri, iar apariția zonei transparente în jurul coloniilor indică sinteza de amilază. Experimentele au fost efectuate în trei repetări, iar valorile medii au fost prezentate ca rezultate finale [35].

Activitatea catalazei. Tulpinile de micromicete au fost cultivate pe mediul malț-agar, la 28 - 30°C timp de 96 ore. Toate tulpinile au fost verificate, urmând metoda lui Mahon și colab, (2015) – picătură-sticlă. Pe o lama de sticlă cu ajutorul unui ac s-a aranjat particule mici de miceliu din tulpinile de micromicete selectate, deasupra acestora s-a adăugat câte o picătură de peroxid de hidrogen (H_2O_2 de 3%). Reacțiile pozitive au fost evidente prin efervescență imediată (formarea bulelor) [15].

Activitatea celulazei. Tulpinile de micromicete au fost cultivate pe mediul malț-agar, suplimentate cu 10 g/l carboximetilceluloză, timp de 96 ore, la temperatura de 28 - 30°C. După incubare, 3 ml de iod 1 % sau 3 ml de 1 % Congo-roșu au fost turnate în fiecare cutie Petri. Suprafața mediului agarizat a fost spălată de exces de colorant cu apă distilată, iar apariția zonelor galbene sau roșii în jurul coloniilor indică sinteza de celulază [11].

Activitatea lipazei. Pentru screening-ul preliminar al activității enzimei lipaza, tulpinile de micromicete au fost cultivate pe mediul malț-agar suplimentat cu 10 g/l Tween 80, timp de 96 ore, la temperatura de 28 - 30°C. Soluția de Tween 80 (10g/l) s-a autoclavat separat, apoi după răcire până la 50°C s-a amestecat împreună cu mediul agarizat. După cultivare, în calitate de indicator a servit apariția zonei transparente în jurul coloniei [34, 35].

Rezultate și discuții

După efectuarea diluțiilor succesive a probelor de apă, sedimente și biofilm a fost efectuată inocularea micromicetelor în cutii Petri pe mediul malț-agar. Coloniile de fungi apărute pe cutiile Petri au fost numărate, apoi în dependență de diluțiile efectuate a fost stabilită densitatea Unităților Formatoare de Colonii (UFC)/1 ml probă. **În rezultat** sa constatat că densitatea micromicetelor izolate din apă constituie 3×10^4 UFC/ml, în sedimente 8×10^4 UFC/gr, iar în biofilm 1×10^3 UFC/gr.

După examinarea vizuală și stabilirea purității coloniile ce se deosebeau după mărime, formă, culoare, marginea coloniei, culoarea reversului, indiferent de locul izolării, au fost selectate 105 tulpini și transferate în tuburi înclinate cu mediu agarizat malt-agar pentru cercetări ulterioare.

La următoarea etapă a fost studiate particularitățile morfo-culturale a celor 105 tulpini izolate, iar în rezultatul cercetărilor au fost identificate 14 genuri: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Acremonium*, *Talaromyces*, *Botrytis*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Monilia*, *Phoma* (tab. 1).

Tabelul 1. Numărul de tulpini izolate și frecvența de apariție ale acestora

Nr.	Genul tulpinilor	Valea Trandafirilor	
		Nr. tulpinilor izolate	Frecvența, %
1	<i>Penicillium sp.</i>	22	20,96
2	<i>Aspergillus sp.</i>	28	26,68
3	<i>Trichoderma sp.</i>	12	11,43
4	<i>Alternaria sp.</i>	5	4,76
5	<i>Fusarium sp.</i>	7	6,67

6	<i>Mucor sp.</i>	4	3,81
7	<i>Rhizopus sp.</i>	2	1,90
8	<i>Acremonium sp.</i>	2	1,90
9	<i>Talaromyces sp.</i>	2	1,90
10	<i>Botrytis sp.</i>	2	1,90
11	<i>Phoma sp.</i>	1	0,95
12	<i>Chaetomium sp.</i>	2	1,90
13	<i>Monilia sp.</i>	1	1,90
14	<i>Cladosporium sp.</i>	1	0,95
15	Nedetrminate	14	13,34
16	Total	105	100 %

Mai reprezentativi au fost reprezentații genurilor *Penicillium* (22 tulpini), *Aspergillus* (28 tulpini) și *Trichoderma* (12 tulpini), frecvența cărora a constituit 20,96%; 26,68% și respectiv 11,43 % din numărul total de tulpini izolate. De asemenea o frecvență semnificativă în acest lac au tulpinile ce reprezintă genurile: *Alternaria* - 4,76%, *Fusarium* - 6,75% și *Mucor* – 3,81%. Reprezentanții celorlalte genuri identificate au o frecvență nesemnificativă mai mică de 2% fiecare din numărul total de tulpini izolate. 14 tulpini din numărul total de 105 tulpini izolate din acest lac nu au fost identificate, frecvența procentuală a cărora constituie 13,34%.

În dependență de locul izolării șirul tulpinilor identificate se prezintă în felul următor:

apa: *Aspergillus* → *Penicillium* → *Alternaria* → *Trichoderma* → *Mucor* → *Rhizopus* → *Fusarium* → *Botrytis* → *Talaromyces* → *Chaetomium* → *Monilia* → *Botrytis* → *Cladosporium*;

sedimente: *Aspergillus* → *Penicillium* → *Trichoderma* → *Alternaria* → *Fusarium* → *Rhizopus* → *Mucor* → *Acremonium* → *Phoma* → *Chaetomium*;

biofilm: *Aspergillus* → *Penicillium* → *Trichoderma* → *Mucor* → *Botrytis* → *Alternaria* → *Talaromyces* → *Fusarium*.

În toate probele prelevate din apă, sedimente și biofilm au predominat reprezentanții genului *Aspergillus*, urmat de reprezentanții genului *Penicillium*.

Din rezultatele obținute putem constata că, comunitatea fungică din lacurile „Valea Trandafirilor” este foarte diversă în care predomină genurile *Penicillium* și *Aspergillus*.

Majoritatea fungilor depistați în apele dulci sunt prezenți și în sol, dar și în apele sărate ale mărilor și oceanelor.

Fungii acvatici cu filamente superioare, cum sunt hifomicetele acvatice, datorită enzimelor pe care le produc, sunt considerați descompunători majori ai resturilor vegetale de mari dimensiuni din ecosistemele acvatice, adesea dominând procesele de descompunere, cu o pondere de peste 95% față de bacterii [16, 24, 26].

Reieșind din cele menționate a fost studiată activitatea enzimatică: amilaza, catalaza, celulaza și lipaza la 28 tulpini izolate din lacul „Valea Trandafirilor”.

Rezultatele obținute în experiențele montate privitor la activitatea enzimatică a amilazei, catalazei, celulazei și lipazei sunt prezentate în Tab. 1. Conform datelor prezentate doar 2 tulpini izolate din apă (A 2 și A 8), reprezentați ai genului *Trichoderma*, au manifestat activitate catalazică medie (++), 5 tulpini au demonstrat o activitate scăzută (+) și 2 tulpini nu au manifestat activitate catalazică (-). Dintre tulpinile izolate din sedimente numai la 3 tulpini a fost observată activitate catalazică scăzută (+), iar la restul 11 tulpini nu a fost înregistrată o astfel de activitate. La tulpinile izolate din biofilm activitate catalazică slabă (+) a fost observată numai la 3 din 5 tulpini testate.

Tabelul 2. Activitatea enzimatică a micromicetelor izolate din lacul „Valea Trandafirilor”

Nr.	Tulpina	Catalaza	Amilaza	Celulaza	Lipaza
Izolate din apă					
1	<i>A 1 Trichoderma</i>	+	+	-	+
2	<i>A 2 Trichoderma</i>	++	+	-	+
3	<i>A 3 Trichoderma</i>	+	+	-	-
4	<i>A 4 Trichoderma</i>	+	+	-	-
5	<i>A 5 Aspergillus</i>	-	-	-	-
6	<i>A 6 Aspergillus</i>	-	-	+	-
7	<i>A 7 Talaromyces</i>	+	+	-	-
8	<i>A 8 Trichoderma</i>	++	++	-	-
9	<i>A 9 Trichoderma</i>	+	+	-	+
Izolate din Sedimente (Nămol)					
10	<i>N 1 Talaromyces</i>	+	-	-	+
11	<i>N 2 Trichoderma</i>	+	+	+	+
12	<i>N 3 Trichoderma</i>	+	-	+	+
13	<i>N 4 Aspergillus</i>	-	-	+	-
14	<i>N 5 Penicillium</i>	-	-	+	-
15	<i>N 6 Penicillium</i>	-	-	-	-
16	<i>N 7 Talaromyces</i>	-	-	-	-
17	<i>N 8 Aspergillus</i>	-	-	-	-
18	<i>N 9 Mucor</i>	-	-	-	-
19	<i>N 10 Aspergillus</i>	-	-	-	-
20	<i>N 11 Mucor</i>	-	-	-	-
21	<i>N 12 Aspergillus</i>	-	-	-	-
22	<i>N 13 Mucor</i>	-	-	-	-
23	<i>N 14 Aspergillus</i>	-	-	-	-
Izolate din Biofilm					
24	<i>B 1 Penicillium</i>	-	-	-	-
25	<i>B 2 Trichoderma</i>	+	-	-	-
26	<i>B 3 Trichoderma</i>	+	+	-	+
27	<i>B 4 Mucor</i>	+	-	-	-
28	<i>B 5 Aspergillus</i>	-	+	+	+

Notă: (++) – activitate medie, (+) activitate slabă; (-) – lipsa activității enzimatice.

Activitatea amilazei de asemenea este destul de redusă (tab.1). Astfel, doar o tulpină izolată din apă a manifestat activitate medie (++), 6 tulpini au manifestat o activitate amilazică scăzută (+) și 2 tulpini nu au manifestat activitate. Tulpinile izolate din sedimente s-au manifestat în felul următor: o tulpină a manifestat activitate scăzută (+) și 13 tulpini nu au manifestat activitate amilolitică. Din 5 tulpini izolate din biofilm activitate amilolitică au demonstrat numai 2 tulpini, iar 3 tulpini nu au manifestat activitate.

Ca și în cazul activității amilazei activitatea celulozei la tulpinile menționate a fost scăzută. Activitate scăzută (+) a celulozei au manifestat 8 tulpini, izolate din apă, 4 tulpini izolate din sedimente și 1 tulpină izolată din biofilm, la restul tulpinilor astfel de activitate enzimatică nu a fost depistată (tab.2).

Activitatea lipazei de asemenea a fost scăzută, la toate tulpinile testate din acest lac. Astfel, activitatea

scăzută (+) a lipazei a fost observat la 3 tulpini, izolate din apă, 3 tulpini izolate din sedimente și 1 tulpină izolată din biofilm, la restul tulpinilor activitatea lipazei a fost lipsă (-).

Astfel, din cele 28 tulpini izolate din lacul „Valea Trandafirilor” la 11 tulpini s-a înregistrat o activitate a catalazei, la 10 tulpini – activitate a amilazei, la 6 tulpini – o activitate a celulozei și la 8 tulpini – o activitate a lipazei. Cele mai active sau dovedit a fi tulpinile izolate din apă, evidențiinduse 2 tulpini: A 2 cu activitate medie a catalazei și A 8 cu activitate medie a catalazei și amilazei, acestea fiind reprezentanți ai genului *Trichoderma*.

Rezultatele obținute au demonstrat că majoritatea micromicetelor izolate din bazinul acvatic posedă activitate semnificativă a unei sau a mai multor enzime, care facilitează descompunerea materiei vegetale și a substanțelor organice din lac în carbohidrați simplificați, contribuind totodată la purificarea apei din ecosistemele acvatice. Cele mai active, din punct de vedere enzimatic sau prezentat reprezentanții genurilor *Trichoderma*, *Talaromyces*, *Aspergillus*.

Având în vedere această gamă largă de enzime produse, micromicetele acvatice prezintă un potențial remarcabil ca obiecte biotehnologice pentru obținerea substanțelor bioactive pentru aplicații precum industria alimentară (aditivi alimentari), medicină (medicamente), industria farmaceutică, cosmetică, agricultura, ș. a.

Concluzii

Datorită adaptabilității lor remarcabile la diverse condiții de mediu micromicetele sunt prezente în toate habitatele naturale. Ele posedă un echipament enzimatic complex care le permite să utilizeze compuși organici macromoleculari în nutriție. În rezultatul studiului micromicetelor izolate din lacul „Valea Trandafirilor”, municipiul Chișinău, s-a constatat că comunitatea fungică este densă și diversă. Astfel densitatea micromicetelor izolate din apă constituie 3×10^4 UFC/ml, în sedimente 8×10^4 UFC/gr, iar în biofilm 1×10^3 UFC/gr. Tot odată comunitatea fungică este foarte diversă, fiind identificate 14 genuri de fungi miceliali: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Acremonium*, *Talaromyces*, *Botrytis*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Monilia*, *Phoma*, care constituie peste 86% din totalul de tulpini izolate. Indiferent de localizarea în bazinul acvatic au dominat genurile *Aspergillus* și *Penicillium*.

În rezultatul evaluării potențialului enzimatic (amilaza, celuloza, catalaza și lipaza) a tulpinilor de micromicete, s-a constatat că reprezentanții genurilor *Trichoderma* și *Talaromyces* sunt cei mai activi, demonstrând activitate a enzimelor studiate.

Bibliografie:

1. ABDEL-AZIZ, F. *Diversity of aquatic fungi on Phragmites australis at Lake Manzala, Egypt*. In: *Sydowia*. 60, 2008, pp. 1-14.
2. ABDULLAH, R., TAHSEEN, M., NISAR, K., KALEEM, A., IQTEDAR, M., SALEEM, F., AFTAB, M. “Statistical optimization of cellulases by *Talaromyces thermophilus* utilizing *Saccharum spontaneum*, a novel substrate.” In: *Electronic Journal of Biotechnology*. 2021. Volume 51, pp. 79-87. ISSN 0717-3458.
3. AKINFEMIWA, O., ZUBAIR, M., MUNIRAJ, T. *Amylase* In: *StatPearls Treasure Island FL*. 2024. ISBN 978-1-64385-274-0.
4. ALABDALALL, A. H., AL-ANAZI, N. A., ALDAKHEEL, L. A. *Application and characterization of crude fungal lipases used to degrade fat and oil wastes*. In: *Sci Rep*. 2021, vol. 11, p. 19670 ISSN 2045-2322.
5. BARROS, J., BEN TANFOUS, S., SEENA, S. *Aquatic fungi as bioindicators of freshwater ecosystems*. In: *Water*. 2024, vol. 16, nr. 23, p. 3404. ISSN 2073-4441.
6. BAUTZ, N. *Effects of temperature on enzyme activity of aquatic litter-associated fungi: Abstracts of honors theses in biology sciences*. Conway. 2019. 32 p.
7. BLACKWELL, M. *The Fungi: 1, 2, 3 5.1 million species?* – *American Journal of Botany* 98: 2011, 426-438.
8. DHEVAGI, P., RAMYA, A., PRIYATHARSHINI, S., GEETHA THANUJA, K., AMBREETHA, S., NIVETHA, A. “Industrially important fungal enzymes: productions and applications.” In: *Recent Trends in Mycological Research*. 2021, volume 2, pp. 263-309. ISBN 978-3-030-68260-6.

9. EL-GENDI, H., SALEH, A. K., BADIERAH, R., REDWAN, E. M., EL-MARADNY, Y. A., EL-FAKHARANY, E. M. *A Comprehensive Insight into Fungal Enzymes: Structure, Classification, and Their Role in Mankind's Challenges*. In: *J. Fungi* (Basel). 2021, vol. 8 nr. 1, p. 23. ISSN 2309-608X.
10. GHARAGHANI, M., JAFARIAN, H., HATAMI, M., SHABANZADEH, M., ZAREI A. "Evaluation of catalase activity of clinical and environmental isolates of *Aspergillus* species." In: *Iranian Journal of Microbiology*. 2022, vol. 14, nr.1, pp. 133-137. ISSN 2008-3297.
11. GOBALAKRISHNANA R., SIVAKUMARB K. *Systematic characterization of potential cellulolytic marine actinobacteria. Actinobacteria sp. MHA 15. Biotechnology Reports*. 13, 2017, 30-36. <http://dx.doi.org/10.1016/j.btre.2016.12.003>
12. INGOLD, C.T. *An Illustrated Guide to Aquatic and Water-Borne Hyphomycetes (Fungi Imperfecti) with Notes on Their Biology*, 1st ed.; Freshwater Biological Association: Newby Bridge, UK, 1975; p. 96.
13. LIN, W., LIU, X., GONG, L. et al. *Impact of environmental factors on diversity of fungi in sediments from the Shenzhen River Estuary. Arch Microbiol*. 205, 96 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00203-023-03438-7>
14. LIU Q, TANG S, MENG X, ZHU H, ZHU Y, LIU D, SHEN Q. *Proteomic analysis demonstrates a molecular dialog between Trichoderma guizhouense NJAU 4742 and cucumber (Cucumis sativus L.) roots: role in promoting plant growth*. In: *Mol Plant Microbe Interact*. 2021, 34(6):631–644. <https://doi.org/10.1094/MPMI-08-20-0240-R>
15. MAHON C. R., LEHMAN D. C., MANUSELIS G. *Textbook of diagnostic microbiology*. 4th ed. W. B. Saunders Co., Philadelphia, PA. 2015. 1104 p.
16. MASIGOL, H., AKBAR, S., JASON, K., WOODHOUSE, N., ROJAS-JIMENEZ, K., FONVIELLE, J., REZAKHANI, F., MOSTOWFIZADEH-GHALAMFARSA, R., NEUBAUER, D., GOLDHAMMER, T., GROSSART, H-P. *The contrasting roles of aquatic fungi and oomycetes in the degradation and transformation of polymeric organic matter. Limnology and Oceanography*. 2019, volume 64, pages 2662-2678. ISSN 1939-5590.
17. MEHBOOB, A., GANIE, A. H., DAR, A. R., SONI, K. K. *Aquatic fungal diversity in two freshwater ecosystems of Madhya Pradesh, India*. In: *Studies in Fungi*. 2021, vol. 6, n. 6, pp. 6–14. ISSN 2231-5063.
18. MIRABILE G, FERARARO V., MANCUSO, F., PECORARO, L., CIRLINCIONE, F. *Biodiversity of Fungi in Freshwater Ecosystems of Italy, 2023, Journal of Fungi*. 9(10):993 DOI:10.3390/jof9100993.
19. NEMA, A., PATNALA, S. H., MANDARI, V. et al. «*Production and optimization of lipase using Aspergillus niger MTCC 872 by solid-state fermentation*. In: *Bulletin of the National Research Centre*. 2019, vol. 43.1, pp. 1-8. ISSN 2523-4979.
20. OWOLABI, O. E., OLANIYI, O. O., AKINYOSOYE, F. A. "Catalytic properties of purified alpha amylase from *Aspergillus flavus* cultivated on low-cost agricultural substrate". In: *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 2023. vol. 76.1. pp. 10213-10225. ISSN 2256-1246.
21. OYAREME, V., OSAJI, E. I. O. *The Effects and Level of Catalase Enzyme Activity in Different Species of Aquatic Macrophytes and Their Families in Two Different Locations in Niger Delta, (Ikpoba River in Benin City and Ethiopie River in Abraka), Nigeria. Open Access Library Journal*. 2021, vol. 8, pp. e7368. ISSN 2333-973X.
22. PANAJOTOVA, H. N., DOBREVA, V. T., STRINSKA, H. N., ZHEKOVA, B. Y., DOBREV, G. T. *Immobilization of lipase by physical adsorption on polyethylene terephthalate beads*. In: *Eastern Academic Journal*. 2017, pp. 45-51. ISSN 2367-7384.
23. QING, L., HUI, W., XINGHUA, S., ZHEN-GANG, W., BAOQUAN, D. *Self-Assembled DNA Peptide-Based Nanoparticle Exhibiting Synergistic Enzymatic Activity*. 2017, pp. 7251–7258. ISSN 1936-086X.
24. RASCONI, S., JOBARD, M., SIME-NGANDO, T. *Parasitic fungi of phytoplankton: ecological roles and implications for microbial food webs*. In: *AME*. 2011, vol. 11, pp. 123-137. ISSN 1616-1564.
25. ROBINSON, P. K. *Enzymes: principles and biotechnological applications*. In: *Essays Biochem*. 2015, vol. 59, pp. 1-41. ISSN 1470-8752.
26. RÖHL, O., PERŠOH, D., MITTELBAACH, M., ELBRECHT, V., BRACHMANN, A., NUY, J., BOENIGK, J., LEESE, F., BEGEROW, D. *Distinct sensitivity of fungal freshwater guilds to water quality*. In: *Mycological Progress*. 2017, volume 16, pages 155–169. ISSN 1617-4216.

27. SOBRAL LV, MELO KN, SOUZA CM, SILVA SF, SILVA GLR, SILVA ALF, WANDERLEY KAA, OLIVEIRA IS, CRUZ R. *Antimicrobial and enzymatic activity of anemophilous fungi of a public university in Brazil*. In: *An Acad Bras Cienc*. 2017; 89 (3 Suppl): 2327-2340. doi: 10.1590/0001-3765201720160903. Epub 2017 Oct 26. Erratum In: *An Acad Bras Cienc*. 2018 Jul-Sep;90(3):3223-3239. Doi: 10.1590/0001-3765201820160903. PMID: 29091106.
28. VAKSMANA, A., GUERRERO-CRUZ, S., GHOSH, P., ZEGHAL, E., HERNANDO-MORALES, V. AND NIEMANN, H. *Role of fungi in bioremediation of emerging pollutants*. *Frontiers Marine Science. Sec. Marine Biotechnology and Bioproducts*, 10 (PDF). *The Role of fungi in converting waste to wealth in Kogi State, Nigeria*. 2023. DOI: 10.3389/fmars.2023.1070905.
29. БИЛАЙ В. И. (ред.) *Методы экспериментальной микологии*. Справочник. Киев, “Наукова думка”, 1982.-550 с.
30. БЛАГОВЕЩЕНСКАЯ Е. Ю. *Фитопатогенные микромицеты*. Учебный определитель, 2015, 240 с.
31. ГАРИБОВА Л. В., ЛЕКОМЦЕВА С. Н. *Основы микологии .Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов*. Москва 2005. 221 с.
32. ЛИТВИНОВ М. А. *Определитель микроскопических почвенных грибов*. Ленинград, 1967, 318 с.
33. МЮЛЛЕР Э. ЛЁФФЛЕР В. *Микология*, Москва, 1995, 344 с.
34. НИКИТИН, В. М. *Справочник методов биохимической экспресс-индикации микробов*. Кишинев: Карта Молдовеняскэ, 1986. 295 с.
35. ЯКОВЛЕВА, М. Б. *Скрининг-методы в биотехнологии (обзор)*. Часть I. *Поиск микроорганизмов-продуцентов ферментов*. *Вопросы экспериментальной биологии и медицины*. 2016, с. 23-32.

N. B.: Lucrarea a fost realizată în baza subproiectului: 020101 InBioS – Soluții biotehnologice inovative pentru agricultură, medicină și protecția mediului. Nu există nici un conflict de interese real sau potențial în legătură cu acest articol.

Date despre autori:

Cristina MOLDOVAN, cercetător științific, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, UTM.

ORCID: 0000-0003-1634-0344

E-mail: cristina.moldovan@imb.utm.md

Tamara SÎRBU, doctor în biologie, conferențiar cercetător, șef de laborator, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, UTM.

ORCID: 0000-0001-7809-9870

E-mail: tamara.sirbu@imb.utm.md

Prezentat: 27.02.2025

CZU: 635.26:581.1

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_35](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_35)

BOTANICAL, PHYTOCHEMICAL, PHARMACOLOGICAL OVERVIEW OF WILD GARLIC (*ALLIUM URSINUM*)

Ecaterina POPOVSCHI, Raisa IVANOVA,

Moldova State University,
Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection

Allium ursinum L. (ramson, wild garlic), is a perennial herb of *Allium* genus, known for its medicinal uses and recent growing significance in contemporary phytotherapy. Wild garlic (*Allium Ursinum* L.) has long been considered a spring vitamin. Past application of *A. ursinum* exists in the treatment of cardiovascular, gastrointestinal, and respiratory diseases. Current research focuses on its vast phytochemical content - in particular, sulfurous compounds, phenolic acids, and flavonoids - and pharmacological actions, including antimicrobial, antioxidant, and cardiovascular properties. This review summarizes recent data on the botanical, phytochemical, and pharmacological characteristics of *A. ursinum*, with particular attention to its potential in nutraceuticals and therapy.

Keywords: *Allium ursinum* L., flavonoids, perennial herb, phenolic acids, sulfurous compounds.

DESCRIEREA BOTANICĂ, FITOCHIMICĂ ȘI FARMACOLOGICĂ A RAMSONULUI (*ALLIUM URSINUM*)

Allium ursinum L. (ramson, usturoi salbatic), este o plantă perenă din genul *Allium*, cunoscut pentru utilizările sale medicinale și pentru importanța sa în fitoterapia contemporană. Usturoiul sălbatic (*Allium Ursinum* L.) a fost considerat mult timp o vitamină de primăvară. Aplicațiile anterioare ale *A. ursinum* există în tratamentul bolilor cardiovasculare, gastrointestinale și respiratorii. Cercetările actuale se concentrează pe conținutul său fitochimic extins - în special, compuși sulfuroși, acizi fenolici și flavonoide - și pe acțiunile sale farmacologice, inclusiv proprietățile antimicrobiene, antioxidante și cardiovasculare. Prezentul articol sintetizează datele recente privind caracteristicile botanice, fitochimice și farmacologice ale *A. ursinum*, acordând o atenție deosebită potențialului său în nutraceutice și terapie.

Cuvinte-cheie: *Allium ursinum* L., flavonoide, plantă perenă, acizi fenolici, compuși cu sulf.

Introduction

Vegetable crops are of great importance in human life. They contain useful biologically active substances, including vitamins. Important vegetable crops also include wild onions.

Wild garlic (*Allium Ursinum* L.) has long been considered a spring vitamin and has been used in traditional medicine. However, studies on its chemical compositions and pharmacological activity are fairly recent. The medicinal properties of *Allium ursinum* have been traditionally used in European medicine for a long time, especially for cardiovascular and digestive properties. The plant is receiving a scientific attention and studies have shown the presence of sulfur compounds (allicin, alliin), phenolic acids, and flavonoids, which have been shown with medicinal activity. The growing interest on plant-based therapies has driven studies of bioactive constituents and pharmacological actions of *A. ursinum*. The fresh extracts of *Allium* species as potential in vitro agents against planktonic and adherent cells of *Candida* spp. [1].

This review aims to provide a comprehensive analysis of *A. ursinum*, evaluating its botanical properties, phytochemical profile, and pharmacological effects, and exploring its potential applications in modern therapeutic practices. And to summarize the most important aspects related to *A. ursinum* and provide an outline of phytochemical and pharmacological properties of this plant. The plant contains four times more sulphur compounds than garlic [2].

Allium ursinum L., known as ramsons, bears garlic, cowleekes, broad-leaved garlic, wood garlic is a herbaceous perennial flowering plant belonging to a species of the genus *Onion*, subfamily *Onionaceae*, the *Alliaceae* family. The Latin specific name «*ursinum*» translates to 'bear' and refers to the supposed fondness of the brown bear for the bulbs; folk tales describe the bears consuming them after awakening from

hibernation [3]. One hypothesis is discussed that *Allium ursinum* may have been one of the best-known northern species of this genus to the ancient Greeks. The species was determined by the famous Swedish scientist Carl von Linné in volume I of his great work *Species Plantarum* in 1753 [4].

This perennial plant growing on fertile soil in shady, humid places and preferably under leafy trees in some regions of Europe and in the northern hemisphere of Asia.

A. ursinum L. is very common in deciduous forests at an altitude of one thousand meters above sea level, especially in beech forests all over the world. In addition to its growth in the forests of the Republic of Moldova, currently, this culture is grown by farmers and private individuals on plots near their homes or in the field [5]. In Republic of Moldova, the ramson is much appreciated, as well as in Canada and all over Europe [6]. Turmeric is very nutritious and deserves a separate story about itself.

It is worth noting that wild garlic is listed in the Red Book of the Republic of Belarus due to unlimited collection and trampling [7].

Description

Vegetative characteristics

Ramson is a perennial plant and can stay in one place for several years. It forms large colonies in cool undergrowth or along streams. The stem is triangular, leafless, 20-50 cm high.

Seeds need cold stratification (about 100 days) and must pass a period of frost (0-(-3) °C) before germinating [8]. Seed germination is subterranean in the year of formation in the fall or spring and do not survive long in the soil. The seeds germinate in the year of formation in autumn or spring and do not survive in the soil for long. Seed germination is underground.

The very slender, elongated onion, with a diameter of about 1 cm, is formed from near the two leaves, having 2 to 4, rarely up to 6 cm long. It is covered by transparent, whitish or yellowish scales which are later reduced to a few bristles. Lateral bulbs are formed only sporadically or are completely absent. The erect, compact inflorescence peduncle is triangular to almost round and leafy only at the base. Mostly two, rarely one or three basal leaves have a 5-20 mm long stem that suddenly widens into flat, elliptic-lanceolate and long-petiolate limbs, 2-5 cm wide. The upper part of the leaf is shiny and darker green, the lower part is dull. When its foliage is slightly crumpled, it emits a strong, characteristic garlic smell [8].

In spring, the first green leaf of the sprout appears above the soil, covered with a membranous sheath. By the end of the first year of vegetation, the cotyledon connective dries up and the seed covers fall off; the cotyledon sheath forms the shell of the young bulb, and the base of the green leaf forms its storage scale; later, new thin roots appear [9].

Juvenile plants in the second year of life still retain the main root, the leaves reach 8-10 cm in length; the bulb is short, almost spherical, round in cross section. Most of the roots that appear in the spring are thickened, growing downwards, deep into the soil. In the second year of the plant's life, the main root dies. In adult vegetative specimens, the length of the leaf is 30-40 cm, their bottoms lie at a depth of 5-8 cm. The transition to the generative age state in bear's onion is associated with a significant restructuring of the structure. The bulb becomes sympodial, biaxial, in the above-ground part the plant bears two, and later often three green leaves. In this age state, vegetative reproduction becomes possible. The plant is ready to reproduce (by seeds and vegetative) in the fourth year of life.

Generative characteristics

The leaves: are basilar, convex, with a single main vein, long petiolate, 20 cm long, elliptic lanceolate, 5-7 cm wide, dark green on the upper side and light green on the lower side. The top is shiny, the bottom is matte. The venation is parallel, more prominent beneath. It gives off a strong smell of garlic. Harvest the tender, young leaves in March and April in condition Republic of Moldova, before flowering, as their aroma begins to decline, and later develop a bitter taste as the plant begins to flower [10].

The flowers: small, whitish, hexapartite with a short pedicel are grouped in umbels of 15-20 flowers, small, white, bloom in the months of April-May which are edible being eaten raw like the leaves, being hermaphrodite - they have both male and female organs. They are pollinated by bees and other insects.

Bulbs: ensure the survival of the plant from one year to the next. Each bulb develops a single basal leaf which is narrow, elongated, edible, collected in September and October, eaten raw or cooked, often used as a substitute for capers (*Capparis spinosa*). The coloring is green [11].

Fruit: It is a small capsule with black seeds (3 seeds).

The total life cycle of the bear's onion, a vegetative perennial, is difficult to establish.

Life Cycle and Reproductive Strategy

Allium ursinum is a geophyte, i.e., it finishes most of the life cycle in the ground. In Winter the plant is in dormancy in bulbous state from where it accumulates reserves to ensure fast growth in early spring before the canopy forest is dense enough. The current period of intense growth enables *A. ursinum* to capture as much light and accumulate as much of the available resources as possible before shading becomes a factor due to the growing tree canopy [12].

The plant propagates primarily through vegetative reproduction, forming daughter bulbs from the parent plant, a strategy that enables it to quickly colonize suitable environments [13]. These daughter bulbs are attached to elastic roots which can be contracted to drag the bulbs in the soil deeper where they enjoy stability and protection from stress factors. This vegetative strategy is complemented by sexual reproduction; *A. ursinum* produces black, rounded seeds encased in trichotomic capsules, which disperse by gravity and can be transported by water or animals, facilitating genetic diversity and distribution across forested areas.

Seasonal rhythm of development

The bear's onion is an ephemeroïd; its above-ground organs die off soon after flowering and fruit ripening. There is a distinct period of summer dormancy, when there is no visible growth and there are no assimilating organs. The shoot of the next year is fully formed in the renewal bud in the fall; the growth of leaves and flower stalks in the spring occurs simultaneously [14].

In the conditions of the Republic of Moldova, green shoots of the bear's onion appear above the soil surface in February-March. During this period, the roots, leaves grow and flower stalks stretch out simultaneously; by the end of March, growth ends. Flowering occurs in May-June; its duration varies greatly depending on weather conditions. Fruit ripening occurs in August [10].

Geographical distribution and ecological importance

Wild garlic is distributed in almost all of Europe, except the Mediterranean sempervire-scent region and (Great Hungarian Plain) to Western Asia (Asia Minor, Caucasus). It grows at altitudes from sea level up to 1900 meters, so also in especially in the forests of Muntenian, Transylvania (Romania), also in the Republic of Moldova, preferring bushes and moist forests and shady deciduous (hornbeam, beech, ash, oak), with rotten foliage, littered on loose, humus-rich and weakly acidic soils [15]. Ecologically, *A. ursinum* plays a significant role in woodland biodiversity. The plant produces tight carpets, which frequently go on to become the dominant ground cover of its ecosystem. This dominance enables it to effectively obtain resources and hence play a key role in the distribution of the remaining species in the ecosystem [10].

Wild garlic is commonly located in the shady, more humid areas of deciduous forests in the Republic of Moldova, where it grows on nutrient-rich well-drained soils. As in the other regions of its native range, *A. ursinum* is a dense ground cover plant in Moldovan woodlands, creating a green sward in early spring. This dense growth pattern is facilitated by the plant's capacity for vegetative propagation through contractile roots, which enable the formation of daughter bulbs, allowing it to spread rapidly under favorable conditions [16]. Across the forested regions of Republic of Moldova, *A. ursinum* is adapted to the low levels of light and high levels of humidity that prevail in the canopy of mature multi-layered forests which are principally composed of oaks, beech and hornbeam trees.

From an ecologically, there is a dense stand of ramson that stabilizes the soil, and it also serves as a regulator of understory community composition, which at times overshadows any other ground flora by light and nutrient competition because of its early spring growth. In Republic of Moldova, as in other areas of Eastern Europe, *A. ursinum* is valued for its role in maintaining woodland biodiversity, where it sup-

ports the ecological balance by providing a habitat for various insect species and contributing to the forest's overall health [10].

Conservation of *A. ursinum* in Republic of Moldova is a focus for biodiversity preservation, as its habitats are sensitive to deforestation and changes in land use. Sustainable harvesting methods are also promoted to avoid overexploitation because the plant is in demand for both culinary and medicinal purposes [17]. This ecological importance highlights *A. ursinum*'s role in Moldova's forest ecosystems, where it not only supports biodiversity but also contributes to the resilience of these natural landscapes.

Phytochemical composition

The medicinal properties of *A. ursinum* are mainly due to a rich phytochemical profile containing sulfur compounds, phenolic acids, flavonoids and essential oils [18]. These compounds present a wide range of bioactive activity, and therefore, the plant is potential for use as a medicine. Wild garlic has a characteristic bright aroma, due to the content of essential oils. The smell of garlic is given by the organic compound allicin, which is formed during the mechanical destruction of plant cells. Allicin is an organic compound, a sulfoxide.

Sulfur compounds

Most important ramson's constituents are sulfur compounds, polyunsaturated fatty acids are antioxidant. These include antimicrobial, antithrombotic, antitumor, hypolipidaemic, antiarthritic and hypoglycemic activities. Sulfur compounds (allicin, alliin, methiin) play a crucial role in *A. ursinum*'s therapeutic activity. Plant tissues rupture and allicin is synthesized by enzymatic breakdown of alliin, with pronounced antimicrobial and antioxidant properties. Seasonal fluctuation influences the levels of these compounds, higher levels being identified in spring. The sulfur-profile of *A. ursinum* is in agreement with that of cultivated garlic and it plays a main role in the characteristic smell and bioactivity [19].

Phenolic Compounds and Antioxidants

Apart from sulfur-containing substances in fresh leaves and bulbs of wild garlic has been also reported to be a good source of phenolic compounds, sulfhydryl, methylthiosulfate, methyleysteine, sulfoxide, methylallylthiosulfat, methanethiol [20].

The phenolic compounds present in *A. ursinum*, including p-coumaric and ferulic acids, are potent antioxidants that play a role in reducing oxidative stress. Research indicates that these molecules show considerable free radical scavenge activity when extracted with methanol or ethanol, which would be of interest for nutraceutical applications. Both antioxidants are represented in significant amounts and their activities are necessary to neutralize oxidative stress.[†]

Essential oil

A. ursinum L. contain a significant amount of essential oil, and phytoncides in the leaves.

Ramson is a species from which essential oils with sulfur-containing volatile substances (e.g., diallyl disulfide and methyl-allyl thiosulfinate) are present, and which therefore exert that antimicrobial effect. These oils have also demonstrated potential as natural food preservatives (their ability to suppress microbial growth has been reported in as antimicrobials) [21].

The basis of the action is attributed to the sulfur containing essential oil, the antibacterial action is due to mustard oils (glycosides). Also, bulbs, roots and leaves contain lectins. The bulbs are also rich in polysaccharides, a number of fatty acids (palmitic, linoleic oleic, palmitoleic, stearic, α -linolenic, and myristic acid). Ramson leaves seem to be relatively abundant in pigments - 2.87 ± 0.03 mg/g of chlorophyll [22].

The plant is rich in essential nutrients such as vitamins A, C (three times more than in oranges) and E, K, H (biotin), calcium, iron, phosphorus, sodium, copper, zinc, selenium and magnesium.

French scientist Bernard Bertrand conducted an interesting study comparing some minerals of wild and cultivated garlic. Comparative analysis showed that wild garlic contained higher levels (Table 1) [23]. He same applies to other microelements and vitamins.

Table 1. Comparative analysis of minerals content of wild and cultivated garlic

Minerals	Cultivated garlic mg/100 g	Raspberry leaf mg/100 g	Raspberry bulb mg/100 g
Sulfur (S)	200	83.2	1000-2835
Nitrogen (N)	-	4016	405
Phosphorus (P)	153	333	127

Per 100 g of fresh wild garlic contains:

- ✓ Proteins – 2.5 g
- ✓ Fats – 0.5 g
- ✓ Carbohydrates – 7 g
- ✓ Water – 92 g
- ✓ Dietary fiber – 2 g

Pharmacological properties

Pharmacological properties of wild garlic have been well characterized, showing diverse bioactive activity, most notably its antimicrobial, antioxidant and cardio protective activity. Its therapeutic applications have given it value in both “traditional” and “modern” medicine. Following is a review of the major pharmacological effects of *A. ursinum*.

Antioxidant Effects

Antioxidant activity of the constituent of *A. ursinum*, such as flavonoids, phenolic acids, and sulfur compounds, with special attention on allicin, is important. These bioactive molecules play a key role in neutralizing free radicals and reducing oxidative stress, which is a major contributing factor to chronic diseases such as cardiovascular disorders, diabetes, neurodegenerative conditions, and cancer [24].

The strong antioxidant activity of *A. ursinum* has been exploited in the formulation of nutraceuticals, functional foods, and dietary supplements with the objective of reducing oxidative stress and preventing age-related disorders. In particular, the oxidative stress-reducing properties of wild garlic have been recognized for their role in supporting cardiovascular health and preventing the progression of atherosclerosis and other vascular diseases [25].

Further, the plant’s antioxidant nature points to its potential as an adjunctive therapy in inflammatory diseases, when oxidative stress promotes the disease pathophysiology. Therefore, *A. ursinum* may have a significant contribution in the advance of natural products for the purpose of health maintenance and longevity.

Cardiovascular Benefits

Allium ursinum has a well-documented history of use in traditional medicine for its cardiovascular benefits, including its ability to lower blood pressure and reduce cholesterol levels. Modern pharmacological studies have confirmed these benefits, with ramson demonstrating significant effects in improving vascular health. Compounds present in the plant, for example allicin, play a role in the plant’s ability to increase plasma levels of nitric oxide (NO), which in turn promotes vessel dilation and enhance endothelial function.

All of this due to the promotion of Nitric Oxide (NO) production by *A. ursinum*, which contributes to maintaining the integrity of blood vessels and to the prevention of hypertension and atherosclerosis [26].

Studies have shown that consumption of wild garlic extracts leads to reductions in systolic and diastolic blood pressure in animal models, while human studies indicate its potential to lower blood pressure and improve lipid profiles. These influences have potential in making *A. ursinum* a natural therapeutic for the control of hypertension and prevention of cardiovascular diseases, in line with traditional therapeutic use in treatment of circulatory disorders.

The cholesterol-lowering effects of *A. ursinum* are thought to be related to its ability to regulate lipid metabolism, possibly through the inhibition of cholesterol synthesis and the enhancement of its excretion [27].

Cytotoxic and Anticancer Potential

Recent studies have underscored the cytotoxic and anticancer actions of *A. ursinum*, and preliminary evidence indicates that its extracts can also cause apoptosis in human cancer cells and exert inhibitory effects on tumour growth. Allicin, along with other flavonoids and sulfur compounds, has shown promise in reducing the viability of cancer cells in vitro, with potential effects on various cancer types, including breast, colon, and liver cancer cells.

The anticancer activity of *A. ursinum* may be explained by its multifaceted phytochemical mixture, which acts in synergy targeting various levels of cancer cell biology. Nevertheless, deeper clinical trials are still required to prove its effectiveness and to clarify the molecular mechanisms of action. This may result in the creation of wild garlic-based therapeutics as an adjunctive treatment strategy [28].

Traditional and Modern Applications

The traditional uses of *A. ursinum* include treatments for digestive issues, respiratory ailments, and cardiovascular disorders. In modern applications, the plant's extracts have been incorporated into a variety of products, including nutraceuticals, functional foods, and natural preservatives, thanks to its antimicrobial and antioxidant properties [29].

With the growing consumer demand for natural health products, *A. ursinum* has gained recognition as a promising ingredient for dietary supplements that target cardiovascular health, immune support, and overall well-being. The growing body of scientific evidence supporting its medicinal effects continues to drive its popularity, and it is increasingly being used in natural remedies for conditions such as high blood pressure, high cholesterol, and chronic inflammation.

As research into the pharmacological properties of *A. ursinum* expands, it is likely to find even broader applications in the field of holistic health, offering a safe and effective natural option for promoting wellness and preventing disease [30].

Traditional and ecological background of *Allium ursinum* in Republic of Moldova

Historically, *A. ursinum* has been part of Moldova's rich botanical heritage, utilized both for culinary and medicinal purposes. The plant's presence in the wild, particularly in temperate forest ecosystems, aligns with Moldova's biodiversity-rich landscapes, where it has been traditionally foraged. It has also been integrated into ancient medicine, prized for antimicrobial, antioxidant and cardioprotective activities [31]. These applications highlight ramson's possible value in the current state of affairs, not only for the human health, but also as an ecological product in agricultural contexts. In the context of the transition towards more sustainable agricultural practices in Republic of Moldova, *A. ursinum* has potential to contribute greatly in improving agro ecosystem health and resilience.

Agroecological Role of *Allium ursinum* in Republic of Moldova

Soil Fertility and Conservation

One of the main ecological benefits that is offered by the production of *A. ursinum* in Republic of Moldova is its capacity to promote soil health and soil protection. *A. ursinum*'s fibrous root system and the organic matter contributed by its decaying biomass can improve soil structure, enhance water retention, and reduce erosion. Since Republic of Moldova is a country with a significant risk for soil degradation and erosion in some parts of the country, especially around intensive agricultural activities, the growing of *A. ursinum* may offer a natural way to ameliorate soil health [31]. Shady-environment plant growth suits the plant well for use in agro forestry systems, which can be introduced into the agricultural practices of Republic of Moldova to sustain land productiveness and ecological balance in the long-term [10].

Agroforestry Systems

The climate of Republic of Moldova in its temperate nature and good soil leads to the possibility of integrating *A. ursinum* in agroforestry systems (e.g., agroforestry, which combines the cultivation of trees with other crops, provides multiple ecological benefits, including enhanced biodiversity, improved carbon sequestration, and reduced soil erosion [31].

The ability of wild garlic to thrive under partial canopy conditions makes it an excellent candidate for cultivation in agroforestry systems alongside fruit trees, timber species, or in riparian zones. This practice not only supports the restoration of degraded lands but also aligns with the country's goals of fostering more resilient and diverse farming systems.

Natural Pest Management Applications

Antimicrobial and Antifungal Properties

The antimicrobial and antifungal properties of *A. ursinum* are attributed to sulfur-containing compounds, particularly allicin, which have been shown to possess potent bactericidal, fungicidal, and insecticidal effects [32]. These features place ramson as a valuable candidate for natural pest control in moldavian agriculture.

The application of *A. ursinum* extracts as natural biopesticides may help to decrease the use of synthetic chemicals, many of which are toxic to both the environment and human health. Here, *A. ursinum* might be utilized in integrated pest management strategies, the goal of which is to suppress pest populations using ecological tools instead of merely chemical control.

Economic Viability and Market Potential

The growing consumer interest for natural, organic and functional foods makes an economic opportunity for Moldavian lands of cultivation of *A. ursinum*. As a high-value crop with both culinary and medicinal uses, ramson can be marketed for its fresh leaves, which are commonly used in salads, soups, and sauces, as well as its processed forms, such as dried herbs or extract products [31].

Sustainability and Ecosystem Services

The introduction of *A. ursinum* to Moldovan agricultural systems is in line with Moldovan's focus on sustainable agriculture and enhancement of ecosystem services. When cultivating wild garlic in agro ecological systems, Moldovan farmers could help achieve soil regeneration, biodiversity increase, and adaptation to climate change. Agroforestry systems with ramson has potential for carbon sequestration, enhanced water use, and fewer need for synthetic fertilizer and pesticide [10].

Future Research and Policy Implications

For the complete exploitation of agricultural possibilities of *A. ursinum* in Republic of Moldova, there is still a need to further investigate in the optimization of cultivation such as the establishment of the most efficient procedures for mechanised planting, harvesting and processing. Research should also address the plant's role in crop rotation systems, its contribution to soil health, and interaction with other plant species in agro forestry systems.

Conclusion

Allium ursinum is a plant with high medical and nutritional value based on its abundant phytochemical profile and respective bioactivities. Its sulfur, phenolic acid, and flavonoid content, which mediate its pharmacological activity, has strong antimicrobial, antioxidant and cardiovascular activities.

Botanical and Ecological Significance

Because of its dense ground covering, *A. ursinum* plays an important role in forest biodiversity and the vegetative reproduction of the plant allows for easy spread. Studies by Błażewicz-Woźniak et al. describe its extensive vegetative propagation, in which contractile roots allow resulting daughter bulbs to form large colonies [33]. This ecological resilience is a testament to the importance of the plant in forest ecosystems, but also points to the importance of conservation during a period of increasing demand.

Therapeutic Potential and Future Directions

The observed antimicrobial, antioxidant and cardiovascular activities of wild garlic strongly support its application in contemporary therapies. Cardiovascular effects (e.g., blood pressure, cholesterol decrease) fur-

ther support the ancient claims and highlight its cardioprotective effect. Initial cytotoxic assays indicate the possibility of *A. ursinum* as a supportive anticancer therapy, but clinical studies are needed to confirm this.

Allium ursinum possesses both potential therapeutic activities and complex bioactivities and adaptiveness. Its incorporation into nutraceuticals and functional foods is an exciting route towards natural health products.

Bibliography:

1. Chudzik, B., Malm, A., Rajtar, B. et al (2010). *The fresh extracts of Allium species as potential in vitro agents against planktonic and adherent cells of Candida spp.* Ann Univ. Maria Curie-Sklodowska, DDD Pharm 23(1):73–78.
2. Benkeblia, N., Lanzotti, V. (2007). *Allium thiosulfinates: chemistry, biological properties and their potential utilization in food preservation.* Food 1(2):193–201.
3. Abu-Lafi, S., Dembicki, J., Goldshlay, P., Hanus, L., Dembitsky, V. (2004). *The use of the “Cryogenic” GC/MS and on-column injection for study of organosulfur compounds of the Allium sativum.* Journal of Food Composition and Analysis, 17, 235–245.
4. Copra-Janicijevic, A., Muradic, S., Huseinovic, S. et al (2008). *Isolation of essential oils of Allium ursinum L. from Bosnia.* Planta Med 74:PI42.
5. Gr̃tin, L., Dinica, R., Parnavel, R. (2012). *The influence of extraction method on the apparent content of bioactive compounds in Romanian Allium spp. leaves.* Not Bot Horti Agrobot Cluj Napoca 40(1):93–97.
6. Leporatti, M., Ivancheva, S. (2003). *Preliminary comparative analysis of medicinal plants used in the traditional medicine of Bulgaria and Italy.* J Ethnopharmacol 87:123–142.
7. *Krasnaya kniga Rossijskoj Federacii. [Red Book of the Russian Federation].* (2008). Rasteniya i griby. M.: KMK. 885 s.
8. Kujumgiev, A. (2013). *Maine Department of Agriculture, Conservation and Forestry. Maine rare plant list and rare plant fact sheets. Allium canadense.* <http://Maine.gov>.
9. Abbas, M., Anwar, J., Zafar-ul-Hye, M., Khan, R. I., Saleem, M., Rahi, A. A., Danish, S., & Datta, R. (2020). *Effect of seaweed extract on productivity and quality attributes of four onion cultivars.* Horticulturae, 6(2), Article 28.
10. Ghendov, V., Izverscaia, T., Ciocarlan, N. (2017). *Rare vascular flora and medicinal plant resources of «Saharna» landscape reservation in Republic of Moldova.* Journal of Botany, 9(2), 15. CZU 58.006: 502.75:581.:6 15.32(478). <https://ibn.idsi.md>.
11. Govaerts, R. (2011). *World checklist of selected plant families.* Royal Botanic Gardens, Richmond, Surre.
12. Seregin A., Anackov G., Friesen N. (2015). *Molecular and morphological revision of the Allium saxatile group (Amaryllidaceae): geographical isolation as the driving force of underestimated speciation.* Botanical Journal of the Linnean Society. № 178(1). S. 67–101.
13. Błażewicz-Woźniak, M. et al. (2011). *Flowering of bear garlic (Allium ursinum L.) cultivated in the field at varied nitrogen nutrition and mulching.* Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 10(3), 133–144.
14. Golubkina, N. i dr. (2012). *Osobennosti formirovaniya urozhaya i akumulyatsii selena v luke pobednom (Allium victorialis L.) i luke medvezh'em (Allium ursinum L.). [Characteristics of yield formation and selenium accumulation in victorious onion (Allium victorialis L.) and bear onion (Allium ursinum L.). // Izvestiya Timiryazevskoj sel'sko-hozyajstvennoj akademii. № 6. S. 80–86.*
15. Chase, M., Reveal, J., Fay M. (2009). *A subfamilial classification for the expanded asparagalean families Amaryllidaceae, Asparagaceae and Xanthorrhoeaceae.* Bot J Linn Soc 161(2):132–136.
16. Leahu, A., Damian, C., Oroian, M., Juravle, L., & Ropciuc, S. (2015). *Physico-chemical and antioxidant properties of two medicinal wild plants grown in Moldova region.* Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies, 48(1). https://mail.spasb.ro/index.php/public_html/article/view/299.
17. Condrat, D., Mosoarca, C., Zamfir, A. et al (2010). *Qualitative and quantitative analysis of gallic acid in Alchemilla vulgaris, Allium ursinum, Acorus calamus and Solidago virga-aurea by chip-electrospray ionization mass spectrometry and high-performance liquid chromatography.* Cent Eur J Chem 8(3):530–535.
18. Luta, G.; Gherghina, E.; Balan, D.; Israel-Roming, F. *Bioactive Compounds and Antioxidant Properties of Some Wild Plants with Potential Culinary Uses.* Rev. Chim. 2020, 71, 179–184. [CrossRef].

19. Lyantagaye, S. L. (2011). *Ethnopharmacological and phytochemical review of Allium species (sweet garlic) and Tulbaghia species (wild garlic) from Southern Africa*. Tanzania Journal of Science. 37: 58-72.
20. Rose, P., Whiteman M., Moore P., Zhu Y. (2005). *Bioactive S-alk(en)yl cysteine sulfoxide metabolites in the genus Allium: the chemistry of potential therapeutic agents*. Natural Product Reports, 22, 351-368.
21. Leuschner, C., Lenzion, J. (2009). *Air humidity, soil moisture and soil chemistry as determinants of the herb layer composition in European beech forests*. J Veg Sci 20:288–298.
22. Schmitt, B., Glodek, J., Keusgen, M. (2002). *Ontogenic changes of cysteine sulphoxides in Allium ursinum L.* Revista de Fitoterapia 2 (Suppl.1) 224, B020.
23. Colombo, M., Assisi, F., Puppa, T. et al (2010). *Exposures and intoxications after herb-induced poisoning: a retrospective hospital-based study*. J Pharm Sci Res 2(2):123–136.
24. Sengupta, A., Chosh, S., Bhattacharjee, S. (2004) *Allium vegetables in cancer prevention: an overview*. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 5, 229-230.
25. Kalayarasan, S., Prabhu, P., Sriram, N. et al (2009) *Diallyl sulfide enhances antioxidants and inhibits inflammation through the activation of Nrf2 against gentamicin-induced nephrotoxicity in Wistar rats*. Eur J Pharmacol 606(1–3):162–171
26. Manukyan, K. i dr. (2015). *Farmakognosticheskaya harakteristika list'ev luka medvezh'ego (Allium ursinum L.). [Pharmacological characterisation of leaves of bear onion (Allium ursinum L.)]*. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. № 3. 255 s.
27. Kao, S-H, Hsu, C-H, Su, S-N et al (2004) *Identification and immunologic characterization of an allergen, al-liin lyase, from garlic (Allium sativum)*. J Allergy Clin Immunol 113(1):161–168.
28. Wu, C., Sheen, L., Chen, H. et al (2001). *Effects of organosulfur compounds from garlic oil on the antioxidant system in rat liver and red blood cells*. Food Chem Toxicol 39(6):563–569.
29. Parvu, M., Parvu, A., Vlase, L. et al (2011). *Antifungal properties of Allium ursinum L. ethanol extract*. J Med Plants Res 5(10):2041–2046.
30. Ivanova, M. i dr. (2019). *Biohimicheskij sostav list'ev vidov Allium L. v usloviyah Moskovskoj oblasti. [Biochemical composition of leaves of Allium L. species under conditions of Moscow region]*. Dos-tizheniya nauki i tekhniki APK.. T. 33. № 5. S. 47–50.
31. Leahu, A., Damian, C., Oroian, M., Juravle, L., & Ropciuc, S. (2015). *Physico-chemical and antioxidant properties of two medicinal wild plants grown in Moldova region*. Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies, 48(1). https://mail.spasb.ro/index.php/public_html/article/view/299.
32. Sobolewska, D., Janeczko, Z., Galanty, A., Trojanowska, D. (2003). *Cytotoxic, antifungal and antibacterial activity of spirostanol saponin from ramson Allium ursinum L.* Proceedings of the 3rd international symposium on natural drugs. Naples. 2–4 Oct 2003.
33. Golubkina, N. i dr. (2010). *Soderzhanie biologicheskii aktivnykh veshchestv selena, flavonoidov, askorbino-voj kisloty i hlorofilla – v razlichnykh vidah cherevshi. [The content of biologically active substances selenium, flavonoids, ascorbic acid in different types of ramsons]*. Voprosy pitaniya. T. 79. № 1. S. 78–81.

Date about the authors:

Ecaterina POPOVSCHI, Moldova State University, Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, Chisinau, Republic of Moldova, Padurii str. 20, Chisinau MD-2002, Republic of Moldova.

ORCID: 0000-0002-6620-4597

E-mail: popovschi.ecaterin@gmail.com, ecaterina.popovschi@sti.usm.md

Raisa IVANOVA, Moldova State University, Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, Chisinau, Republic of Moldova, Padurii str. 20, Chisinau MD-2002, Republic of Moldova.

ORCID: 0000-0002-2554-2039

E-mail: raisa.ivanova@sti.usm.md

Presented: 03.02.2025

VARIABILITATEA FENOTIPICĂ A CARACTERELOR VALOROASE LA GRÂUL DURUM ȘI TRITICALE

Silvia ROTARI, Svetlana LEATAMBORG,

Universitatea de Stat din Moldova

În lucrare sunt prezentate rezultatele studiului a 10 linii de grâu durum de toamnă și 10 linii de triticale de toamnă din câmpul de control. Genotipurile au fost cercetate pe baza unor caractere importante morfobiologice și de productivitate (înălțimea plantei, numărul de tulpini, lungimea spicului, numărul de spiculețe și numărul de boabe *per* spic, greutatea boabelor *per* spic și masa a 1000 boabe). Analiza caracterelor morfologice și a productivității, a evidențiat o variabilitate înaltă în ceea ce privește numărul de frați, numărul de boabe și greutatea lor, ce ne oferă posibilități de selectare a genotipurilor valoroase. În rezultatul cercetărilor au fost identificate și selectate genotipuri utile care s-au utilizat în hibridări ca genitori de caractere valoroase. În baza acestor genotipuri au fost obținuți 40 hibrizi intraspecifici reciproci, care vor fi studiați în generațiile F_1 - F_4 .

Cuvinte-cheie: grâu durum de toamnă, triticale, linii, variabilitate, calitate, productivitate, genitori.

PHENOTYPIC VARIABILITY OF VALUE CHARACTERS IN DURUM WHEAT AND TRITICALE

The paper presents the results of the study of 10 lines of winter durum wheat and 10 lines of winter triticales from the control field. The genotypes were investigated based on important morphobiological and productivity characters (plant height, number of stems, spike length, number of spikelets and number of grains per spike, weight of grains per spike, mass of 1000 grains). The analysis of morphological characters and productivity revealed a high variability in terms of the number of siblings, the number of grains and their weight, which provides us with possibilities for selecting valuable genotypes. As a result of the research, useful genotypes were identified and selected that were used in hybridizations as parents of valuable characters. Based on these genotypes, 40 reciprocal intraspecific hybrids were obtained, which will be studied in the F_1 - F_4 generations.

Keywords: winter durum wheat, winter triticales, lines, variability, quality, productivity, parents.

Introducere

Una din problemele de bază în dezvoltarea agriculturii durabile este creșterea producției de cereale. Soluționarea acestei probleme ar asigura pe viitor cantitatea suficientă de cereale pentru securitatea alimentară a omenirii.

Printre principalele culturi cerealiere, care pot ridica randamentul producției în Republica Moldova sunt grâul durum și triticale de toamnă. Aceste două culturi constituie una din cele mai mari realizări științifice în domeniu ameliorării plantelor. Crearea lor a fost posibilă în rezultatul unirii cromozomiale a două specii diferite de grâu – grâul durum de primăvară și grâul comun de toamnă (grâul durum) și a doua genuri - grâul durum/grâul comun și secara (triticales). Cercetări în domeniul ameliorării grâului durum de toamnă și triticales în R. Moldova au început în anii 1965 de către cercetătorii: Buiucii P., Covarskii A., Sulima Iu., Siminel V. și alții. S-au studiat colecțiile de grâu comun de toamnă, grâu durum de toamnă, grâu durum de primăvară, secară și triticales pe baza cărora, prin diferite metode de hibridare s-au obținut noi genotipuri cu indici agronomici valoroși.

Grâul durum de toamnă. Este o cultură tetraploidă, cu genomul (AABB). Actualmente în producția comercială și consumul uman, prezintă a doua specie importantă de *Triticum* după grâul comun. Cultura a întrunit în mod reușit caractere și însușiri de la grâul comun de toamnă și grâul durum de primăvară de la care a provenit, și s-a impus ca o cultură valoroasă ce se evidențiază în mod deosebit pe baza caracterelor de calitate. Boabele cu sticlozitate înaltă, conținut sporit de proteină și de gluten sunt de neînlocuit în industria de paste făinoase. Paralel cu particularitățile pozitive, posedă și calități negative – este mai exigent la condițiile de cultivare, gradul de înfrățire și rezistența la iernare fiind mai jos, iar productivitatea – inferioară grâului comun de toamnă [1, 2, 3].

Triticale. În genomul speciei hexaploide (AABBRR) care conține 42 de cromozomi, predomină cromozomii de grâu durum (AABB), din care motiv plantele de triticale fenotipic se aseamănă mai mult cu cele de grâu și mai puțin cu cele de secară. Triticale, în mod reușit a întrunit caractere și însușiri atât de la grâu cât și de la secară. Este cunoscută ca o plantă valoroasă cu capacitate de producție ridicată și însușiri de calitate sporite, conținut ridicat de substanțe proteice în boabe și în plante. Triticale se utilizează atât ca cultură alimentară, cât și furajeră. Recolta de masă verde, care se folosește în hrana vitelor mari cornute este mai mare ca cea de secară. Din masa verde de triticale înainte de înspicare se poate pregăti siloz de înaltă calitate, făină de masă verde etc. [4, 5, 6]. Poate fi cultivată în toate zonele R. Moldova și prin urmare arealul de răspândire ar trebui să se mărească din an în an. Comparativ cu grâul durum, triticale are un potențial de producție mult mai mare și asigură recolte stabile pe ani chiar și pe soluri mai umede și reci, cu aciditate înaltă, fertilitate mai mică și soluri nisipoase [7].

Neajunsul principal al acestei culturi constă în tardivitatea pronunțată și calitățile de panificație inferioare comparativ cu cele ale grâului. În urma marilor perturbații climatice manifestate nu doar în Europa, dar și în Republica Moldova, fenomenul de secetă s-a accentuat dramatic. Avem parte de secete succesive, ceea ce nu s-a consemnat niciodată în datele meteo înregistrate. În legătură cu schimbările de climă e necesar de creat noi linii de grâu durum și triticale cu o rezistență sporită la arșiță și secetă. Sporirea productivității grâului durum și de triticale de toamnă este cea mai importantă sarcină ale științei și practicii agricole. Rosta este determinată de genotip și de condițiile mediului înconjurător. Din cele relatate vedem că este necesar de a crea soiuri noi, cu un nivel înalt de productivitate și cu o rezistență sporită la factorii extremali de mediu [8, 9, 10].

Riscul securității alimentare a populației în ultimii ani s-a acutizat la nivel global. Cauzele principale ale acestui fenomen sunt dezechilibrele de mediu tot mai severe și frecvente, inclusiv în Republica Moldova, și restrângerea bazei genetice a soiurilor nou create, ceea ce mărește vulnerabilitatea acestora la factori biotici și abiotici nefavorabili. În Republica Moldova grâul durum de toamnă și triticale de toamnă se cercetează doar în prezenta echipei de cercetare de la instituția dată. Au fost omologate în Republica Moldova șase soiuri de grâu durum și 6 de triticale.

Scopul cercetărilor preconizate, constă în identificarea unor noi genitori de grâu durum de toamnă și triticale, cu caractere valoroase și valorificarea lor în extinderea bazei genetice a caracterelor de interes practic.

Condițiile și metodele de cercetare

Experiențele au fost amplasate pe câmpurile Institutului de Genetică Fiziologie și Protecția Plantelor pe ogor negru. S-a utilizat metoda tradițională de hibridare intraspecifică. În calitate de material pentru cercetare ne-au servit 10 liniile de *triticum durum* și 10 de triticale, create de noi. Ca soi martor a fost utilizat soiul Sofidurum la cultura de grâu durum și Ingen 93 la triticale. Suprafața parcelelor în câmpul de control a fost de 5 m². Recolta în câmpul de control și concurs a fost recoltată cu combina SAMPO. Evaluările fenologice, determinarea rezistenței la iernare, la secetă, boli și a productivității sau efectuat în baza Descriptivului UPOV. A fost determinată capacitatea de germinare a boabelor, procentul de sticlozitate, masa la 1000 boabe și masa hectolitrică. Genotipurile selectate din câmpul de control după particularitățile biologice și indicii agronomici valoroși au fost utilizați ca genitori în crearea a 20 hibrizi reciproci noi de grâu durum și 20 de triticale. Măsura relativă a variabilității fenotipice a servit coeficientul de variație (V,%) [11, 12]. În funcție de valorile coeficientului de variație, caracterele studiate s-au divizat în următoarele clase: 1) slab variabile (V<10%); 2) mediu variabile (V=10-20%); 3) puternic variabile (V>20%). Prelucrarea statistică a datelor s-a efectuat în pachetul de soft STATISTICA 7 și programul Excel.

Rezultate și discuții

S-a efectuat analiza morfologică a plantelor după talia lor, numărul de frați fertili, lungimea spicului principal, numărul de spiculețe *per* spic, numărul de boabe *per* spic și, greutatea boabelor *per* spic. Unul din caracterele de bază a soiurilor de grâu durum și triticale este înălțimea plantelor, deoarece păturirea depinde de înălțimea lor. Plantele cu talia înaltă au o șansă înaltă de a poligni și prin urmare vom avea pierderi mari la recoltare. În rezultatul evaluării caracterului *înălțimea plantei* au fost selectate forme cu talie medie, care sunt prezentate în Tabelul 1. Toate aceste linii au o rezistență foarte bună la cădere. Liniile de triticale au o

înălțime mai mare în comparație cu grâul durum, deoarece plantele de triticale sunt mai viguroase și talia lor variază în limitele – 114,1 ... 129,1cm. Prezintă interes liniile de triticale: Buiana/GWT-3, Garmonia/Belor, Canar /Salandă la care înălțimea plantei a fost de 116,5, 114,1, 114,5cm mai mică decât soiul martor cu 1,4, 3,1, 3,1%, corespunzător. După numărul de tulpini liniile studiate variază între 3,2 ... 4,2 la grâu durum de toamnă. Trei linii se află la nivelul soiului martor (K 60375/L.1 - 4,1, Soriall/K 54456 - 4,1, B.Parus/Candicans - 4,2), celelalte linii au un număr mai mic de tulpini. La triticale acest caracter variază între 2,6 ... 3,3.

O mare importanță în introducerea soiurilor în agricultură îi aparține caracterului de productivitate. Productivitatea în mare măsură depinde de caracterele spicului. În rezultatul evaluării *lungimea spicului* a constatat o variabilitate care s-a încadrat în limitele 6,7 și 7,9 cm la grâu durum și 11,1 ... 14,7cm la triticale. Cea mai mare lungime a spicului s-a atestat la linia de triticale Roudkrider/Presto (14,7cm). *Numărul de spiculețe* a variat în limitele de 18,2 ... 22,6 la grâu durum și 27,5 ... 35,3 la triticale. Analiza datelor prezentate în Tabelul 1 demonstrează deosebiri esențiale ale genotipurilor conform *numărul de boabe per spic*, care la grâu durum a prezentat valori în limitele 34,8 ... 44,9, iar la triticale 51,8 ... 81,2 boabe. Au fost puse în evidență trei linii de grâu durum (Balada/H. 335, K 60375/L.1, SI Cristal 2 și B.Parus/Candicans), care au depășit soiul standard Sofidurum cu 10,1, 11,1, 16,3%. La triticale toate liniile au înregistrat valori mai mari în comparație cu soiul martor Ingen 93.

Printre însușirile multiple ale bobului masa este unul din caracterele de bază, deoarece reprezintă valoarea economică a genotipului. *Masa boabelor per spic* la liniile de grâu durum de toamna variază de la 1,9 ... 2,4g în comparație cu martorul Sofidurum la care a fost de 1,6g, iar la triticale – 2,9 ... 4,9g în comparație cu soiul martor Ingen 93 la care a înregistrat – 2,5g. După cum vedem toate liniile de grâu durum cât și de triticale au depășit soiurile martor după masa boabelor *per spic* (tab. 1).

Tabelul 1. Caracteristica liniilor de triticale și grâu durum de toamnă după elementele de productivitate

Liniile	Talia plantei, cm	Numărul de frați	Spicul principal			
			Lungimea, cm	Numărul de spiculețe	Numărul de boabe	Masa boabelor, g
Grâu durum de toamnă						
Belâi Parus/H.333	93,1±1,6	3,2±0,4	6,9±0,2	22,6±1,1	38,6±2,4	1,9±0,1
Balada/H. 335	91,3±1,8	3,8±0,4	7,7±0.3	19,4±1,0	42,5±2,6	2,0±0,2
K 60375/L. 1	84,1±0,9	4,1±0,3	6,9±0,2	20,5±0,5	42,9±1,6	2,3±0,1
(H.333/H.335)/(Cristal/A273)	88,5±1,1	3,7±0,3	7,1±0,3	19,8±0,6	35,6±2,8	1,9±0,2
Soriall/K 54456	96,5±1,5	4,1±0,4	7,2±0,2	19,5±0,5	34,8±2,0	2,0±0,2
Belâi Parus/Candicans	97,3±1,4	4,2±0,3	7,9±0,2	20,4±0,6	38,3±2,0	2,0±0,1
SI Cristal 2	93,1±1,2	3,4±0,5	7,4±0,2	19,2±0,7	44,9±1,8	2,4±0,1
SI Auriu 30	95,1±1,9	3,8±0,2	6,7±0,2	18,2±0,4	35,3±1,8	2,0±0,1
SI Sofidurum	93,1±1,2	3,2±0,4	6,9±0,2	21,1±0,6	39,1±2,4	1,9±0,2
Dnepr/Corund	96,8±1,3	3,4±0,3	7,1±0,1	18,9±0,5	35,3±2,2	2,0±0,1
Sofidurum, martor	88,8±1,4	4,1±0,2	7,1±0,2	19,3±0,3	38,6±1,9	1,6±0,1
Triticale de toamnă						
L12/Buiana/GWT	119,6±1,6	3,2±0,1	11,1±0,2	29,2±0,4	61,4±2,1	2,9±0,2
Buiana/GWT-3	116,5±1,9	3,0±0,1	13,5±0,4	35,3±0,9	81,2±3,5	4,9±0,4
Garmonia/Belor	114,1±1,7	3,1±0,1	13,5±0,3	32,7±0,7	74,9±3,0	3,7±0,3
L.Ir.Bulg./Ing 40	126,91,9	2,8±0,1	14,2±0,4	30,4±1,0	68,5±3,7	3,4±0,3
Stil (Buiana/M. Beloru.)	121,2±0,7	3,1±0,1	11,0±0,3	27,5±1,1	67,4±3,1	3,1±0,2

Haiduc/8/95-159-23/Stil	121,4±1,4	2,9±0,1	11,9±0,4	31,3±1,1	62,1±3,2	3,5±0,2
Canar /Salanda	114,5±1,6	2,8±0,2	11,8±0,2	34,8±0,5	74,3±3,1	3,9±0,2
Roudkrider/Presto	118,2±1,5	2,6±0,1	14,7±0,4	35,1±1,1	79,3±3,4	4,4±0,4
Mezin/(87/99-32/Can.)	129,1±0,7	3,3±0,1	12,6±0,4	29,4±0,6	62,7±2,9	3,3±0,2
Titan/Canar/Bogo)	126,9±1,4	3,3±0,1	12,2±0,3	31,3±0,7	60,0±1,7	3,1±0,1
Ingen 93, martor	118,0±1,1	3,3±0,1	12,7±0,2	31,6±0,5	51,8±1,8	2,5±0,1

În cercetările genetic ameliorative a grâului durum și triticale o importanță mare se acordă variabilității caracterelor, determinată nu doar de genotip, dar și de condițiile de mediu. Gradul de variabilitate a caracterelor relevă norma de reacție a genotipului în diferite condiții de mediu [12].

Analiza datelor prezentate în tabelul 2 demonstrează deosebiri esențiale ale liniilor după parametrii evaluați. Media coeficientului de variație *a taliei plantei*, *lungimea spicului* și *numărul de spicule* la liniile de grâu durum a fost de 4,2, 8,8, 9,6%, iar la triticale de 4,0, 8,9, și 8,2%, corespunzător, ceea ce indică asupra variabilității slabe a caracterului și demonstrează determinismul genetic pronunțat al acestora.

Media coeficientului de variație *a numărului de frați* la genotipurile de grâu durum analizate a fost de 30,2 și 14,7% la triticale, ceea ce indică asupra variabilității pronunțate a caracterului. Variabilitatea a fost mai pronunțată la formele: Belii Purus/H.333 (38,4%), Soriall/K 54456 (33,4%), SI Cristal 2 (42,1%), SI Sofidurum (38,4%), Dnepr/Corund (31,6%), iar la triticale cele mai mari valori s-a înregistrat la linia Canar/Salanda (22,6%). Rezultatele experimentale relevă un diapazon larg al variabilității *masa boabelor atât la liniile de grâu durum cât și la liniile de triticale*, care s-a încadrat în limitele $V = 13,8-25,9\%$ și $14,4-25,9\%$. Media variației acestui caracter este de 21,6% la grâu durum și 20,1% la triticale, ceea ce demonstrează o variabilitate destul de mare.

Datele obținute indică asupra variabilității medii a caracterului *numărul de boabe* la formele studiate de grâu durum ($V = 12,1 \dots 19,8\%$), cu excepția liniei (H.33/H.335)/(Cristal/A – 273), la care $V = 25,2\%$. Variabilitatea medie a mostrelor evaluate este de 17,7%. La triticale coeficientul de variație a acestui caracter a fost în intervalul 10,9 ... 27,3 iar media de 18,0%.

Analiza caracterelor morfologice ale liniilor studiate a evidențiat o variabilitate înaltă în ceea ce privește numărul de frați, numărul de boabe și greutatea lor, care ne oferă posibilități de selectare a genotipurilor în baza acestor caractere.

Analiza rezultatelor unor caractere calitative a liniilor de triticale și grâu durum utilizate în hibridări au demonstrat o variabilitate înaltă. Unul din indicii de calitate la aceste culturi este masa la 1000 boabe. La evaluarea randamentului făinii se acordă o mare importanță mărimii boabelor, umplerea lor și uniformitatea. Cu cât sunt mai mari indicii acestui caracter cu atât este mai mare și procentul de făină extrasă. Randamentul maximal al făinii dau soiurile cu bob mășcat de formă rotundă – ovală. După cum vedem toate soiurile selectate pentru hibridări, au masa la 1000 boabe superioară soiului martor. Cele mai mari boabe s-au depistat la liniile de grâu durum Belai Parus/H.333, K 60375/L1, B.Parus/Candicans și triticale - Roudkrider/Presto, Haiduc/(8/95-59-23/Stil), etc. Alt caracter care caracterizează randamentul făinii este masa hectolitrică a boabelor. Cu cât boabele sunt mai mari cu atât masa hectolitrică este mai mare. Masa hectolitrică la formele studiate denotă ca acest indice variază în limitele de 766 ... 843 la grâu durum și 759 ... 790g/l – triticale. Sticlozitatea boabelor se caracterizează prin rezistența lor la deformare. Acest caracter se utilizează la clasificarea soiurilor. Din cerealele din grupa întâia cel mai mare procent de sticlozitate îi revine grâului durum, de aceea pentru extracția făinii avem nevoie de mori puternice. Din categoria grânelor cu bob tare se extrage făină cu un procent mai mare de amidon cu granule deteriorate, care influențează la mărirea capacității hidratării aluatului și în final obținerea macaroanelor și crupelor de calitate înaltă. Cel mai înalt procent de sticlozitate este caracteristic pentru genotipurile Belai Parus/H.333 (95%), B.Parus/Candicans (95%) și SI Auriu 30 (95%). Soiul martor este printre cele mai bune soiuri după procentul de sticlozitate. Pentru cultura de triticale acest indice în medie a constituit 66,5% și a variat în limitele de 62 ... 78%, cel mai mare procent este caracteristic liniei Canar/Şalanda (78%). După procentul de germinare a boabelor, apreciat în condiții de laborator se deosebesc liniile (H.333/H.335)/(Cristal/A273)

și SI Auriu 30, care au înregistrat un procent înalt egal cu 100%. La cultura de triticale acest indice a fost cuprins între 96 ... 99 % (tab. 2).

Tabelul 2. Variabilitatea (CV %) caracterelor de productivitate a liniilor de grâu durum și triticale utilizate în hibridări

Liniile	Talia plantei, cm	Numărul de frați	Lungimea spicului, cm	Numărul de		Masa boabelor, g
				spiculețe	boabe	
Grâu duram de toamnă						
Belii Purus/H.333	5,6	38,4	10,6	15,8	19,4	24,3
Balada/H. 335	6,2	32,3	6,6	16,1	19,0	24,3
K 60375/L. 1	3,6	24,2	8,2	7,7	12,1	19,6
(H.333/H.335)/(Cr./A -273)	4,0	28,6	14,5	9,2	25,2	33,0
Soriall/K 54456	5,2	33,4	6,7	8,8	18,0	19,4
Belăi.Parus/Candicans	4,4	24,6	9,0	8,7	16,8	19,8
SI Cristal 2	4,2	42,1	7,2	10,1	12,7	13,8
SI Auriu 30	6,3	20,8	8,3	7,2	15,9	18,9
SI Sofidurum	5,6	38,4	10,6	8,5	19,3	25,9
Dnepr/Corund	4,1	31,6	6,2	8,8	19,8	17,4
Sofidurum, martor.	5,0	18,0	8,9	4,9	16,1	21,2
media	4,9±0,28	30,2±2,33	8,8±0,73	9,6±1,02	17,7±1,09	21,6±1,55
Triticale de toamnă						
L.12/(Buiana /GWT-3)	4,3	13,2	6,2	4,8	10,9	16,5
Buiana/GWT-3	5,4	15,7	9,4	8,2	26,1	25,9
Garmonia/M.Belorusii	7,6	10,2	7,8	7,5	12,7	19,8
L.Ir.Bulg./Ingen 40	4,1	15,1	10,0	10,7	27,3	25,5
Stil/(Buiana/M.Belorusii)	1,9	10,2	10,1	12,9	14,8	15,2
Haiduc/(8/95-59-23/Stil)	3,8	10,9	12,4	11,2	16,6	14,4
Canar/Salanda	4,5	22,6	6,1	4,7	13,1	12,5
Roudkrider/Presto	4,2	19,9	8,9	9,9	27,3	28,8
Mezin/(87/99-32/Canar)	1,9	14,6	10,0	7,2	15,8	21,1
Titan/(Canar/Bogo)	3,5	14,6	9,3	8,0	21,8	23,9
Ingen 93, martor	3,0	15,2	7,0	5,3	11,5	17,9
media	4,0±0,48	14,7±1,16	8,9±0,57	8,2±0,82	18,0±1,94	20,1±1,61

Tabelul 3. Indicii de calitate a boabelor liniilor de grâu durum și triticale

Liniile	Masa a 1000 de boabe, g	Germinarea boabelor, %	Masa hectolitrică, g/l	Sticlozitatea boabelor, (%)
Grâu durum de toamnă				
Belai Parus/H.333	55,6	94,2	803	95
Balada/H. 335	50,9	95,0	780	89
K 60375/L. 1	54,3	97,5	820	90
(H.333/H.335)/(Cristal/A273)	52,3	100,0	816	90
Soriall/K 54456	52,3	97,5	823	85

B.Parus/Candicans	53,4	97,5	766	95
SI Cristal 2	54,4	92,5	843	92
SI Auriu 30	50,7	100,0	820	95
SI Sofidurum	51,0	95,0	816	89
Dnepr/Corund	47,2	97,5	753	89
Sofidurum, mar.	43,2	97,0	781	94

Triticale de toamnă				
L.12/(Buiana /GWT-3)	47,4	98	750	64
Buiana/GWT-3	53,9	96	745	67
Garmonia/M.Belorusii	50,8	97	725	68
L.Ir.Bulg./Ingen 40	52,4	96	750	62
Stil/(Buiana/M.Belorusii)	46,4	98	783	60
Haiduc/(8/95-59-23/Stil)	56,8	98	760	70
Canar/Salanda	53,4	97	780	78
Roudkridr/Presto	60,4	98	785	60
Mezin/(87/99-32/Canar)	53,6	97	770	74
Titan/(Canar/Bogo)	52,9	98	790	66
Ingen 93 (st)	49,6	99	720	62

Productivitatea este indicele cel mai important, la orice plantă agricolă și pentru sporirea acestui indice este necesară utilizarea tuturor căilor posibile, care contribuie la majorarea recoltei. Recolta la grâul durum în anul cercetărilor a fost înaltă, în comparație cu anii anteriori și cum vedem a variat în limite largi, 5,72 ... 10,65t/ha pe când soiul martor a înregistrat o roadă de 4,75 t/ha (grâu durum). Si cele mai bune după acest caracter au fost liniile: Soriall/K 54456-10,65t/ha, Balada/H. 335- 9,15t/ha și altele, care au depășit soiul martor cu 4,4 și 5,7t/ha (Fig.1a). La cultura de triticale recolta liniilor a fost mai mare și a variat de la 7,7 până la 12,9t/ha. Soiul martor a avut o recoltă de 7,75t/ha. Nouă linii de triticale, au depășit soiul martor după acest indice (Fig. 1b).

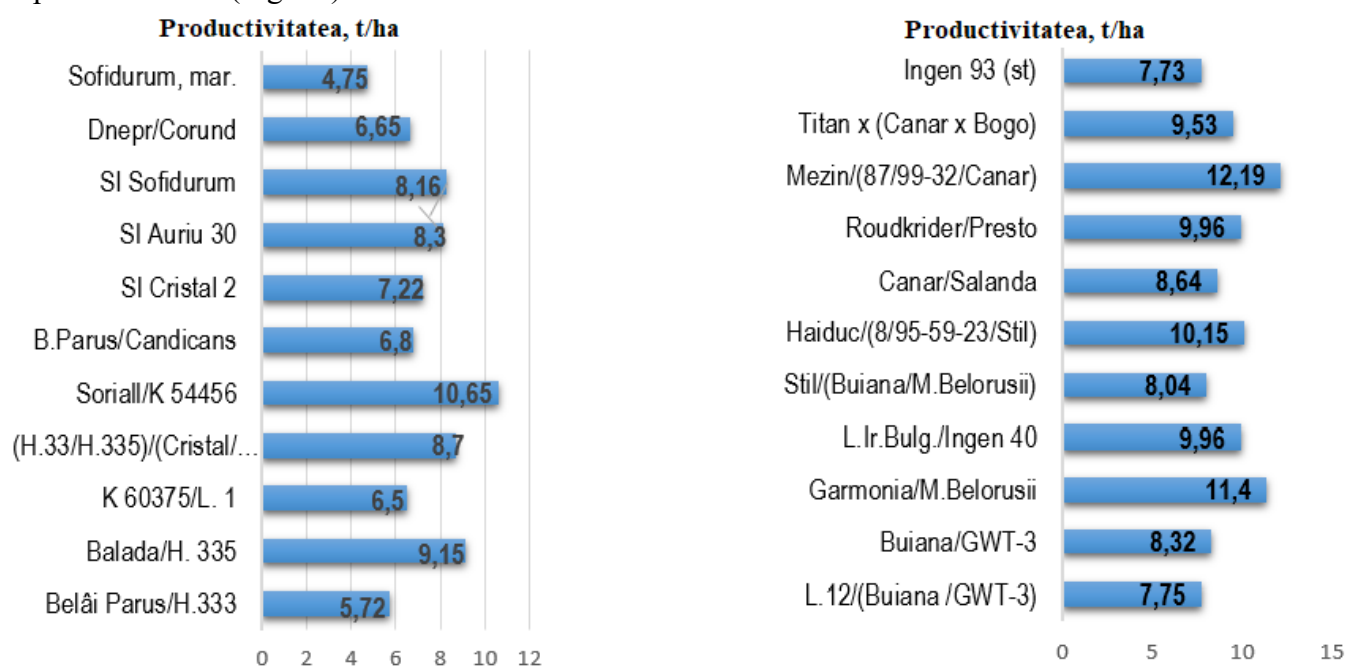


Figura 1. Productivitatea liniilor de grâu și triticale: a) grâu durum, b) triticale

În rezultatul cercetărilor efectuate s-a selectat un material inițial nou, care a fost utilizat în hibridările intraspecifice la crearea genotipurilor noi cu productivitate înaltă și rezistență la factorii de mediu. Au fost obținuți 40 hibrizi reciproci între liniile studiate de grâu durum și triticales, care vor fi studiate în generațiile F_1 - F_4 .

Concluzii

La Institutul de Genetică și Fiziologie a Plantelor au fost create linii de grâu durum și triticales, care pot fi utilizate în cercetare și în investigațiile de ameliorare, pentru crearea unor soiuri și hibrizi noi cu productivitate și calitate superioară soiurilor omologate.

Liniile Belii Purus/H.333, SI Sofidurum, Canar/Salanda posedă o variabilitate înaltă în ceea ce privește numărul de frați, numărul de boabe și masa a 1000 boabe, astfel oferind posibilități de selectare a genotipurilor valoroase după aceste caractere.

În rezultatul investigațiilor efectuate au fost evidențiate liniile: SI Auriu 30, Soriall/K 54456, Mezin/(87/99-32/Canar), Haiduc/(8/95-59-23/Stil) după caracterele morfologice valoroase și indicii sporiți de productivitate și calitate care pot fi recomandate pentru utilizare în ameliorare la crearea soiurilor de calitate înaltă.

Bibliografie:

1. САМОФАЛОВА, Н. Е. Методы создания исходного материала в селекции озимой твердой пшеницы и их результативность. *Зерновое хозяйство России*. – 2020. – № 2 (68). – С. 54-60. 1
2. ROTARI, S. Obținerea și studierea formelor noi de grâu durum de toamnă în Republica Moldova. În *culegerea Agricultură durabilă în Republica Moldova: Provocări actuale și perspective în culegeri de articole științifice*. Bălți, 2017, p. 188-192.
3. KOSTYLENCO, O. A., IVANISOVA, A. S., DUBININA, O. A., KRAVCHENKO, N. S. Response of promising winter durum wheat varieties and lines according to productivity and some traits of grain quality to various forecrops. *Grain Economy of Russia*. 2023;(6):12-18. (In Russ.) <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-89-6-12-18>
4. ГОРЯНИНА, Т. Возделывание тритикале в условиях Самарской области: научно-практические рекомендации. Самара: ФГБНУ «Самарский НИИСХ» 2016, 31 с.
5. SINGH, B., SINGH, M., KAUR H., SOHU, V. A study of characters association and genetic divergence in germoplasm of (triticale x Triticosecale). *Abstracts of International Conference on Triticale Biology, Breeding and Production*. IHAR-PIB Radzikow, 2017, 19 p.
6. ВЕВЕРИЦЯ, Е., ЛЯТАМБОРГ, С. Результати селекції тритикале в Молдові. *Світові рослинні ресурси: стан та перспектива розвитку: матеріали 4-ї міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 95-річчю сортів і пробування в Україні*, (7 червня 2018, м. Київ). Київ, 2018, с. 19-21.
7. ГОНЧАРЕНКО, А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А.А. Гончаренко // *Вестник Российской академии с.-х. наук*. – 2005. – №6. – С. 49- 53.
8. ИВАНISOVA, A. C. Оценка элементов структуры урожая коллекционных образцов озимой твердой пшеницы на юге Ростовской области / А.С. Иванисова // *Аграрная наука*. – 2022. – № 2. – С. 62-66. 46.
9. POCHIȘCANU, S., NEGRU, S., GERASIM A. Comportarea unor soiuri de grâu de toamnă, în condițiile climatice din podișul central moldovenesc. *AN. I.N.C.D.A. FUNDULEA*, VOL. LXXIX, nr. 2, 2011, p. 193-200. ISSN 2067-7758.
10. НЕКРАСОВ, Е. И. Изучение урожайности и элементов ее структуры у сортов озимой мягкой пшеницы по предшественнику подсолнечник. *Зерновое хозяйство России*. – 2018. – № 6 (60). – С. 46-49. – Т. 15. – № 1. – С. 70-75.
11. LUPAȘCU, G., GAVZER, S., CRISTEA, N. Variabilitatea și heritabilitatea caracterelor de productivitate la grâul comun. *Revista de Știință, Inovare, Cultură și Artă „Akademos”*, 2024, nr. 1(72), p. 36-42. ISSN1857-0461. DOI: <https://doi.org/10.52673/18570461.24.1-72.04>
12. BALKAN, A. Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and quality traits in M2-4 generations of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Turkish Journal of Field Crops*, 2018, 23, 173-179. 14.

N. B.: Studiile au fost realizate în cadrul proiectului ANCD de cercetare „Identificarea și valorificarea genitorilor valoroși de culturi agricole în crearea unei baze genetice autohtone de interes socio-economic”, cu cifrul 23.70105.5107.04.

Date despre autori:

Silvia ROTARI, doctor, cercetător științific coordonator, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecția Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0007-5122-9373

E-mail: silvia.rotari@sti.usm.md

Svetlana LEATAMBORG, cercetător științific, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecția Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-4091-1522

E-mail: svetlana.leadamborg@sti.usm.md

Prezentat: 06.03.2025

DIVERSITATEA BUJORILOR INTERSECȚIONALI (*PAEONIA-ITHO*) ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Tatiana SÎRBU, Tamara RUDI, Vasiliu SLIVCA,

Universitatea de Stat din Moldova

Completarea colecțiilor cu specii și soiuri noi, menținerea și conservarea lor, constituie un obiectiv primordial al unei grădini botanice. Laboratorul Plante Ornamentale are drept scop cercetarea taxonilor noi cu potențial ornamental, a particularităților lor biologice în condiții *ex-situ*, evidențierea speciilor valoroase pentru economia națională.

În lucrare sunt etalate cercetările cu privire la introducerea în cultură a *bujorilor-Itho*. În scopul completării colecției de *Paeonia* L. cu taxoni noi au fost procurate patru soiuri de *Paeonia-Itho*: '*Bartzella*', '*Cora Louise*', '*Hillary*', '*Prairie Charm*'. Obiectivul nostru principal: cercetarea ritmului de dezvoltare în noile condiții de viață. În al 5-lea an de la plantare înfloresc abundent, formează fructe, fără a produce semințe. Faza înfloririi durează 10-14 zile și debutează în I-II decadă a lunii mai, în concordanță cu factorii de mediu. Pot fi multiplicați numai vegetativ, prin divizarea tufei. Soiurile studiate sunt rezistente la dăunători, patogeni și la oscilări semnificative ale temperaturii și umidității.

Cuvinte-cheie: *Paeonia-Itho*, hibrizi intersecționali, poziție sistematică, ritm sezonier de dezvoltare, particularități biologice, colecții de plante ornamentale.

DIVERSITY OF INTERSECTIONAL PEONIES (*PAEONIA-ITHO*) IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Completing the collections of decorative plants with new species and varieties and maintaining and preserving them is a primary objective of a botanical garden. The Laboratory of Ornamental Plants aims to research the biological peculiarities of new taxa. In order to enrich the *Paeonia* L. collection of the NBG(I) with new taxa, four varieties of *Itho-peonies* were procured: '*Bartzella*', '*Cora Louise*', '*Hillary*', '*Prairie Charm*'. Our main objective: to research the pace of development under the new conditions. They are currently blooming abundantly, fruiting without producing seeds. Under the conditions of NBGI, the flowering period lasts 10-14 days and usually starts in the middle of May, in correlation with environmental factors. Budding and flowering occurs 8-10 days later than in woody peonies and goes in parallel to some herbaceous varieties. The propagation is vegetative, by division, just like herbaceous peonies. The studied peonies are resistant to pathogens and pests, to hydrological and temperature oscillations.

Keywords: *Paeonia-Itho*, intersectional hybrid, systematic position, seasonal rhythm of development biological features, ornamental plants collections.

Introducere

Subiectul acestei lucrări sunt bujorii intersecționali – *Paeonia-Itho*, care au fost creați de om. Pentru a înțelege poziția lor sistematică, vom analiza genul *Paeonia* L. (Bujorul), unicul în familia *Paoniaceae* Raf., inițial fiind inclus în cadrul familiei *Ranunculaceae* Juss. Reprezentanții acestui gen sunt originari din Asia, America și Europa. Cresc spontan în diverse regiuni floristice ale Emisferei de Nord a Terrei. Două specii se întâlnesc pe continentul american: *Paeonia brownii* Dougl. și *P. californica* Nutt ex Torr [1, 2, 3]. În flora Republicii Moldova este atestată o singură specie: *Paeonia perigrina* L., specie rară, critic periclitată, inclusă în Cartea Roșie a țării [4, 5] și cultivată în Grădina Botanică din Chișinău [6].

Câteva specii sunt arbuști și semiarbuști, marea majoritate fiind plante perene erbacee, geofite. Speciile arbustive sunt răspândite în China, Japonia și Himalaii de Est, unde cresc în păduri la altitudinea de până la 4000 m [2, 3, 7].

Bujorul este o cultură binecunoscută și iubită de mai bine de 2000 de ani. Diversitatea soiurilor actuale este impresionantă: în *International Cultivar Registration Authority* sunt incluse peste 7000 de cultivaruri ierbacee și arbustive. Acest registru este monitorizat de *American Peony Society*, care promovează și înregistrează soiurile noi de bujori [8].

În Europa primele manuscrise despre bujor sunt datate cu anul 1157, menționându-se, că era cultivat în parcuri și grădini. Evident, e vorba de speciile ce creșteau spontan în flora europeană. La finele secolului XVIII din China au fost aduse o serie de soiuri ierbacee în coloniile franceze, iar mai târziu – în Franța. Numeroși naturaliști și hoticultori inițiază lucrul de ameliorare. Crearea a numeroase soiuri cunoscute este legată de numele amelioratorilor francezi Lemoin, Verdie, Dessier, Colo etc. Către 1800 în Franța a înflorit producția de hibrizi de bujor. Exemplul francezilor a fost preluat de englezi, germani și alți europeni. Americanii prima dată pomenesc de bujor prin anul 1771 (în scrierile lui Thomas Jefferson). Însă introducerea soiurilor din China și Europa începe abia în anul 1850 [3, 7, 9].

Popularitatea acestei culturi crescuse atât de mult, încât americanii au creat și societatea, de care am pomenit mai sus, existentă până-n zilele noastre: *The American Peony Society*.

În țara noastră cultura bujorului se dezvoltă intens de la mijlocul secolului trecut, în special, în grădinile botanice. Actualmente colecția Grădinii Botanice Naționale enumără peste 200 soiuri, varietăți și specii de bujori [6], inclusiv soiuri create de cercetătorii noștri, certificate și brevetate [10].

Materiale și metode

Obiecte de studiu au servit patru *hibrizi-Itoh* din colecția generică *Paeonia* a Laboratorului Plante Ornamentale al Grădinii Botanice Naționale (Institut) „Al. Ciubotaru” (GBNI): „Bartzella”, „Cora Louise”, „Hillary”, „Prairie Charm”. În toamna anului 2018 au fost procurate pentru colecția de bujori, existentă în laborator de mai bine de șase decenii, soiurile susnumite de *bujori-Itoh*, produși în pepinierile hoticultorilor polonezi. Plantele de 10-20 cm, neramificate (1-2 muguri) au fost recepționate în containere, în substrat de turbă neutră, în amestec cu perlită. Au fost transferate în sol primăvara anului următor.

Poziția sistematică a obiectelor de studiu a fost analizată după mai multe surse [4,11,12, 13, 14]. Ritmul sezonier de dezvoltare, fazele fenologice, indicii decorativi au fost urmărite în corelare cu factorii de mediu, în special, cu cel termic, conform metodelor clasice [14], cu unele modificări elaborate de noi. Fixați indicii morfometrice și decorativi. Descrierile morfologice au fost realizate în conformitate cu lucrările clasice [15,16].

Rezultate și discuții

Pentru a înțelege poziția sistematică a bujorului în general și a *Itho*-bujorilor în special, în continuare vom face o analiză succintă a cercetărilor anterioare.

Spre deosebire de alte plante, *Paeonia* L. este un gen cu puține specii, foarte vechi și primitive din punct de vedere evolutiv. Cercetătorii, în perioade diferite, au susținut și argumentat existența a 30–60 specii perene, erbacee, semilemnoase sau lemnoase [2, 11,]. Hong și colaboratorii, timp de mai mulți ani, au cercetat genul și au făcut unele modificări la acest capitol (aa. 1993, 1998 et 2003), identificând cca 38 de taxoni cu rang de specie [11]. Ultimile date, conform *World Flora online*, sunt acceptați 42 de taxoni de bujor la nivel de specie [11]. De fapt, clasificarea genului, continuă și-n prezent să fie un subiect discutabil.

În anul 1946 savantul F. Stern, în baza materialului colectat din natură, și a celui cultivat din semințe, în comparație cu herbarul, a elaborat o clasificare a bujorilor, partajându-i în trei secții: *Moutan* DC. – include bujorii lemnoși, originari din Asia de Est; *Onaepia* Lindl. – această secție este reprezentată de cele două specii de pe continentul american și secția *Paeonia* DC. – cea mai numeroasă, care include bujorii erbacei din Europa, Asia și Africa de Nord. Ultima secție constă din subsecțiile *Foliatae* și *Dissectifoliae*, care la rândul lor constau din 13 grupuri de bujori erbacei. Ulterior au apărut și alte clasificări, baza cărora o constituie sistemul elaborat de Stern) [3, 7, 12].

Itho bujorii sunt atribuiți grupului intersecțional, adică formează acest grup – rezultatul hibridărilor între reprezentanții secțiilor *Mutan* și *Paeonia*. Deci ei sunt hibrizi interspecifici. Așadar, vom continua cu o succintă retrospectivă din biografia bujorilor-*Itho*.

La mijlocul secolului XX (a. 1948) selecționarul japonez Toichi Itoh a încrucișat cu succes bujorul lemnos *P. lutea* Delavay ex Franch. „Alice Harding” cu *P. lactiflora* Pallas „Kakoden”. Această tentativă îndrăznească, de hibridare interspecifică, s-a soldat cu crearea unor hibrizi absolut excepționali. Încrucișarea soiului cu flori galbene de bujor arboricol cu cel de bujor chinezesc a rezultat hibrizi, care aveau frunzele bujorului lemnos, iar tufele similare celui erbaceu – în perioada de iarnă partea aeriană pierde. După clasi-

ficările recente ei sunt atribuiți hibridilor intersecționari (Secția *Moutan* x secția *Paeonia*= *Itho*) [7, 8, 12].

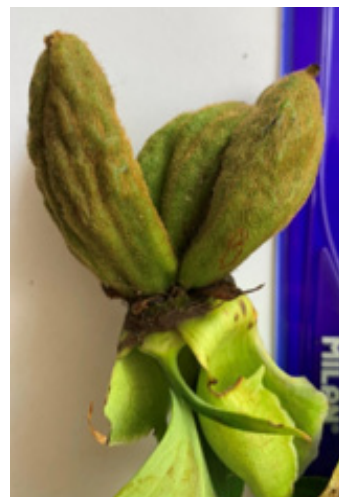
Dintre cele 36 semințe rezultate din hibridări, numai 9 au generat plantule, care s-au dezvoltat, păstrând caracterele soiului arboricol, iar restul semințelor au generat plante ierbacee. Cu părere de rău, Toichi Itoh a decedat în anul 1956, înainte de a se bucura de rezultatele obținute. Munca cercetătorului a continuat-o asistentul său Shigao-Oshida, care în 1963 înregistrează înflorirea hibridilor. Prima generație de *Itho-hibridi* a fost promovată de americanul Luis Smirnov, care a cumpărat brevetul de la văduva regretatului Toichi Itoh. Mai târziu, ca coautor, înregistrează soiurile „Yellow Emperor”, „Yellow Heaven”, „Yellow Dream” și „Yellow Crown”. După o pauză, în direcția ameliorării acestei culturi, în anul 1988 este remarcat un alt selecționar american Roger Anderson din Wisconsin, care a fascinat lumea cu hibridii *itho* creați. El declară, că aceste soiuri robuste cu flori roșu, lila, roz, galben, teracot ș.a., cu frunze deosebite și tufe luxuriante, sunt florile viitorului. *Itho-bujorii* constituie o pagină absolut excepțională în domeniul ameliorării plantelor ornamentale [7, 12].

În țara noastră acestă grup de bujori apare abia în secolul XXI în sectorul privat. Despre rezultatele adaptării acestora nu cunoaștem detalii. Oficial în GBNI au fost înregistrate și integrate în colecție patru soiuri, subiecții acestei lucrări, abia în anul 2018.

Soiurile de *Itho-Paeonia* - 'Bartzella', 'Cora Louise', 'Hillary', 'Prairie Charm', au manifestat o creștere semnificativă abia în anul doi și trei de dezvoltare. Actualmente înfloresc abundent, fructifică, fără a forma semințe, moment specific *Itho-bujorilor*. În condițiile țării noastre perioada de înflorire durează 10-18 zile și demarează, de obicei, în decada I- II a lunii mai, mai târziu cu cca 4-8 zile decât la bujorii lemnoși, în corelare cu factorii de mediu (în special, cu factorul termic). În anul 2024 inițierea înfloririi a demarat la 28 aprilie și a durat până la 26 mai. O perioadă a înfloririi neobișnuit de devreme și foarte extinsă, care s-a datorat temperaturilor mai scăzute și precipitațiilor.

Aceste plante pot fi înmulțite doar prin divizarea tufei, la fel ca bujorii erbacei. Unii autori propun altoirea, ca metodă mai efektivă de multiplicare [17]. Înmulțirea vegetativă poate fi efectuată nu mai târziu de al 4-6-lea an de dezvoltare a tufei. Cu trecerea timpului, rădăcinile se lemnifică foarte puternic, ceea ce face extrem de dificilă separarea tufei în mai multe diviziuni de plantare. Perioada optimă de transplantare și divizare este toamna (lunile septembrie-noiembrie). O tufă cu vârsta de 6 ani a fost posibil să o divizăm doar în patru unități de plantare. Vom căuta în perspectivă și alte procedee, tehnici de multiplicare a *Itho-bujorilor*, mai efective.

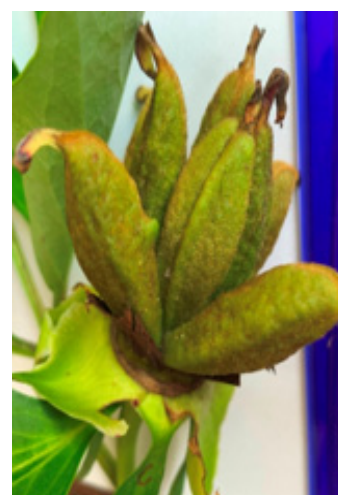
Caracterele morfologice ale soiurilor studiate sunt variate începând cu mugurii diverși ca formă, dimensiuni și culoare și terminând cu florile (fig. 1) și frunzele deosebite și ele după aceeași indici. În condițiile pedo-climaterice ale țării noastre aceste plante formează lăstari lemnificați nu prea viguroși, cu mult mai mici, decât la bujorii arbustivi, care în timpul perioadei de dormanță pier parțial. Mugurii caulinari, de obicei, sunt vegetativi. La începutul lunii martie sunt vizibili mugurii radicali noi, care vor genera viitoarele flori.



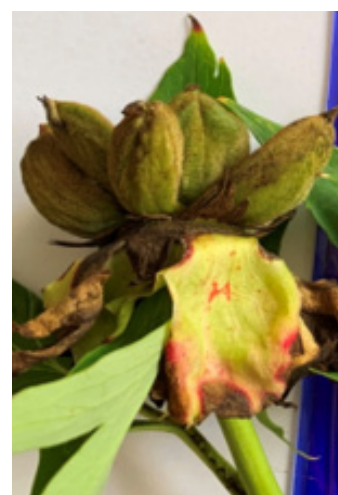
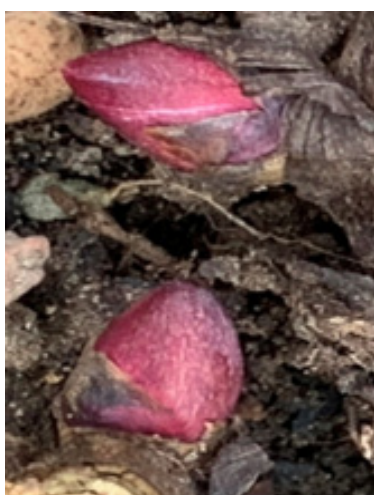
A - „Bartzella”



B – „Cora Louise”



C – „Hillary”



D – „Prairie Charm”

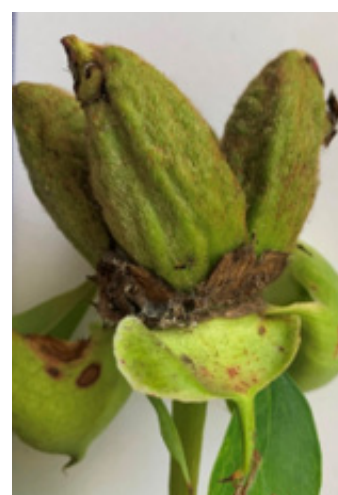


Figura 1. Soiurile de *Paeonia-Itoh* (floare, mugure, fruct) din colecția GBNI

Decorativitatea acestor soiuri o catalogăm după: habitus, flori mari, perioadă de înflorire extinsă (o tufă – cca 30 de zile), abundența înfloririi, aromă, frunze compuse, mari, care persistă până la înghețuri, rezistența la patogeni, dăunători și condiții nefavorabile de mediu.

Bartzella. Soi creat de Roger F. Anderson. Înregistrat în anul 1986 (SUA) [8, 12]. Formează tufe compacte, aproape sferice, cu talia de cca 70-90 cm. La maturitate au cca 120 cm în diametru. Foliaj abundent. Frunze compuse, penat-sectate, de cca 30 cm, cu pețioali lungi, de culoare verde închis. Foliiolele alungite de 10-14 cm, cu vârfuri acuminat. Pețiolii au antocian spre bază. Inițierea vegetării se produce în I-II decadă a lunii martie. Faza îmbobocirii – III decadă a lunii aprilie - I decadă a lunii mai. Acest cultivar se caracterizează prin flori semiplene, actinomorfe, cu diametrul de cca 20cm. Aromă fină. Petale de culoare galben-sulfuriu. Baza petalelor roșu-bordo. Caliciu din 3 sepale verde deschis. Giniceu din 3-6 carpele verzi cu stigmat crem. Acoperite cu peri rugoși, maro. Stamine numeroase cu antere ovale sau oval-alungite. Floarea durează 4-6 zile. Soi destinat atât pentru producția de flori tăiate, cât și pentru amenajarea spațiilor verzi. Poate fi promovat și pentru cultura la containere.

Cora Louise. Deasemeni obținut de Roger F. Anderson. Înregistrat în anul 1986 (SUA) [8, 12]. În condițiile GBNI, formează tufe robuste, cu talia de 60-80 cm. Grad de înfrunzire mare. Tulpini și frunze verzi, glabre, fără antocian. Frunze compuse lungi de cca 40cm. Foliiole alungite sau elipsoidale, acuminat cu lungimea de 6-13 cm. Flori semiplene, alb-roz-lila (lavender) cu diametrul de 16-20cm. Aromă plăcută, rafinată. Baza petalelor violet-bordo. Caliciul din trei sepale mari (4cm) verde deschis. Stamine numeroase cu antere alungite, de cca 1cm, de culoare galben deschis. Giniceu cu 6-8 carpele de culoare verde, acoperite cu peri scurți rugoși, roșcați. Stigmate mici crem. Nu formează semințe. Inițierea vegetării la fel se produce în I-II decadă a lunii martie, iar faza îmbobocirii în a III-ea decadă a lunii aprilie - I decadă a lunii mai. Înfloarește din a doua decadă a lunii mai până la începutul verii, pentru o perioadă de 12-15 zile. Este un soi destinat atât pentru producția de flori tăiate, cât și pentru amenajarea spațiilor verzi.

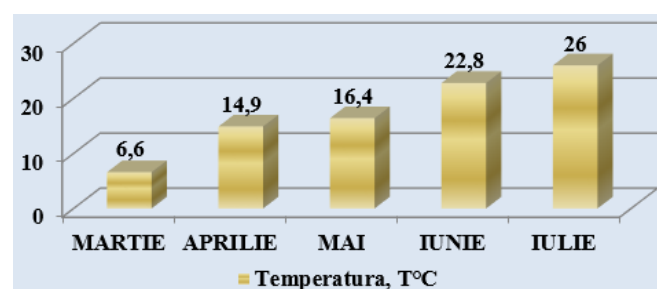
Hillary (Roger F. Anderson, 1994, SUA) [8, 12]. Talia plantelor de cca 80cm. Tufe robuste cu grad de înfrunzire mare. Tulpinile și pețiolii – cu antocian. Frunze mari, verde închis, penat-sectate, de aproape 40 cm lungime. Foliiole alungite, ovate, uneori sectate sau lobate. De 9-15cm lungime. Partea abaxială a frunzei de culoare verde deschis. Florile solitare, semiplene, cu diametru de 17-20cm. Petalele, la inițierea înfloririi sunt culorate în roz-somon intens. Baza petalelor este bordo. Spre sfârșitul înfloririi florile își schimbă culoarea în roz pal, cu streații, centrul florii rămânând neschimbat și expresiv.

Caliciu din 3-4 sepale mai mici (2-3,5 cm). Giniceul e format din 6, uneori 12 carpele (folicule) mai mici, la fel acoperite cu peri rugoși, maro. Cel mai timpuriu și mai abundent soi dintre cele patru existente în colecție: faza înfloririi demarează cu 2-4 zile mai devreme. De asemenea înfloarește din a doua decadă a lunii mai până la începutul verii pentru o perioadă de 13-16 zile. Este un soi spectaculos, recomandat atât producției floricole: flori tăiate, frunze, cât și pentru amenajarea spațiilor verzi.

Prairie Charm (Hollingsworth, 1992) [8, 12]. Hibrid cu talia de 40-70 cm. Grad de înfrunzire mediu. Frunze verde deschis, glabre, de cca 35 cm lungime, penat-sectate. Partea abaxială a frunzei e cu mult mai deschisă. Foliiole mari, late, obovate, acuminat, unele lobate. Lungimea foliolelor constituie 15-18 cm, iar lățimea 6-10 cm. Spre bază pețiolii au streații antocianice. Flori semiplene de culoare galben deschis (lămâi), cu diametrul de 15-20 cm. Baza petalelor roz-violet. Aromă plăcută. Stamine numeroase cu antere mici alungite, de cca 0,5 cm, de culoare galben deschis. Giniceu cu 4-6 carpele mici. Stigmate mici în culoarea petalelor. Nu formează semințe. Inițierea vegetării demarează în I-II decadă a lunii martie, iar faza îmbobocirii – în a III-ea decadă a lunii aprilie - I decadă a lunii mai. Înfloarește din a doua decadă a lunii mai până la începutul verii pentru o perioadă de 12-15 zile. Soiul îl recomandăm pentru producția de flori tăiate, ca plantă la container și pentru amenajarea spațiilor verzi.

În condițiile țării noastre, ritmul sezonier de dezvoltare se etalează prin următoarele fenofaze: a) înmugurirea și inițierea vegetării; b) îmbobocirea; c) înflorirea; d) formarea fructelor; e) sfârșitul vegetării. În tabelul 1 sunt etalate numai fazele generative: faza îmbobocirii, înfloririi, fructificării la toate soiurile studiate în comparație cu bujorul lemnos, care de obicei, se remarcă printr-o perioadă generativă mai precoce cu 4-8 zile, corelând cu factorul termic (fig. 2). *P. x suffruticosa* Andrews în condițiile țării noastre, spre deosebire de *Itho-bujori*, sunt foarte productivi și formează semințe viabile, instalând și semințiș abundent.

Denumirea cultivarului	Aprilie			Mai			Iunie			Iulie		
<i>Bartzella</i>												
<i>Cora Louise</i>												
<i>Hillary</i>												
<i>Prairie Charm</i>												
<i>Paeonia x suffruticos</i>												
		îmbobocire	înflorire	fructificare								



Debutul fazei florescente (cea mai importantă, în cazul dat) are loc atunci când temperatura medie a aerului este de +15-18°C. Ritmul sezonier este specific pentru fiecare taxon în parte, respectându-se an de an, cu mici abateri.

Soiurile studiate le putem partaja în două grupuri după abundența înfloririi și cantitatea lăstarilor floriferi, care sunt deosebit de importante la culturile floricole: a) foarte productive (Bartzella și Hillary); b) mediu productive (Prairie Charm și Cora Louise).

Conform tabelului 2, aprecierea adaptării *Itho-bujorilor* și a unor soiuri erbacee, a demonstrat rezistența lor la factorii biotici și abiotici nefavorabili, cedând în fața soiurilor erbacee numai la producția de flori și fructificare.

Nr.	Indicatorii		Bartzella	Cora Louise	Hillary	Praire Charm	Miss America
1	Fructificarea	Abundentă Medie Slabă	1	1	1	1	3
2	Numărul de tije florale și vegetative	< 15 = 10-15 >10	3	2	3	1	2
3	Dezvoltarea generală a plantei	Excelentă Satisfacatoare Nesatisfacătoare	3	2	3	2	3
4	Rezistența la temperaturi negative	Nu sunt afectate Puțin afectate Complet afectate	3	3	3	2	3
5	Rezistența la patogeni și dăunători	Rezistent Mediorezistent Nerezistent	3	3	3	3	3
		Total	13	11	13	9	14

295

Concluzii

Paeonia-Itho – hibrizi intersecționali, în premieră au fost incluși în colecția generică *Paeonia* a Grădinii Botanice Naționale (I) în anul 2019, fiind reprezentați prin patru cultivari binecunoscuți: „Bartzella”, „Cora Louise”, „Hillary” și „Prairie Charm”.

Condițiile pedoclimaterice ale țării noastre sunt favorabile pentru *Itho-Paeonia*: parcurg toate fazele ritmului sezonier de dezvoltare, păstrându-și decorativitatea până la căderea frunzelor. O particularitate importantă a acestora este fructificarea fără formarea semințelor viabile. Înmulțirea acestui grup de bujori se realizează actualmente numai vegetativ – prin divizarea tufelor.

Considerăm *Paeonia-Itho* o cultură nouă, valoroasă pentru sectorul floricol al Republicii Moldova, cu perspectivă în amenajarea spațiilor verzi și-n arta florală, grație taliei, foliajului luxuriant, abundenței înfloririi și rezistenței în condițiile de climă și sol locale.

Bibliografie:

1. НЕМИРОВИЧ-ДАНЧЕНКО Е. Н. Семейство пионовые (*Paeoniaceae*). În: Жизнь растений. Т. 5. Под ред. А. Л. Тахтаджяна. Москва: Просвещение, 1981. Сс. 16-18.
2. PREDA M. Dicționar dendrofloricol. București: Editura Științifică și Enciclopedică. 1989, pag. 393-394. ISBN 937-29-0033-4.
3. ГОРОБЕЦ В. Ф. Пионы. Под ред. Клименко С.В. Киев: Велес, 2015, 160 с. ISBN 978-966-02-7643-7.
4. NEGRU A. și al. Flora Basarabiei. În 6 volume. V. II. Magnoliophyta. Red. șt. A. Negru. Ch.:Universul, 2016. 608 p. ISBN 978-9975-47-057-5.
5. ȘTEFĂRȚĂ A., SÎRBU T. *Paeonia peregrina* Mill. În: Cartea Roșie a Republicii Moldova. Chișinău. Știința, 2015, p. 83. 978-9975-67-998-5.
6. SÎRBU T. Componenta taxonomică a colecțiilor de plante ornamentale din Grădina Botanică(I) a A.Ș.M. În: Revista Botanică. Vol. V, Nr. 1(6), Chisinau. 2013., p. 45-52. ISSN
7. УСПЕНСКАЯ М. С. Пионы. Москва: ЗАО Фитон. 2002. 208 с. ISBN 5-93457-044-7.
8. *Paeonia: classification and overview of peony species*. Disponibil :<https://www.peonysociety.org/peony-species/> (vizitat: 08.02.2025).
9. JANE EASTOE. *Peonies. Beautiful varieties for home and garden*. London: Pavilion. 2018. 237 p. ISBN-13: 978-1423648314.
10. SÎRBU T. Ameliorarea bujorilor în Grădina Botanică a AȘM. În: Lucrări științifice V. 41, Agronomie. CE UASM. Ch.2014. pp. 386-390. ISBN 978-9975-64-263-7.
11. *Paeonia*. World Flora Online. Disponibil: <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-4000027742>. (vizitat 08.02.2025)
12. MARTIN PAGE. *The gardener's guide to growing Peonies*. Devon: David & Charles Publishers, 1997, 160 p. ISBN 071530531X.
13. PÎNZARU P., SÎRBU T. Flora Vasculară din Republica Moldova. (Ediția II). Red. șt. E. Chiriac. Ch: Ed. UST, 2016. 261 p. ISBN 978-9975-115-36-0.
14. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. 1975.- М.: Наука. 24 с
15. ФЕДОРОВ А., АРТЮШЕНКО, З. Атлас по описательной морфологии высших растений: Стебель и корень. Москва-Ленинград: АН СССР, 1962. 350 с.
16. ФЕДОРОВ А., АРТЮШЕНКО, З. Атлас по описательной морфологии высших растений: Цветок. Ленинград: Наука. 1975. 350 с.
17. ȘELARU E. Cultura florilor de grădină. Editura Ceres. București. 2007. P. 613-624. ISBN: 642328700-0176.
18. ШАРОВА Е. А., БРУСНИЦЫНА О. Ю. Оценка декоративности сортов рода *Paeonia* L. в условиях культуры на Среднем Урале. Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2020. Выпуск 136. С. 78-86. ISSN 0513-1634.

N. B.: Lucrarea a fost realizată cu suportul proiectului 010101: „Cercetarea și conservarea ex situ și in situ a diversității plantelor din Republica Moldova”.

Date despre autori:

Tatiana SÎRBU, doctor în științe biologice, conferențiar cercetător, șeful Laboratorului Plante Ornamentale al Grădinii Botanice Naționale (Institut) „Al. Ciubotaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0005-5549-2588

E-mail: tatianaonica17@gmail.com

Tamara RUDI, doctor în științe biologice, cercetător științific coordonator, Grădina Botanică Națională (Institut) „Al. Ciubotaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0002-0895-7862

E-mail: tamara.gavrilas13@gmail.com

Vasilii SLIVCA, cercetător științific, Grădina Botanică Națională (Institut) „Al. Ciubotaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0004-2773-2276

E-mail: vasilii.slivca.94@mail.ru

Prezentat: 28.02.2025

ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ ПЕРОКСИДАЗЫ В ЛИСТЬЯХ ДЕРЕВЬЕВ СЛИВЫ И ЯБЛОНИ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНОТИПА И УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ

Валентина СВЕТЛИЧЕНКО, Анна ПОПОВИЧ,

Государственный Университет Молдовы

Была изучена активность антиоксидантного фермента пероксидазы в листьях деревьев поздних сортов сливы и зимних сортов яблони при росте в условиях контролируемого полива и моделируемой засухи. Пероксидазная система служит уникальным индикатором стрессового состояния растений и дает достаточную информацию об их физиологическом состоянии и может быть критерием их устойчивости к абиотическим факторам окружающей среды.

Проведенные опыты показали, что в листьях плодовых деревьев, выращенных в условиях водного дефицита, наблюдался более высокий рост активности изучаемого фермента по сравнению с контролем. Определено, что в период вегетации наибольший уровень ферментативной активности пероксидазы, как в контрольном, так и в опытном варианте наблюдался в листьях исследуемых сортов яблони и соответственно наименьший уровень ее активности выявлен в листьях сливы. Исследования, проведенные на сливе и яблоне, показали, что активность фермента пероксидазы в листьях, зависела от различных факторов: условий среды, интенсивности обменных процессов происходящих в определенные фазы роста и развития деревьев, а также от биологических особенностей сортов.

Ключевые слова: *слива, яблоня, засуха, температура, фермент антиоксидантной защиты, пероксидаза.*

ASSESSMENT OF PEROXIDASE ACTIVITY IN LEAVES OF PLUM AND APPLE TREES DURING THE VEGETATION PERIOD, DEPENDING ON THE GENOTYPE AND GROWING CONDITIONS

The activity of the peroxidase enzyme in the leaves of late plum and apple tree varieties growing under controlled watering and simulated drought conditions was studied. The peroxidase system serves as a unique indicator of the stress state of plants and provides sufficient information on their physiological state and is a criterion for their resistance to abiotic factors. It was shown that in the leaves of trees grown under water deficit conditions, a higher increase in peroxidase activity was observed compared to the control. The highest level of enzyme activity was found in the leaves of the studied apple varieties. Studies conducted on plum and apple trees showed that the activity of the peroxidase enzyme in the leaves depended on various factors: environmental conditions, the intensity of metabolic processes occurring in certain phenophases of growth and development of trees, as well as on the biological characteristics of the varieties.

Keywords: *plum, apple, drought, temperature, antioxidant enzyme, peroxidase.*

Введение

Плодоводство является одной из основных отраслей экономики Республики Молдова. Среди востребованных плодовых культур на первом месте стоит яблоня, на втором – слива, выращиваемая по всей территории страны. При изменении климатических условий окружающей среды на плоды этих культур влияет действие некоторых неблагоприятных факторов, среди которых водный дефицит является одним из самых разрушительных экологических стрессов. Засуха является многомерным комплексным стрессом, одновременно нарушающий физиологические, морфологические, биохимические и молекулярные состояния, которые контролируют рост и качество урожая и, в конечном счете, продуктивность культуры [8, с.1026-1029]. Эта ситуация усугубляется во всем мире поскольку

ку районы, испытывающие засуху, быстро расширяются из-за неравномерного выпадения осадков, ограниченности источников воды и других быстрых и резких изменений в глобальных экологических условиях.

Засуха, как стресс фактор способствует инициированию нарушения окислительно-восстановительного баланса в растительных клетках, что приводит к повышению уровня содержания активных форм кислорода, запускающих цепь окислительных реакций [5, 7, с. 1670-1672]. Для сдерживания развития окислительного стресса растения активизируют антиоксидантную ферментативную систему защиты, включающую как низкомолекулярные небелковые антиоксиданты, так и специфические ферменты [3, с. 124-133, 6, с. 37-43, 9, с. 50-62, 10]. Пероксидаза входит в состав ферментов, более чувствительных к изменению условий роста растений. Благодаря этому ферменту происходит регуляция жизненно важных процессов в организме растений, а также их адаптация и устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды.

В задачу исследований входило изучение изменения активности фермента пероксидазы в листьях деревьев сливы и яблони, выращенных в оптимальных условиях (деревья с орошением) и водного дефицита.

Материалы и методы исследований

Опыты, проводились в лизиметрах Института Генетики, Физиологии и Защиты Растений, Государственного Университета Молдовы, согласно установленной схеме эксперимента в период вегетации на деревьях поздних сортов сливы – Стенлей и Удлиненная, а также на зимних сортах яблони – Голден Спур и Гренни Смит (таб. 1).

Таблица 1. Схема эксперимента

№	Варианты	Проведение корневой обработки в период вегетации
1.	Опытный вариант: растения, выращенные в условиях водного дефицита (моделирование засухи в лизиметрах путем покрытия почвы пленкой вокруг плодовых деревьев).	В начале периода вегетации (март), в грунт вокруг деревьев сливы и яблони были добавлены микроэлементы.
2.	Контрольный вариант: растения, выращенные в оптимальных условиях (с орошением)	В начале периода вегетации (март), в грунт вокруг деревьев сливы и яблони были добавлены микроэлементы.

Для определения изменения активности пероксидазы в листьях применяли методику Ермакова А. И. [4]. Статистическую обработку полученных результатов проводили в программе Microsoft Office Excel.

Результаты исследований

В период вегетации в листьях плодовых деревьев исследуемых сортов, как в контрольном, так и в опытном варианте наблюдался рост активности пероксидазы. Повышение уровня активности изучаемого фермента установлено в листьях сливы сортов Стенлей и Удлиненная в 3 декаде мая. В этот же период повышение активности пероксидазы наблюдалось в листьях яблони сорта Гренни Смит, у сорта Голден Спур рост ферментативной активности отмечается в начале второй декады июня месяца.

Определено, что максимальные значения активности пероксидазы были выявлены в наиболее жаркий и засушливый месяц, которым был июль. В данный период в листьях деревьев сливы и яблони мы наблюдали резкое повышение уровня активности фермента. Из литературы известно [2, с. 135-137], что высокая ферментативная активность пероксидазы указывает на наличие оксидативных веществ, как пероксида водорода и др. веществ в клетках растений и необходимостью

их детоксикации. Полученные результаты показали, что самый высокий уровень ферментативной активности пероксидазы в июле месяце был выявлен в листьях яблони сорта Голден Спур – 0,47; 0,6 ед. опт. плотности г/с и у сорта Гренни Смит – 0,37; 0,43 ед. опт. плотности г/с. В листьях сливы этот показатель составил у сорта Удлиненная – 0,080 и 0,085 ед. опт. плотности г/с, а у сорта сливы Стенлей – 0,075; 0,081 ед. опт. плотности г/с.

В период вегетации деревьев при замедлении и прекращении роста побегов в листьях сливы сорта Удлиненная мы наблюдали снижение уровня ферментативной активности. Это явление связано с тем, что в этой фазе обычно происходит накопление запасных веществ, рост плодов, а также протекают другие физиологические процессы в растениях.

Проведенные опыты показали, что в зависимости от условий выращивания у изучаемых сортов сливы и яблони наблюдался разный уровень ферментативной активности пероксидазы (рис. 1).

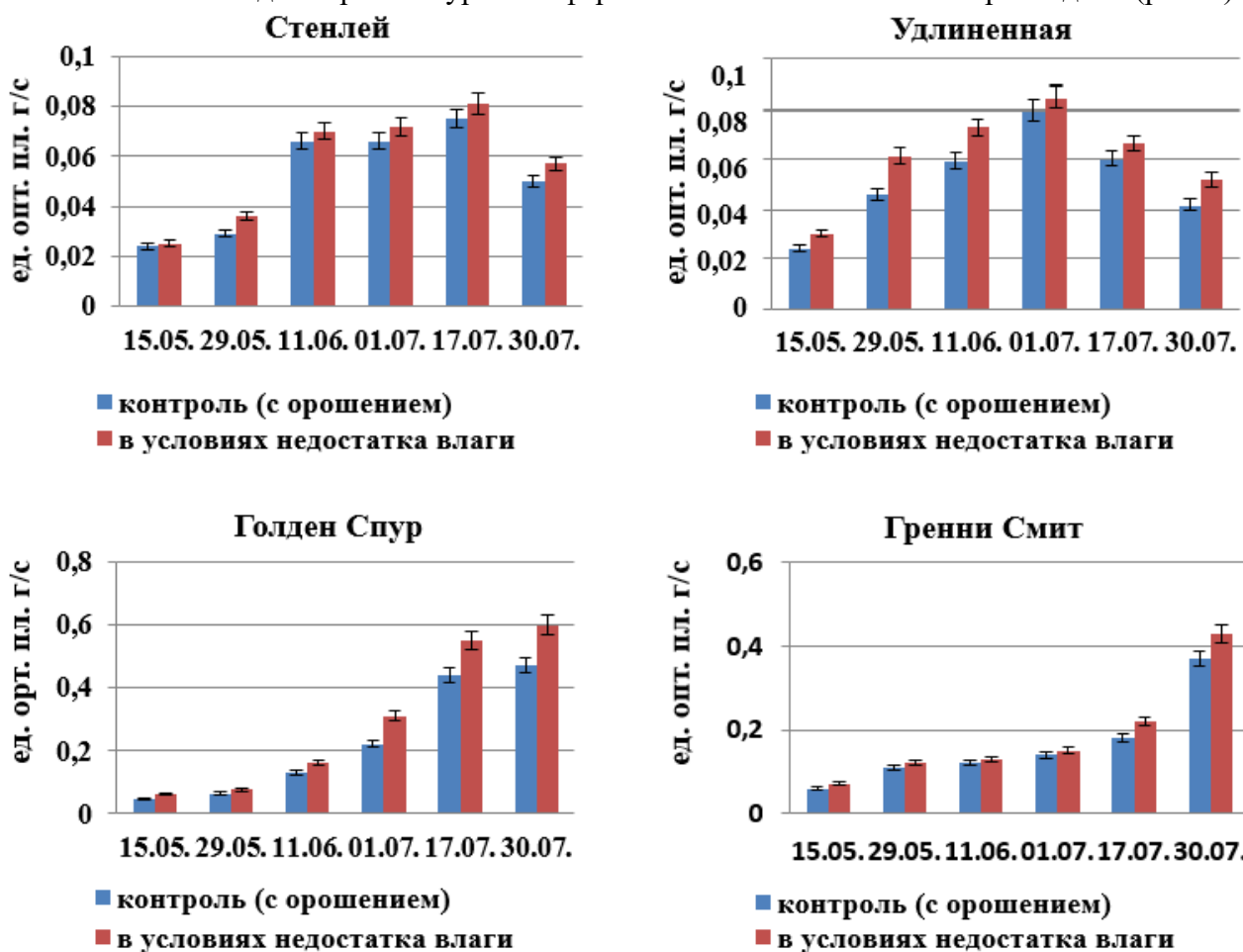


Рисунок 1. Изменение активности пероксидазы в листьях деревьев изучаемых сортов сливы и яблони, в зависимости от генотипа и условий выращивания

Определено, что у исследуемых сортов сливы и яблони в контрольном варианте, где растения находились в оптимальных условиях полива, ферментативная активность пероксидазы была ниже по сравнению с растениями, которые росли в условиях водного дефицита. Таким образом, у сорта сливы Стенлей эта разница между контрольным и опытным вариантом, варьировала в пределах от 4,0% до 24,1%, у сорта Удлиненная от 6,3% до 32,6%. В листьях яблони этот показатель составил у сорта Голден Спур – 17,2% и 40,1%, а у сорта Гренни Смит – 8,1% и 22%.

Средние данные, полученные у исследуемых растений в период вегетации, показали, что наибольший уровень ферментативной активности пероксидазы, как в контрольном, так и в опытном варианте наблюдался в листьях яблони сортов Голден Спур и Гренни Смит и соответственно наименьший уровень ее активности выявлен в листьях сливы сортов Стенлей и Удлиненная (таб. 2).

Такие отличительные особенности в ферментативной активности пероксидазы в листьях связывают с засухоустойчивостью плодовых деревьев. По мнению некоторых авторов [1, с. 110-111], косточковые породы деревьев, являются более засухоустойчивыми, могут культивироваться без орошения по сравнению с семечковыми культурами, которые требовательны к воде.

Таблица 2. Характеристика активности фермента пероксидазы в исследуемых листьях сливы и яблони в период вегетации

Вид/ сорт	Средние данные активности фермента пероксидазы	
	Контроль (деревья с орошением), ед. опт. плотности г/с	Опыт (деревья выращиваемые в условиях водного дефицита), ед. опт. плотности г/с
слива сорт Станлей	0,052±0,02	0,057±0,04
слива сорт Удлиненная	0,057±0,02	0,061±0,03
яблоня сорт Голден Спур	0,23±0,18	0,29±0,22
яблоня сорт Гренни Смит	0,16±0,1	0,19±0,12

В третьей декаде июля месяца в листьях изучаемых сортов сливы мы наблюдали уменьшение уровня ферментативной активности пероксидазы. Эти изменения соответствовали началу созревания плодов. У исследуемых сортов яблони в этот период был установлен самый высокий уровень активности фермента. Это явление объясняется тем, что у плодов яблони более поздние сроки созревания по сравнению со сливой.

Анализ полученных данных показал, что активность фермента пероксидазы в листьях зависела, как от условий роста в течение вегетационного периода, так и от биологических особенностей сорта и метаболических процессов, протекающих в определенные фазы развития деревьев.

Выводы

1. Опыты показали, что плодовые деревья в период вегетации проявили ответную реакцию на стресс - факторы окружающей среды. Так, в листьях изучаемых сортов сливы и яблони, выращенных в условиях водного дефицита, наблюдался более высокий рост активности фермента пероксидазы по сравнению с контрольным вариантом.

2. Сравнительный анализ показал, что в период вегетации деревьев наиболее высокий уровень активности пероксидазы, как в контрольном, так и в опытном варианте наблюдался в листьях исследуемых сортов яблони по сравнению со сливой.

3. Определено, что активность пероксидазы в листьях сливы и яблони, зависела от различных факторов: условий среды, интенсивности обменных процессов протекающих в определенные фазы роста и развития деревьев, а также от биологических особенностей исследуемых сортов.

Литература:

- АНДРЕЕНКО, С. С. и др. *Физиология сельскохозяйственных растений*. Москва: Издательство Московского Университета. 1968, Т. 10, с. 110-111.
- БЕКТУРОВА, А. Ж. и др. *Активность ферментов антиоксидантной защиты в условиях температурного стресса и засухи. Современные подходы и методы в защите растений: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*, Екатеринбург, 12-14 ноября 2018 г. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2018, с. 135-137.
- ВАФИНА, Г. Х., ИВАНОВ, Р. С., ИВАНОВА, Э. А. *Анализ пероксидазной активности в супраструктурах клеточных ядер при развитии этилированных зародышей пшеницы*. *Экобиотех*, 2018, Том 1, № 3, с. 124-133. ISSN 2618-964X.
- ЕРМАКОВ, А. И. и др. *Методы биохимического исследования растений*. Ленинград, Агропромиздат. 1987, 430 с.

5. КОШКИН, Е. П. *Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур*. М.: Дрофа, 2010. 638 с.
6. МИШКО, А. Е., ЛУЦКИЙ, Е. О. Динамика активности пероксидазы и ее изоформ в листьях разных сортов яблони. *Труды по Прикладной Ботанике, Генетике и Селекции* 182(3), 2021, с. 37-43. ISSN 2227-8834 (Print) ISSN 2619-0982 (Onlin)
7. МУРАШЕВ, С. В., ГОНЧАРОВА, Э. Г., БОБКО, А. Л. Ферментативная активность в тканях растений в состоянии покоя и её связь с продуктивностью и хранением запасующих органов в охлаждённом состоянии. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2013, т. 15, № 3 (5), с. 1670-1672.
8. САИТЖАНОВ, Ш. А., АЗИМОВ, А. А. ЗИЯЕВ, З. М. Активность фермента пероксидазы в сортах *Maui (vigna radiata l.)* в разных условиях водообеспеченности. *International scientific journal*, volume 1, ISSUE 8 UIF-2022: 8.2, pp. 1026-1029. ISSN: 2181-3337.
9. ȘTEFÎRȚĂ, A., ALUCHI, N. și al. Antrenarea enzimelor peroxidice în protecția antioxidantivă a plantelor în condiții de secetă. *Buletinul academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2011,1(313), pp.50-62. ISSN 1857-064X.
10. SZALAY, L., HEGEDŰS, A., STEFANOVITS-BÁNYAI, É. Presumable protective role of peroxidase and polyphenol oxidase enzymes against freezing stress in peach (*Prunus persica* /L./ Batsch). *Proceedings of the 8th Hungarian Congress on Plant Physiology and the 6th Hungarian Conference on Photosynthesis*, 2005. Volume 49(1-2):121-122, 2005.

N. B.: Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramului 011101 Abordări genetice și biotehnologice de management al agroecosistemelor în condițiile schimbărilor climatice, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării.

Date despre autori:

Valentina SVETLICENCO, cercetător științific în biologie, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-7376-949X

E-mail: valentina.svetlicenco@gmail.com

valentina.svetlicenco@sti.usm.md

Ana POPOVICI, cercetător științific în biologie, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0000-9543-0625

E-mail: ana.popovici@sti.usm.md

Prezentat: 27.02.2025

CZU: 7.045

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_39](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_39)**CADUCEUL: SEMNIFICAȚII, UTILIZĂRI ȘI IMPACT****Sergiu BALACCI, Ion BALAN,***Universitatea de Stat din Moldova*

Caduceul, simbol mitologic cu rădăcini în mitologia greacă și romană, este asociat cu Hermes/Mercur, zeul mesager, patronul comerțului și al călătorilor. Acesta reprezintă echilibrul, comunicarea între lumi și protecția, fiind format dintr-un băț în jurul căruia se încolăcesc doi șerpi, simbolizând dualitatea și armonia forțelor opuse ale universului. De la începuturile sale în mitologie și religie, caduceul a fost adoptat și în medicina antică, devenind un simbol al vindecării și al profesiilor medicale. În prezent, caduceul rămâne relevant în domenii precum medicina contemporană, comerțul și dreptul internațional, simbolizând autoritatea, protecția și armonia. Articolul analizează evoluția acestui simbol și modul în care a fost perceput de-a lungul timpului, evidențiind impactul său continuu, în special în contextul digital și al rețelelor sociale, și importanța sa în societățile moderne.

Cuvinte-cheie: *caduceul, simbol, mitologie, știință, confuzie.*

THE CADUCEUS: MEANINGS, USES AND IMPACT

The caduceus, a mythological symbol with roots in Greek and Roman mythology, is associated with Hermes/Mercury, the messenger god and patron of commerce and travelers. It represents balance, communication between worlds, and protection, consisting of a staff around which two snakes are entwined, symbolizing the duality and harmony of opposing forces in the universe. From its origins in mythology and religion, the caduceus was adopted in ancient medicine, becoming a symbol of healing and the medical professions. Today, the caduceus remains relevant in fields such as contemporary medicine, commerce, and international law, symbolizing authority, protection, and harmony. The article explores the evolution of this symbol and how it has been perceived over time, highlighting its ongoing impact, especially in the digital and social media context, and its significance in modern societies.

Keywords: *caduceus, symbol, mythology, science, confusion.*

Introducere

Caduceul este unul dintre cele mai vechi și mai fascinante simboluri ale umanității, cu o semnificație profundă care a traversat milenii, rămânând un semn de recunoaștere universală. Originar din mitologia greacă și romană, acest simbol al divinității și al echilibrului continuă să fie relevant și astăzi, având o semnificație extinsă și utilizare diversă, de la medicina modernă și religia contemporană până la dreptul internațional și comerțul global. Reprezentând doi șerpi încolăciți în jurul unui băț în formă de cruce, caduceul este adesea asociat cu zeul Hermes (Mercur), mesagerul zeilor, patronul comercianților și al călătorilor, protector al curierilor, păstorilor, mincinoșilor, hoților, negustorilor, oratorilor dar și al celor care practică arta vindecării. Pe măsură ce societățile s-au transformat de-a lungul timpului, caduceul a căpătat multiple semnificații, fiind folosit în context religios, în medicină, comerț și politică. Într-o lume interconectată prin rețelele sociale și diverse platforme digitale, caduceul rămâne un simbol accesibil și relevant, un semn care este asociat cu autoritatea, înțelepciunea și protecția. De asemenea, în spațiul virtual acest simbol este adesea folosit pentru a exprima viziuni de echilibru și armonie în fața conflictelor, având un impact semnificativ asupra percepției publice a conceptelor de sănătate și de conducere responsabilă.

Această lucrare își propune să exploreze mitologia, originea, semnificația și utilizarea Caduceului, aducând în prim-plan evoluția sa de-a lungul istoriei, dar și impactul său asupra umanității. Vom analiza conexiunile sale cu diverse domenii, inclusiv medicina antică și modernă, și vom evidenția modul în care symbolismul Caduceului continuă să modeleze viziuni și practici în societățile contemporane. În plus, vom discuta despre cum rețelele de socializare și alte forme de comunicare digitală au contribuit la perpetuarea și reinterpretarea acestui simbol, conferindu-i noi semnificații.

Astfel, caduceul nu doar că își păstrează statutul de simbol mitologic, dar devine și un simbol al comu-

nicării între trecut și prezent, între culturile tradiționale și cele moderne. Explorând aceste aspecte, articolul va contribui la o înțelegere mai profundă a acestui simbol și a relevanței sale în lumea contemporană.

Material și metode

Studiul adoptă o abordare multidimensională și calitativă pentru a explora semnificația și utilizarea simbolului caduceului în diverse domenii, cu accent pe rolul său în domeniul sănătății și al comunicării comerciale. Abordarea combină metoda inductivă și metoda sintetică pentru a înțelege evoluția simbolului, aplicarea acestuia în diferite contexte, precum și impactul său asupra percepției publice și a imaginii instituțiilor.

Metoda inductivă, care pornește de la observații particulare pentru a ajunge la concluzii generale, permite identificarea tendințelor în utilizarea simbolului caduceului, pe baza cercetărilor și surselor existente. Această abordare facilitează înțelegerea modului în care caduceul a fost adoptat în diverse tradiții și domenii și cum este perceput de publicul larg. În paralel, metoda sintetică integrează informațiile provenite dintr-o varietate de surse, incluzând studii de caz, rapoarte de cercetare, documente istorice și lucrări academice, pentru a construi o imagine coerentă a semnificației Caduceului și impactului său în contextul modern.

Analiza literaturii de specialitate joacă un rol esențial în acest studiu, furnizând un cadru teoretic solid și evidențiind evoluția utilizării simbolului în timp.

Rezultate și discuții

Caduceul își are originile adânc înrădăcinate în mitologia greacă, fiind asociat în mod direct cu zeul Hermes, cunoscut și sub numele de Mercur în mitologia romană. Hermes, fiul lui Zeus și al nimfei Maia, era considerat mesagerul zeilor și protectorul comercianților, al hoților, al călătorilor și al frontierelor. În multe dintre tradițiile sale mitologice, Hermes este prezentat ca un zeu care călătorea rapid între lumi, având abilitatea de a intermedia între divinități și oameni, dar și între lumea vie și lumea morților [1; 4; 5; 7].

Caduceul, cunoscut și sub numele de „bastonul lui Hermes”, era un baston de lemn sau metal, în jurul căruia se încolăceau doi șerpi (fig. 1). Aripile adăugate în vârful caduceului simbolizau rapiditatea și abilitatea de a se deplasa între lumi, atât fizic, cât și spiritual, reprezentând totodată puterea de a anihila conflictele, de a echilibra energiile opuse și de a-l consacra pe Hermes drept intermediar între zei și oameni, între pământ și cer. Conform mitologiei, șerpii simbolizează cunoașterea, protecția și, adesea, regenerarea, întrucât aceste creaturi erau capabile să-și schimbe pielea, devenind un simbol al continuității și al regenerării [12; 13; 15].

Legenda caduceului este strâns legată de o poveste mitologică despre Hermes, care, într-o zi, a întâlnit doi șerpi ce se luptau pentru supremație. Înțelept și cunoscător al forțelor universului, Hermes a intervenit și a reușit să-i împace, aducându-i într-o stare de armonie. Actul de reconciliere a celor două forțe opuse a fost simbolizat prin șerpii care se încolăcesc în jurul bastonului, iar această imagine a fost asociată cu puterea zeului de a restabili echilibrul în lume [3; 4].



Figura 1. Caduceu

Astfel, caduceul devine un simbol al puterii mesagerului divin, dar și al armoniei, echilibrului și protecției. În această poveste șerpii reprezintă nu doar forțele opuse, dar și procesul de integrare a polarităților – lumina și întunericul, viața și moartea, divinul și pământescul – iar caduceul devine un semn al unirii acestora într-un echilibru perfect. În tradițiile ezoterice și alchimice, acest simbol reflectă conceptul de „unitate în diversitate” și simbolizează transformarea interioară, procesul alchimic al evoluției spirituale către o înțelegere mai profundă a realității [4; 5; 11].

Reprezentările mitologice ulterioare asociază caduceul cu reconcilierea forțelor opuse și cu ideea de comunicare, vindecare și înțelepciune. În mitologia romană, caduceul se transformă într-un simbol al comerțului și al schimburilor economice, asociat cu Mercur, zeul mesager roman, care împărtășea multe trăsături cu Her-

mes, dar cu un accent mai mare pe comerț și prosperitatea imperiului. Acesta devine un simbol al rapidității și eficienței în comunicarea între sferele lumii, subliniind natura mesagerului divin [5; 7; 10].

Astfel, caduceul depășește granițele mitologiei grecești și romane, devenind un simbol cu semnificații profunde și diverse în multiple culturi și tradiții, inclusiv în religie, medicină și comerț. În cultura occidentală, caduceul este asociat în mod obișnuit cu medicina, datorită utilizării sale ca simbol al Asociației Medicilor din Statele Unite ale Americii și al altor instituții de profil [16]. Acesta este adesea confundat cu bastonul lui Asclepius, care include un singur șarpe, însă cele două simboluri au semnificații diferite, deși ambele sunt legate de medicina și vindecarea bolilor. Caduceul, cu cei doi șerpi încolăciți, sugerează un echilibru între forțele opuse, iar acest simbolism este utilizat pentru a reflecta complexitatea proceselor de vindecare și interacțiunile dintre corpul uman și diversele energii care îl afectează [3; 5].

În tradiția biblică, șarpele joacă un rol important în mitologia iudaică, fiind văzut ca un simbol al ispitirii și al păcatului originar. Totuși, în anumite contexte biblice, șarpele mai poate reprezenta și vindecarea. De exemplu, în Cartea Numerelor, Moise ridică un șarpe de aramă pentru a vindeca poporul Israel de mușcăturile de șarpe. Astfel, șarpele devine și un simbol de vindecare și de protecție, reflectând transformarea simbolică a caduceului dintr-un simbol de pericol într-un simbol al regenerării.

În mitologia egipteană, simbolismul șarpelui este strâns legat de conceptul de protecție și restaurare a echilibrului cosmic. Zeița Wadjet, adesea reprezentată sub forma unui șarpe de nisip, era protectorul Egiptului Inferior și al faraonilor, iar prin prezența sa, stabilitatea regatului și sănătatea oamenilor erau asigurate. În acest context, șarpele joacă un rol protector similar cu cel al caduceului, în sensul că simbolizează securitatea și protecția contra forțelor malefice și a răului [2; 8; 12; 15].

Mai mult, caduceul exprimă dualitatea cosmologică, un concept prevalent în filosofia chineză. În tradiția taoistă, simbolurile opuse ale yin și yang sunt ilustrate adesea prin elemente complementare și opuse, iar șerpii încolăciți reprezintă echilibrul dintre aceste forțe. Această dualitate este esențială în filozofia taoistă, iar caduceul poate fi văzut ca un simbol al unificării acestor forțe complementare. De asemenea, în cultura indiană, în mitologia hinduistă, șarpele are un rol similar, fiind asociat cu divinități precum Shiva, care este adesea reprezentat cu un șarpe încolăcit în jurul gâtului, semnificând protecția și puterea de regenerare.

Simbolismul caduceului în medicină este, poate, cel mai evident în întreaga tradiție occidentală, fiind utilizat pe scară largă pentru a reprezenta profesia medicală. Totuși, este important să se facă distincția între caduceul cu cei doi șerpi și bastonul lui Asclepius, care este simbolul oficial al medicinei, deoarece acesta din urmă include un singur șarpe și simbolizează vindecarea și protecția, fără conotațiile comerciale ale caduceului [10]. Această confuzie istorică este subiectul unor ample dezbateri între istorici, medici și cercetători ai simbolisticii. De-a lungul secolului XX, diverse grupuri academice și medicale au încercat să corecteze această confuzie prin publicarea de studii și articole educative. De exemplu, în 1992, Friedlander a publicat un articol amplu în „The New England Journal of Medicine”, explicând detaliat eroarea istorică și pledând pentru utilizarea exclusivă a bastonului lui Asclepius în reprezentarea medicinei [6].

Asocierea caduceului cu medicina provine, cel mai probabil, dintr-o interpretare greșită din secolul al XIX-lea. În 1902, Armata Statelor Unite a adoptat caduceul ca simbol al corpului medical, confundându-l cu bastonul lui Asclepius, adevăratul simbol al vindecării și protecției medicale. Această greșală s-a răspândit rapid, fiind preluată de diverse organizații, spitale și companii farmaceutice, în ciuda faptului că mulți istorici ai medicinei au subliniat eroarea. Chiar dacă studiile istorice au demonstrat că bastonul lui Asclepius este adevăratul simbol al medicinei multe instituții continuă să folosească caduceul lui Hermes, în special în Statele Unite [6]. Cercetări recente indică că aproximativ 62% dintre spitalele și organizațiile medicale americane utilizează caduceul în logo-urile lor, în timp ce doar 38% folosesc corect bastonul lui Asclepius [16].

Pe de altă parte, în Europa de la bun început, bastonul lui Asclepius a fost utilizat în mod corect ca simbol al medicinei, fiind adoptat de Organizația Mondială a Sănătății (OMS) și de numeroase alte instituții medicale internaționale. Pentru a înțelege diferențele fundamentale dintre cele două simboluri, este important să analizăm semnificațiile fiecăruia:

a) Bastonul lui Asclepius – un baston cu un singur șarpe, simbolizând vindecarea, regenerarea și cunoașterea medicală provine direct din mitologia greacă, unde Asclepius, zeul medicinei, era descris ca

un vindecător divin. În medicina antică, șarpele reprezenta regenerarea și procesul ciclic al vieții, datorită abilității sale de a-și schimba pielea [10; 15].

b) Caduceul lui Hermes – un baston cu doi șerpi încolăciți și aripi, care simbolizează comerțul, negocierile, schimburile și echilibrul între forțele opuse era purtat de zeul Hermes, cunoscut ca patron al comercianților, hoților și mesagerilor zeilor, nu ca o divinitate a vindecării [10; 14].

Această confuzie simbolică nu este doar o eroare istorică, dar reflectă și percepțiile greșite ale societății asupra medicinei, sugerând o influență a corporațiilor și a intereselor economice în domeniul medical modern. Utilizarea caduceului poate implica aspecte comerciale, punând accent pe factorii economici ai medicinei în locul rolului său altruist și științific [6]. Alegerea acestui simbol a fost adesea criticată, deoarece perpetuează ideea că medicina este mai degrabă o industrie decât o vocație dedicată îngrijirii umane.

Această realitate ridică o întrebare esențială: de ce persistă confuzia? Printre motive se numără forța tradiției, deoarece un simbol adoptat pe scară largă devine dificil de schimbat, multe spitale și universități păstrând caduceul în identitatea lor vizuală de-a lungul deceniilor, dar și impactul său vizual, întrucât, cu aripile sale elegante și șerpii încolăciți, acesta este mai dinamic și mai atrăgător grafic decât bastonul simplu al lui Asclepius.

Confuzia între cele două simboluri are și implicații etice și educaționale, motiv pentru care multe organizații medicale propun campanii de educare a publicului pentru a restabili utilizarea corectă a bastonului lui Asclepius. În era tehnologiilor avansate, simbolul caduceului este reinterpretat dincolo de semnificațiile tradiționale medicale și mitologice, având aplicații în bioetică. În contextul noilor descoperiri în editarea genetică, precum CRISPR-Cas9 și al dilemelor etice privind modificarea ADN-ului uman, caduceul a fost folosit uneori pentru a simboliza puterea științifică asupra vieții. De asemenea, anumite start-up-uri medicale din acest sector au adoptat caduceul pentru a sublinia rolul tehnologiei în ghidarea medicinei moderne. Mai mult, în mișcarea ce promovează augmentarea capacităților umane prin tehnologie, caduceul a devenit un simbol al conexiunii dintre uman și digital.

Această expansiune a simbolului demonstrează că caduceul nu mai este doar un artefact mitologic, dar devine un simbol al științei viitorului. În acest context apar controverse etice, cum ar fi conflictul dintre afaceri și sănătate, unde, într-o eră a privatizării serviciilor medicale, caduceul poate fi interpretat ca un simbol al comercializării sănătății mai degrabă decât al vindecării [10]. De asemenea, unii critici se întreabă dacă este un simbol al echilibrului sau al manipulării, argumentând că utilizarea caduceului în sectorul medical modern subminează jurământul hipocratic, transformând medicina într-o industrie reglementată de piață, nu de etică. Aceste aspecte ridică noi perspective asupra semnificației și utilizării acestui simbol în societatea contemporană. Deși multe organizații medicale sunt reticente în a renunța la caduceu, tendințele actuale sugerează o reîntoarcere la simbolurile autentice ale medicinei, precum toiagul lui Asclepius.

Pe lângă utilizările sale medicale și comerciale, caduceul a fost interpretat și din perspectiva psihologiei jungiene și a dezvoltării personale. În psihologia analitică, șarpele simbolizează înțelepciunea ascunsă, iar cei doi șerpi ai caduceului reflectă dualitatea umană: rațiune vs. emoție, conștient vs. inconștient [9]. De asemenea, în tradițiile orientale, caduceul este adesea asociat cu energia Kundalini, forța vitală ascendentă care circulă prin coloana vertebrală și simbolizează trezirea spirituală [3]. Aceste interpretări subliniază faptul că caduceul nu este doar un simbol extern, dar și o reprezentare a călătoriei interioare a omului.

Dezbaterile contemporane privind caduceul demonstrează că acesta rămâne un simbol viu și dinamic, capabil să genereze interpretări diverse și să provoace discuții. În medicină, este contestat din cauza confuziei cu bastonul lui Asclepius. În biotehnologie, simbolizează progresul științific și dilemele etice. În filozofie și psihologie, reprezintă un arhetip al transformării interioare. Pe măsură ce societatea evoluează, simbolurile trebuie înțelese și reinterpretate.

Legătura cu comunicarea și comerțul, într-o eră a medicalizării industriei farmaceutice, unde sănătatea este adesea privită prin prisma afacerilor și marketingului, caduceul simbolizează mai degrabă comerțul medical, decât actul vindecării în sine [10].

Încă din Antichitate, Hermes a fost considerat zeul protecției comercianților și mesagerul dintre zei și oameni. Acest aspect s-a păstrat în cultura economică modernă, unde caduceul este folosit ca simbol al negocierii, comerțului și diplomației. De exemplu unele instituții financiare și burse de valori au integrat caduceul în logo-urile lor pentru a sugera echilibrul și schimbul echitabil, în timp ce companiile aeriene și firmele de

curierat îl utilizează pentru a exprima rapiditatea și eficiența comunicării, reflectând astfel atributul mobilității asociat zeului Hermes. Totodată, anumite organizații diplomatice au adoptat acest simbol pentru a sublinia rolul lor de mesageri între națiuni, consolidând ideea de comunicare globală. Aceste utilizări moderne confirmă faptul că caduceul și-a păstrat esența sa mitologică, adaptându-se noilor realități economice și sociale.

Simbolul caduceului a fost adoptat și reinterpretat în diverse forme artistice, inclusiv în literatura fantastică, cinematografie și jocuri video. În literatură și mitologie modernă, caduceul este adesea utilizat pentru a desemna personaje care joacă rolul de mesageri, ghizi sau intermediari între lumi. În romanele inspirate de mitologia greacă, Hermes este frecvent reprezentat cu caduceul său. În cinematografie, simbolul apare în filme „science-fiction” și „fantasy”, fiind folosit pentru a sublinia teme legate de magie, cunoaștere sau echilibru cosmic. În industria jocurilor video, caduceul este deseori prezent ca artefact mistic, fie ca obiect de vindecare, fie ca armă simbolică utilizată de personaje divine sau magi. Aceste utilizări reflectă capacitatea caduceului de a transcende limitele istorice și de a rămâne un simbol relevant și versatil în cultura contemporană.

O altă direcție modernă în care caduceul este folosit este medicina holistică și alternativă. În multe centre de terapii complementare, acesta este folosit ca simbol al echilibrului dintre corp și minte, fiind asociat cu practici precum acupunctura, homeopatia și naturopatia. În acest context, caduceul capătă o dimensiune spirituală, fiind interpretat ca un simbol al fluxului de energie prin corp, similar cu conceptele asiatice de *Qi* (China) sau *Prana* (India).

Caduceul este uneori asociat cu structura ADN-ului, datorită asemănării vizuale dintre spirala dublă a șerpilor și dubla spirală genetică descoperită în secolul XX. Această conexiune a dus la interpretări mistice, unde caduceul este văzut ca un simbol al cunoașterii ascunse și al codului vieții. De asemenea, caduceul apare în grafica legată de neurologie și neuroștiințe, simbolizând legătura dintre sistemul nervos și echilibrul energetic al organismului.

Utilizarea modernă a caduceului demonstrează că acesta este un simbol istoric și un element dinamic, capabil să se adapteze la domenii variate, de la medicină și economie până la artă, divertisment și știință.

Totuși, confuzia dintre caduceu și bastonul lui Asclepius în domeniul medical rămâne un subiect important, subliniind necesitatea unei mai bune educații simbolice și a unei clarificări în reprezentarea simbolică a profesiilor medicale. În ciuda acestor eforturi, caduceul continuă să fie utilizat în multe contexte medicale, ceea ce sugerează că schimbarea unui simbol cultural puternic este un proces lent și complex.

Concluzii

Caduceul, cu simbolismul său profund înrădăcinat în mitologia antică, continuă să fie o emblemă a echilibrului între forțele opuse și a comunicării între lumi diferite, de la zei la oameni, și de la viață la moarte. Originile sale în mitologia greacă și romană, asociate cu Hermes/Mercur, au contribuit la construirea unui simbol puternic ce transcende diverse culturi și tradiții. Acesta nu doar că a fost folosit în scopuri religioase și mitologice, dar și ca un instrument de putere, autoritate și de protecție în numeroase domenii, de la medicina antică la diplomație și comerț.

Semnificația caduceului, la nivel simbolic, reflectă complexitatea și dualitatea naturii umane. Cei doi șerpi încolăciți, uneori în luptă sau în armonie, exprimă ideea de echilibru între contradicțiile fundamentale ale existenței, de la viață și moarte, la sănătate și boală. În acest context, caduceul poate fi interpretat și ca un simbol al alchimiei, al transformării și al vindecării, iar în medicina modernă, rămâne un simbol recunoscut greșit al profesiilor medicale.

Utilizarea sa în diverse domenii, inclusiv în medicina veterinară, diplomație, comerț și altele, reflectă impactul său profund asupra evoluției civilizațiilor umane. De-a lungul istoriei, Caduceul a fost mai mult decât un simplu obiect simbolic – el a devenit un vector al puterii și al cunoașterii, un semn al comunicării și al legăturii între diferite sfere ale existenței. De asemenea, se poate observa cum simbolul a fost reinterpretat și adaptat în funcție de nevoile și contextul cultural al fiecărei perioade istorice.

Astfel, caduceul nu este doar un simbol mitologic sau religios, dar o temă universală ce continuă să influențeze, să inspire și astăzi. Deși semnificațiile sale s-au diversificat, esența sa aceea de a uni, proteja și vindeca rămâne un ideal fundamental, deosebit de relevant în societatea contemporană. Impactul său asupra umanității, de-a lungul mileniilor, rămâne o mărturie a modului în care simbolurile, mitologia și tradițiile

pot modela și ghida evoluția unei culturi. Înțelegerea corectă a caduceului este esențială, pentru a-i respecta originile istorice și pentru a-l poziționa în mod adecvat în cultura și știința contemporană.

Bibliografie:

1. BURKERT, W. *Greek Religion: Archaic and Classical*. Cambridge: Harvard University Press. 1985. 493 p. ISBN: 978-0-674-36281-9. Disponibil: https://paul-in-athens.nes.lsa.umich.edu/wp-content/uploads/2018/06/Religion_Burkert-Greek-Religion-54-118.pdf.
2. CURL, J.S. *The Egyptian Revival: Ancient Egypt as the Inspiration for Design Motifs in the West*. Routledge. 2005. 608 p. ISBN: 9780415361187.
3. ELIADE, M. *De la Zalmoxis la Genghis-Han: Religii și folclor în Orient și Occident*. Editura Științifică și Enciclopedică. București. 1978. 352 p.
4. FAIVRE, A. *The Eternal Hermes: From Greek God to Alchemical Magus*. Phanes Press. 1995. 204 p. ISBN: 0-933999-53-4.
5. FARAONE, C.A. *Ancient Greek Love Magic*. Harvard University Press. 1996. 312 p. ISBN-13: 978-0674893012.
6. FRIEDLANDER, W.J. *The Golden Wand of Medicine: A History of the Caduceus Symbol in Medicine*. Westport: Greenwood Press. 1992. 181 p. ISBN: 0-313-28023-1.
7. GRAVES, R. *The Greek Myths*. Penguin Books. 1955. 382 p. ISBN-10: 0140107224. Disponibil: <https://archive.org/details/dli.ernet.507504/page/3/mode/2up>.
8. HORNING, E. *The Secret Lore of Egypt: Its Impact on the West*. Ithaca: Cornell University Press. 1999. 149 p. ISBN 978-0-8014-3615-9. Disponibil: <https://archive.org/details/secretlorefegyp00horn/page/n7/mode/2up>.
9. JUNG, C. G. *Psychological Aspects of the Transference*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, SUA. 1963. 120 p. ISBN-13: 978-0691018306.
10. NAYERNOURI, T. *Asclepius, Caduceus, and Simurgh as medical symbols, part I*. *Arch Iran Med*. 2010. 13(1). pp. 61-8.
11. OVID. *Metamorphoses*. Translated by A. D. Melville, Oxford University Press. 2008. Disponibil: https://books.google.md/books?id=eKf8zCFn210C&pg=PT3&hl=it&source=gb_s_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false.
12. RAMOUTSAKI, I. A., HANIOTAKIS, S., TSATSAKIS, A. M. *The snake as the symbol of medicine, toxicology and toxinology*. *Vet Hum Toxicol*. 2000. vol. 42, no. 5, pp. 306-8. PMID: 11003127.
13. RETIEF, F. P., CILLIERS, L. *Snake and staff symbolism, and healing*. *S Afr Med J*. 2002. vol. 92, no.7, pp. 553-556.
14. RILLO, A. G., DR EN H. *The Greek origin of caduceum: Aesculapius*. *Colombia Médica*. 2008. vol. 39 no. 4, pp. 389-393. ISSN: 0120-8322.
15. RODRÍGUEZ PÉREZ D. *The Meaning of the Snake in the Ancient Greek World*. *Arts*. 2020. vol. 10, no. 1, pp. 1-26. <https://doi.org/10.3390/arts10010002>.
16. WILCOX, R. A., WHITHAM, E. M. *The symbol of modern medicine: why one snake is more than two*. *Ann Intern Med*. 2003. 138(8), pp.673-677. DOI: 10.7326/0003-4819-138-8-200304150-00016.

Date despre autori:

Sergiu BALACCI, doctor în științe biologice, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-9961-6806

E-mail: sergiobalacci@gmail.com

Ion BALAN, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar universitar, Institutul de Fiziologie și Sanocreatologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5431-6057

E-mail: balanion@rambler.ru

Prezentat: 03.03.2025

CZU: 577.15:[634.11 + 634.22]

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_40](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_40)

MODIFICAREA ACTIVITĂȚII ENZIMEI CATALAZA ÎN FRUNZELE POMILOR DE PRUN ȘI MĂR, ÎN DEPENDENȚĂ DE GENOTIP ȘI CONDIȚIILE DE CREȘTERE

Ana POPOVICI, Valentina SVETLICENCO, Alexandru NICUȚĂ, Alina GÎSCĂ,

Universitatea de Stat din Moldova

Cercetările științifice au fost efectuate la frunzele pomilor soiurilor de prun Stanley (de origine străină) și Udlinionnaia (autohton), și la două soiuri de măr Golden Spur și Granny Smith. Pe parcursul perioadei de vegetație activitatea catalazei a fost mai sporită la soiurile din varianta experimentală (cu insuficiență de umiditate), în comparație cu varianta martor (cu irigare), ceea ce confirmă că pomii fructiferi cercetați au prezentat un răspuns la insuficiența de umiditate a solului în perioada de vegetație. Valorile activității enzimei catalaza în frunze s-au modificat în dependență de procesele metabolice ce au avut loc în anumite fenofaze de dezvoltare ale pomilor, condițiile de creștere și particularitățile biologice ale soiurilor.

Cuvinte - cheie: *frunze de prun și măr; catalaza, temperatură, umiditate.*

MODIFICATION OF THE ENZYME CATALASE ACTIVITY IN THE LEAVES OF PLUM AND APPLE TREES, DEPENDING ON THE GENOTYPE AND GROWING CONDITIONS

Scientific research was conducted on the leaves of plum tree varieties Stanley (of foreign origin) and Udlinionnaia (native), and on two apple varieties. Golden Spur and Granny Smith. During the growing season, catalase activity was higher in the varieties in the experimental variant (with insufficient moisture), compared to the control variant (with irrigation), which confirms that the fruit trees studied showed a response to insufficient soil moisture during the growing season. The values of catalase enzyme activity in the leaves changed depending on the metabolic processes that occurred in certain phenophases of trees development, growth conditions and biological characteristics of the varieties.

Keywords: *plum and apple leaves, catalase, temperature, humidity.*

Introducere

Mărul și prunul fac parte din grupa celor mai solicitate culturi pomicole. Odată cu schimbările climatice din ultima perioadă, se atestă un impact negativ asupra metabolismului acestor plante, deficitul de apă fiind unul dintre cele mai distructive stresuri ale mediului. Seceta este un stres complex multidimensional care perturbă simultan stările fiziologice, morfologice, biochimice și moleculare, care controlează creșterea și calitatea roadei și, în cele din urmă, productivitatea culturilor. Această situație este exacerbată la nivel mondial, deoarece zonele care se confruntă cu seceta se extind rapid din cauza precipitațiilor neuniforme, a resurselor limitate de apă și a altor schimbări ecologice rapide ale climei [6, p. 135-13; 9].

Unul dintre componenții principali ai citoplazmei celulei vegetale, care înconjoară enzimele este apa. De rând cu însemnătatea sa, ca dizolvant natural pentru ioni minerali și ca mediu dispersant, care îndeplinește un rol principal în sistemul coloidal al protoplazmei, ea participă în metabolismul celular, datorită faptului, că majoritatea proceselor fiziologice se petrec în prezența acesteia. Reglarea bilanțului apei de către plante și rezistența țesuturilor la deshidratare este un proces cu mulți factori, care se datorează organizării interne a celulelor, fiind rezultatul unor schimbări moleculare și energetice intracelulare în decursul adaptării. Funcțional acesta este legat de metabolismul plantelor în ontogeneză și ciclurile anuale de dezvoltare, de schimbările adaptive induse de condițiile variabile ale mediului. Posibilitățile organismului vegetal de a se adapta la condițiile mediului exterior se realizează prin capacitatea de autoreglare a proceselor metabolice. Orice schimbare a condițiilor mediului provoacă în organismul plantelor un complex de reacții îndreptate

spre mobilizarea rezervelor acumulate pentru adaptarea la noile condiții de existență. Acțiunea secetei atmosferice și a umidității diferite a solului induce schimbarea proceselor metabolice. Toate aceste reacții sunt urmate de schimbări în procesele de oxido-reducere menite să asigure stabilitatea organismului. Stresul hidric și hipotermic induce unele schimbări în organismul vegetal orientate spre mobilizarea rezervelor de adaptare la condiții noi create [2, p. 296-310; 10, p.3-14].

Seceta, ca factor de stres este capabilă să inițieze perturbarea echilibrului funcțional în celulele plantei, ducând la o creștere a conținutului de forme active de oxigen, declanșând un lanț de reacții oxidative. Pentru a inhiba dezvoltarea stresului oxidativ, plantele activează un sistem de apărare enzimatic antioxidant care implică atât antioxidanți neproteici cu greutate moleculară mică, cât și enzime specifice [3; 4, p. 50-62].

Sporirea activității enzimelor oxidoreducătoare în condițiile nefavorabile are importanță deosebită. Semnificația acestui fenomen constă în neutralizarea consecințelor acțiunii unor condiții nefavorabile. Enzimele oxido-reducătoare prezintă un component important al sistemului de protecție antioxidantă, ce participă la inactivarea formelor reactive de oxigen (O_2), peroxidului de hidrogen (H_2O_2) și hidroxidului radicalilor (OH), care pot afecta plantele ca rezultat al influenței diferitor factori nefavorabili, cum ar fi seceta și temperaturile ridicate [5; 7; 8, p. 95-108].

Catalaza este o enzimă foarte sensibilă la acțiunea stresului oxidativ. Rolul biologic al acesteia constă în degradarea peroxidului de hidrogen și asigurarea protecției efective a structurii celulare de distrugere sub acțiunea acestei substanțe oxidative. Catalaza face parte dintre enzimele mai sensibile la schimbarea condițiilor de viață ale plantelor, la stres, și datorită căreia și a altor enzime are loc reglarea proceselor vitale din organismul plantelor, adaptarea și rezistența la condițiile nefavorabile. În contextul celor expuse mai sus, scopul cercetărilor a inclus determinarea în dinamica perioadei de vegetație a modificării activității enzimei antioxidante catalaza în frunzele pomilor de prun și măr, în dependență de condițiile de creștere și genotip.

Materiale și metode

Cercetările au fost efectuate pe parcursul perioadei de vegetație, în cadrul lizimetrelor (căsuțe vegetale) Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al USM la pomii a 2 soiuri tardive de prun – Stanley și Udlinionnaia și 2 soiuri de iarnă de măr – Granny Smith și Golden Spur, conform schemei:

Nr. ctr.	Variante	Efectuarea tratamentelor în perioada de vegetație
		Radicular
1.	Varianta experimentală: plante crescute în condiții de insuficiență de umiditate	La începutul perioadei de vegetație (martie) împrejurul bazei tulpinei pomilor de prun și măr au fost aplicate macroîngrășăminte.
2.	Varianta martor: plante crescute în condiții optime de creștere (cu irigare)	

Modificarea activității enzimei catalaza în frunze a fost determinată utilizând metodele propuse de Chance B. și Machely A. [1]. Prezentarea grafică a datelor a fost executată cu utilizarea softului Microsoft Excel Office 2019.

Rezultate și discuții

Atât soiurile de prun, cât și cele de măr au prezentat un răspuns la insuficiența de umiditate a solului pe parcursul perioadei de vegetație. Analizele efectuate au relevat, că în perioada de vegetație în frunzele soiurilor de măr și prun studiate, cultivate în condiții de insuficiență de umiditate se înregistrează cea mai înaltă activitate a enzimei catalaza, în comparație cu cele cultivate în condiții optime de creștere.

Pe parcursul perioadei de vegetație, atât în varianta martor, cât și în cea experimentală, în frunzele pomilor de prun s-a atestat o activitate mai joasă a catalazei, în comparație cu cele ale pomilor de măr. Menționăm, că începând cu mijlocul lunii mai și până la începutul lunii iulie în frunzele pomilor cercetați s-a înregistrat o sporire treptată a activității enzimei catalaza atât la soiurile de prun, cât și la cele de măr,

ceea ce a corespuns cu fenofaza de creștere intensivă a lăstarilor. Ulterior, în prima decadă a lunii iulie, când s-au semnalat temperaturi foarte înalte și vreme în general uscată s-a înregistrat o creștere bruscă a activității enzimei cercetate, atât în frunzele soiurilor de măr Golden Spur și Granny Smith, cât și în cele ale soiurilor de prun – Stanley și Udlinionnaia (fig.1). În dependență de genotip, în această perioadă activitatea catalazei a atins valori mai sporite la soiul de măr Granny Smith și soiul de prun de selecție străină Stanley, după care, în dinamică a fost înregistrată o diminuare a activității acestei enzime, care cel mai probabil poate fi asociată cu fenofaza de încetinire a creșterii lăstarilor.

Rezultatele obținute au arătat (fig.1), că cea mai sporită activitate a enzimei catalaza la începutul lunii iulie se atestă în frunzele soiului de măr Granny Smith – 0,573 $\mu\text{moli/s}$ (varianta experimentală – 0,419 $\mu\text{moli/s}$) și soiului de prun Stanley – 0,468 $\mu\text{moli/s}$ (varianta experimentală – 0,408 $\mu\text{moli/s}$), ambele din varianta martor. La soiul de măr Golden Spur din varianta martor au fost înregistrate valori de 0,483 $\mu\text{moli/s}$ (varianta experimentală – 0,332 $\mu\text{moli/s}$). O activitate mai scăzută a enzimei în frunze a fost înregistrată la pomii soiului de prun Udlinionnaia, cultivați atât în condiții de insuficiență de umiditate (0,204 $\mu\text{moli/s}$), cât și în condiții optime de creștere (0,248 $\mu\text{moli/s}$).

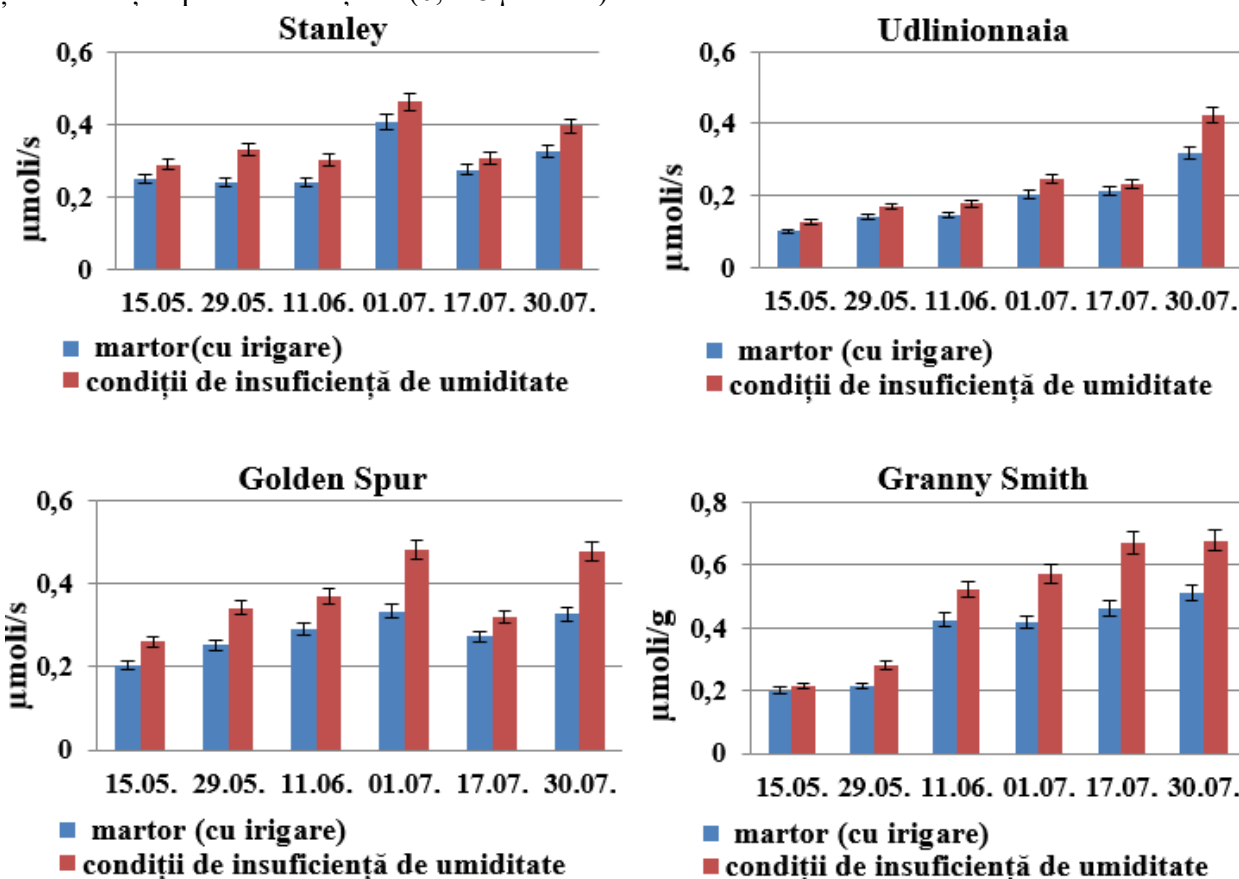


Figura 1. Modificarea activității enzimei catalaza în frunzele pomilor de prun și măr, în dependență de genotip și condițiile de creștere

În a treia decadă a lunii iulie, în dependență de genotip, s-a atestat o diminuare a activității enzimei catalaza, la soiul de prun Stanley din varianta martor – cu 56,90 %, respectiv experimentală cu 55,10 %. În cazul soiului Udlinionnaia din varianta cu insuficiență de umiditate s-a înregistrat o diminuare cu 6,5 %. Aceeași legitate s-a păstrat și în cazul soiului de măr Golden Spur, în varianta martor înregistrându-se o diminuare a activității catalazei cu 18 %, iar în varianta experimentală cu 33,7 %. Legitatea nu a fost valabilă însă și în cazul soiului Granny Smith, în a treia decadă a lunii iulie atestându-se sporirea activității enzimei cu 10,5 % în varianta martor, respectiv 17,1 % în varianta cu plante crescute în condiții de insuficiență de umiditate. Această tendință în cazul soiului dat s-a menținut până spre sfârșitul perioadei de vegetație, fiind valabilă în cazul ambelor variante (fig.1). În același timp, important de menționat, că cea mai sporită acti-

vită a enzimei catalaza a fost înregistrată la sfârșitul lunii iulie în cazul soiurilor de măr (fig. 1), ceea ce poate fi explicat prin faptul că la fructele de măr perioada de coacere a acestora este mai tardivă în raport cu fructele de prun.

Cercetările efectuate la pomii de prun și măr au relevat, că activitatea enzimei catalaza în frunze a depins atât de condițiile de creștere în perioada de vegetație, cât și de particularitățile biologice ale soiului și procesele metabolice ce au derulat în anumite fenofaze de dezvoltare ale pomilor.

Concluzii

1. Atât soiurile de prun, cât și cele de măr au prezentat un răspuns la insuficiența de umiditate a solului pe parcursul perioadei de vegetație. Analizele efectuate au relevat, că în frunzele soiurilor de măr și prun studiate, cultivate în condiții de insuficiență de umiditate, se înregistrează cea mai înaltă activitate a enzimei catalaza, în raport cu cele cultivate în condiții optime de creștere (cu irigare).

2. Cea mai sporită activitate a enzimei a fost înregistrată la soiurile de măr, atât în varianta martor (cu irigare), cât și experimentală (insuficiență de umiditate). În frunzele de prun activitatea acesteia a fost mai diminuată.

3. Rezultatele obținute au demonstrat, că valorile activității enzimei catalaza în frunze s-au modificat în dependență de procesele metabolice ce au derulat în anumite fenofaze de dezvoltare ale pomilor, condițiile de creștere și particularitățile biologice ale soiurilor.

Bibliografie:

1. CHANCE, B., MACHELY, A. *Assay of catalase and peroxidaze. Methods Enzimol*, 1995,2, p.764-765.
2. NEGRU, P. *Fiabilitatea ecosistemului viticol în condiții ecologice la regim de gradient*. Chișinău, 2015, p. 296-310.
3. SHARMA, P., JHA, A.B., DUBEI, R.S., RESSARAKLI, M. *Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions*. In: *Jurnal of botany*. 2012. Article ID 217037, 26 p.
4. ȘTEFÎRȚĂ, A., ALUCHI, N. și al. *Antrenarea enzimelor peroxidice în protecția antioxidantă a plantelor în condiții de secetă*. În: *Buletinul academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2011,1(313), pp.50-62. ISSN 1857-064X.
5. ȘTEFÎRȚĂ, A., BRÎNZĂ, L., VRABIE,V., ALUCHI, N. *Fiziologia stresului, adaptării și rezistenței la secetă a plantelor de cultură*. Chișinău: Tipografia AȘM, 2017. 372 p. ISBN 978-9975-62-408-4.
6. БЕКТУРОВА, А. Ж. и др. *Активность ферментов антиоксидантной защиты в условиях температурного стресса и засухи*. В: *Современные подходы и методы в защите растений: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*, Екатеринбург, 12-14 ноября 2018 г. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2018. с. 135-137. Доступно: <http://elar.urfu.ru/handle/10995/86539>
7. ВЛАДИМИРОВ, В. В. *Свободные радикалы и биоантиоксиданты*. В: *Вестник РАМН*, 1988. №7, с. 43-51.
8. КОЛУПАЕВ, Ю. Е., КАРПЕЦ, Ю. В. *Активные формы кислорода при адаптации растений к стрессовым температурам*. В: *Физиология и биохимия культурных растений*. 2009, №2, с. 95-108. ISSN:0522-9310.
9. ЛУКАТИН, А. С., ЛУКАТИН, А. А. *Прооксидантно-антиоксидантная система растений при стрессовых воздействиях различной природы*. В: *VIII Съезд физиологов растений России*. Петрозаводск, 2015, 654 с.
10. ШМАТЬКО, И. Г., ГРИГОРЮК, И. А. *Реакция растений на водный и температурный стресс*. В: *Физиология и биохимия культурных растений*, 1992, 24 (1), с. 3-14.

N. B.: Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramului 011101 „Abordări genetice și biotehnologice de management al agroecosistemelor în condițiile schimbărilor climatice”, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării.

Date despre autori:

Ana POPOVICI, cercetător științific în biologie, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0000-9543-0625

E-mail: ana.popovici@sti.usm.md

Valentina SVETLICENCO, cercetător științific în biologie, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova

ORCID: 0000-0002-7376-949X

E-mail: valentina.svetlicenco@sti.usm.md

Alexandru NICUȚĂ, doctor în științe biologice, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-3964-130X

E-mail: alexandru.nicuta@sti.usm.md

Alina GÎSCĂ, cercetător științific în biologie, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0001-8770-673X

E-mail: alina.gisca@sti.usm.md

Prezentat: 07.02.2025

CZU: 502.7:631.4(478)

[https://doi.org/10.59295/sum1\(181\)2025_41](https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_41)

REZERVAȚIILE DE RESURSE DE SOL DIN ZONA DE NORD A REPUBLICII MOLDOVA – MONUMENTE NATURALE VALOROASE PROTEJATE DE STAT

Anatolie TĂRÎȚĂ, Aureliu OVERCENCO, Anna COMARNIȚCHI,

Universitatea de Stat din Moldova

Conform Legii privind Fondul Ariilor Naturale Protejate de Stat nr. 1538/1998 suprafața totală a FANPS constituie 210 695,87 ha (2106,96 km²) sau 5,8% din teritoriul total al țării. Rezervațiile de resurse au ca obiectiv conservarea resurselor naturale pentru menținerea lor în stare naturală în vederea valorificării ulterioare durabile. Anexa nr. 6, a Legii nr. 1538 din 25.02.1998 privind fondul ariilor naturale protejate de stat include Rezervațiile de resurse (de sol, 13 la număr) care are menirea de a proteja complexe de soluri virgine și tipuri de soluri cele mai reprezentative, unele în stare naturală și altele aflate în circuitul agricol.

Cuvinte-cheie: rezervație de resurse, sol, arie protejată, ecosistem, profil pedologic.

SOIL RESOURCE RESERVES IN THE NORTHERN PART OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA – VALUABLE NATURAL MONUMENTS PROTECTED BY THE STATE

According to the Law on the State Protected Natural Areas Fund no. 1538/1998, the total area of the FANPS is 210,695.87 ha (2106.96 km²) or 5.8% of the total territory of the country. The resource reserves aim to conserve natural resources in order to maintain them in their natural state for subsequent sustainable valorification. Annex no. 6, of Law no. 1538 of 25.02.1998 regarding the fund of natural areas protected by the state includes the Resource Reserves (soil, 13 in number) which is meant to protect complexes of virgin soils and the most representative types of soils, some in their natural state and others in the agricultural circuit.

Keywords: resource reserve, soil, protected area, ecosystem, pedological profile.

Introducere

Sistemul de Arii Naturale Protejate de Stat din Republica Moldova, în general, acoperă practic toate ecosistemele naturale, cum ar fi pădurea, stepa, lunca și ecosistemele petrofite. Conform Legii privind Fondul Ariilor Naturale Protejate de Stat nr. 1538/1998, suprafața totală a FANPS constituie 210 695,87 ha (2106,96 km²) sau 5,8% din teritoriul total al țării. FANPS implică un număr total de: 312 obiecte și complexe protejate de stat. FANPS include: parcuri naționale; Rezervația Biosferei; cinci rezervații științifice; monumente ale naturii (geologice și paleontologice, hidrologice, botanice); rezervații naturale (silvice, de plante medicinale, mixte); rezervații de peisaje geografice; rezervații de resurse; zone umede de importanță internațională (Ramsar); monumente de arhitectură peisageră; grădini dendrologice și zoologice.

Rezervațiile de resurse au ca obiectiv conservarea resurselor naturale pentru menținerea lor în stare naturală în vederea valorificării ulterioare durabile. Anexa nr. 6 a Legii nr. 1538 din 25.02.1998 privind fondul ariilor naturale protejate de stat include rezervațiile de resurse (de sol, 13 la număr) care are menirea de a proteja complexe de soluri virgine și tipuri de soluri cele mai reprezentative, unele în stare naturală și altele aflate în circuitul agricol.

Metodele și materialele aplicate, folosite au fost: descrierea morfologică a solului în teren, stabilirea proprietăților fizice, fizico-chimice determinate după standardele și metodele cunoscute-higroscopicitatea, humusul, pH-ul, aciditatea hidrolitică [1, 3, 4, 5].

Rezultate și discuții

În articolul de față vom prezenta rezultatele privind evaluarea Rezervațiilor de resurse. Amplasamentul acestora este prezentată în fig. 1.

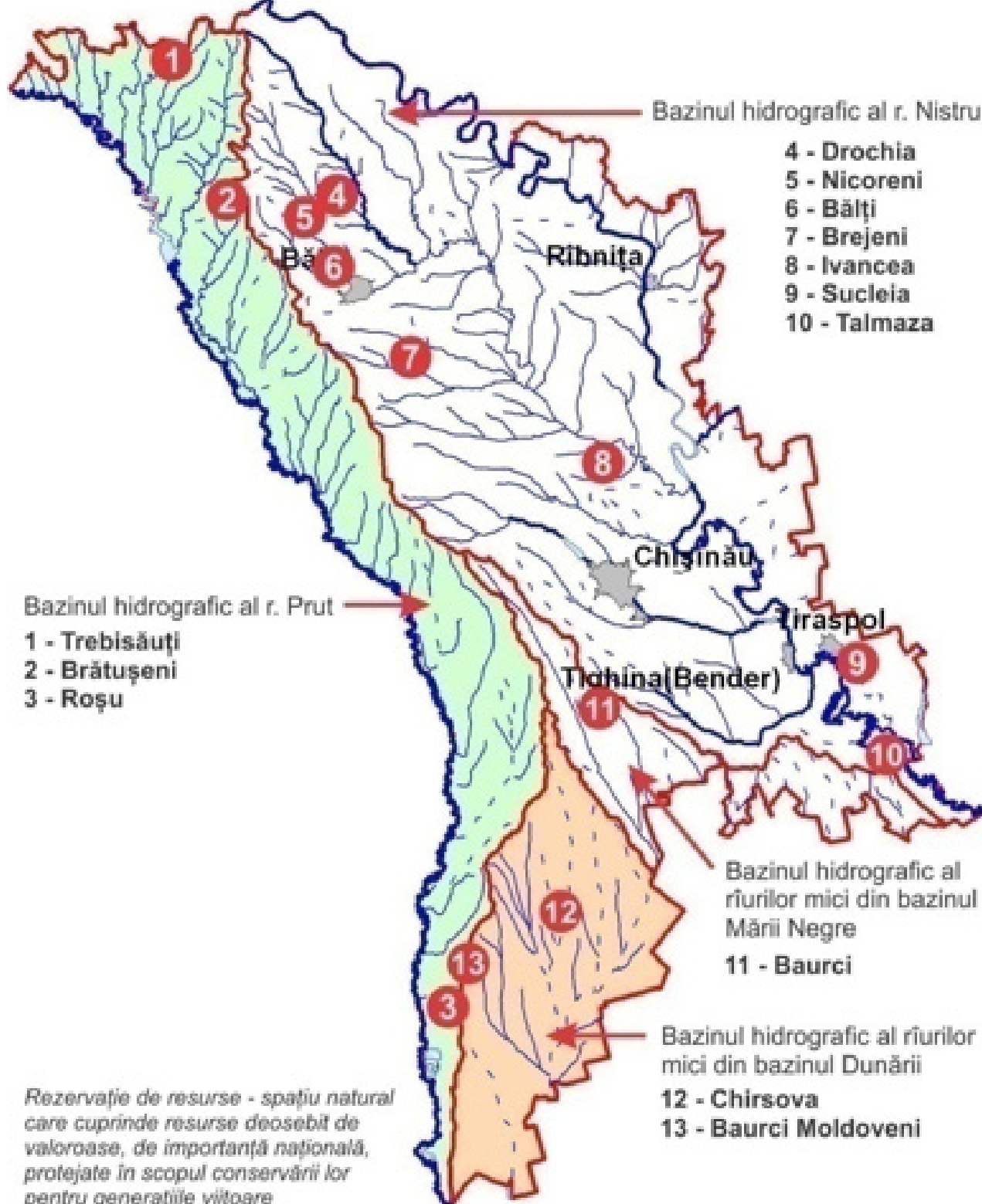


Figura 1. Schema amplasării Rezervațiilor de resurse incluse în Anexa 6 a Legii nr. 1538/1998

În continuare prezentăm (în ordinea numerică conform Anexei 6 la Legea nr. 1538/1998) evaluarea stării Rezervațiilor de resurse protejate de stat amplasate în zona de nord a Republicii Moldova.

RR nr. 1. Complex de soluri cenușii și cenușii-închis de pădure (în pădure) al zonei de silvostepă din nordul Moldovei

Rezervație de resurse (Legea nr. 1538 din 25.02.1998 privind fondul ariilor naturale protejate de stat): *Rezervație naturală* (Categorie IV IUCN).

Amplasamentul: ocolul silvic Briceni, Trebisăuți, parcelele 85C, 85D, 85H, 85G, 85F, 90D, 90F, 91A, 91B, 91C, 91D, 91 E, 91H (pădure); Câmpul nr. 3 la vest de satul Trebisăuți lângă pădure (teren agricol, fig. 2).



Coordonatele geografice ale Rezervației:

N	E
48,363374	27,153546
48,352643	27,153775
48,357736	27,161460
48,352949	27,162127



Figura 2. Schema amplasării Rezervației

Complex de soluri cenușii tipice a Silvostepii Platoului de Nord Trebisăuți 73,48 ha

□ Complex de soluri cenușii tipice a Silvostepii Platoului de Nord Trebisăuți

□ Terenuri final FSS Harta Generală Polygon

Condițiile pedogenetice (relief, rocă, vegetație): Teritoriul Rezervației reprezintă un platou slab înclinat spre est (1-2°) cu altitudinea 250-265 m. Rocă parentală – lut argilos. Rezervația prezintă un masiv silvic cu arboret preponderent artificial (50 ha) și o porțiune de teren arabil (2 ha) din preajma pădurii.

Amplasamentul profilului pedologic: Profilul (nr. 1002) a fost amplasat pe solul reprezentativ în partea de sud a Rezervației (N 48°21,158'; E 27°09,630'), altitudinea 265 m (foto 1).



Foto 1. Amplasamentul profilului pedologic

Descrierea morfologică a profilului: A1 (0-10 cm) – cenușiu-brun, umed, sol tasat, structură nuciformă mică și medie, luto-argilos; A2 (10-35 cm) – cenușiu-brun în stare umedă, cenușiu în stare uscată, slab tasat, structură nuciformă mare; B1 (35-55 cm) – brun închis, umed, tasat, structură nuciformă-prismatică, neclară, slab pronunțată; B2 (55-83 cm) – brun, umed, prismatic, cu pelicule de R2O3, argilos tasat; BC (83-120 cm) – brun-gălbui, umed, structură neclară, lut argilos.

Componenta fizico-chimică a solului:

Orizontul superior este humificat, structurat, afânat. Conținutul de humus scade brusc spre adâncime: 4,4 (A1)-2,7 (A2) până la 0,6 (BC). Reacția solului este slab acidă 5,6 (A1)-4,8 (BC). În complexul schimbabil predomină calciu (21,2-22,8 me/100 g sol), suma cationilor este redusă (24,4-28,0). Aciditatea hidrolitică în partea superioară a profilului constituie 4,2-4,7 și scade spre adâncime. Gradul de saturare în baze 83-87%, (tabelul 1).

Tabelul 1. Componenta fizico-chimică a solului

Adâncimea, cm	Higroscopicitatea %	Humus %	CaCO ₃ %	Ca ²⁺ me/100 g sol	Mg ²⁺ me/100 g sol	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ me/100 g sol	pH	Aciditatea hidrolitică me/100 g sol
0-10	3.8	3.15	-	27.6	3.2	30.8	5.9	2.45
20-30	3.8	3.04	-	-	-	-	6.1	1.40
50-60	4.4	1.32	-	26.0	4.4	30.4	5.8	1.92
70-80	4.6	0.80	-	-	-	-	5.7	1.75
90-100	4.7	0.74	-	27.2	5.6	32.8	5.5	-
110-120	4.7	0.69	-	-	-	-	5.6	-

Denumirea solului conform clasificării (Ursu, 1999): *Sol cenușiu tipic luto-argilos* [2].

În această Rezervație de resurse mai este inclus și un sector de lângă pădure (2 ha), care a fost privatizat și inclus în circuitul agricol. Pe acest sector realizarea obiectivelor specifice ariei naturale nu este posibilă. Solul este transformat tehnogenetic (foto 2).

**Foto 2. Solul transformat tehnogenetic**

Concluzie: Rezervația poate îndeplini cerințele necesare de conservare a solului cenușiu tipic numai în condițiile de pădure. Suprafața ariei revalidată – 73, 48 ha.

Recomandări: Se recomandă denumirea actualizată – *Complex de soluri cenușii tipice a Silvestepei Platoului de Nord (Trebișăuți)*.

RR nr. 6. Cernoziom levigat al zonei de silvostepă din nordul Moldovei

Rezervație de resurse (Legea nr. 1538 din 25.02.1998 privind fondul ariilor naturale protejate de stat): *Rezervație naturală* (Categorie IV IUCN).

Amplasamentul: Satul Nicoreni, r-nul Drochia, sectorul cu suprafața de 3,0 ha situat la sud de șoseaua Râșcani-Nicoreni, brigada nr. 1, câmpul nr. 2.

Condițiile pedogenetice (relief, rocă, vegetație): Teritoriul Rezervației este amplasat pe un platou cu altitudinea 200–210 m. Construcția geologică neuniformă, roca parentală constituie argile terțiale, luturi argiloase. Vegetația – culturi agricole de câmp (foto 3).



Foto 3. Amplasamentul profilului de sol

Amplasarea profilului pedologic: Profilul (nr. 104) cernoziomului levigat a fost amplasat la 300 m spre sud de șoseaua Drochia-Râșcani, la 150 m spre vest de marginea satului Nicoreni, r-nul Drochia (N 47°58'05"; E 27°41'10"), pe un platou, la altitudinea 208 m în cadrul Stepei Bălților. Rocă parentală – argilă gălbuie carbonatică, vegetația - porumb.

Descrierea morfologică a profilului: Aar (0–25 cm) – cenușiu închis, reavăn, prăfos-bulgăros, dur, argilos; A₁ (25–42 cm) – cenușiu închis, reavăn, structură grăunțoasă nuciformă slab pronunțată, stabilă, dur, argilos; B₁ (42–61 cm) – cenușiu brun, omogen, reavăn, structura slab pronunțată, dur, argilos; B2 (65–90 cm) – neomogen, cenușiu-brun gălbui, cu pete humificate, reavăn, dur, structură bulgăroasă, neevidentă; C (90–100 cm) – argilă galbenă, carbonatică dură. Profilul prezintă un cernoziom levigat, argilos, efervescența de la 90 cm.

Componenta fizico-chimică: În stratul arabil, conținutul de humus este 4,3%, care scade lent până la 3,5 în A₁, iar la adâncimea 90-100 cm ajunge la 1,3%. Suma cationilor schimbabili este de 34,84-37,29 me/100 g sol, reacția solului în orizontul superior slab acidă, apoi devine neutră. În partea inferioară a profilului, în orizontul C, s-au depistat 5% de CaCO₃, ceea ce nu este caracteristic cernoziomului levigat (tabelul 2).

Tabelul 2. Componenta fizico-chimică a solului

Adâncimea cm	Higro- scopicitatea %	Humus %	CaCO ₃ %	Ca ²⁺ me/100 g sol	Mg ²⁺ me/100 g sol	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ me/100 g sol	pH
0-20	4,95	4,3	-	27,71	7,13	34,84	6,8
30-40	5,52	3,5	-	28,28	6,75	35,03	7,0
50-60	5,88	1,9	-	28,72	6,75	35,48	7,2
70-80	5,94	1,5	-	27,12	8,26	35,38	7,3
90-100	5,47	1,3	5,17	29,53	7,76	37,29	8,0

Denumirea solului conform clasificării (Ursu, 1999): Cernoziom levigat profund argilos [2].

Concluzie: Conform denumirii oficiale, această Rezervație de Resurse reprezintă condițiile Silvo-stepei de Nord. Însă, aria se încadrează în Stepa Bălților și, astfel, dublează Rezervația cu cernoziomul levigat din Drochia. Totodată, profilul cernoziomului nu poate fi considerat reprezentativ, deoarece se

caracterizează cu o textură argiloasă, care condiționează proprietățile nefavorabile. Solul este utilizat în diferite scopuri agricole, terenul fiind privatizat.

Recomandări: se propune excluderea acestei Rezervații din FANPS.

RR nr. 7. Cernoziomul levigat caracteristic stepei Bălților.

Rezervație de resurse (Legea nr. 1538 din 25.02.1998 privind fondul ariilor naturale protejate de stat): *Rezervație naturală* (Categorie IV IUCN).

Amplasamentul: La nord de or. Drochia, în limitele fostului aerodrom. Suprafața – 6,07 ha (fig. 3).



Coordonatele geografice ale Rezervației:

N	E
48,040649	27,829684
48,039567	27,833352
48,038536	27,831441
48,039636	27,829351



Figura 3. Schema amplasării Rezervației

Cernoziom levigat caracteristic stepei Bălților 6,07 ha

□ Cernoziom levigat caracteristic stepei Bălților

Condițiile pedogenetice (relief, rocă, vegetație): Teritoriul Rezervației are o slabă înclinație spre nord-est (1°), altitudinea de 240–250 m. Construcția geologică uniformă argilo-lutoasă.

Amplasarea profilului pedologic: Profilul (nr. 103) cernoziomului levigat a fost amplasat pe un platou în partea de sud a Rezervației (N $48^\circ 02' 32''$; E $27^\circ 49' 40''$), la altitudinea de 245 m, pe teritoriul fostului aerodrom, actualmente înțelenit. Aria naturală este caracteristică pentru Stepa Bălților. Rocă parentală – argilă lutoasă, vegetația – pajiște (foto 4).



Foto 4. Amplasarea profilului pedologic

Descrierea morfologică a profilului: A0 (0–22 cm) – cenușiu închis, negricios, reavăn, structura restabilă, grăunțoasă și nuciformă medie, împănăat cu rădăcini, slab tasat, argilo-lutos; A (22–42 cm) – cenușiu

închis humificat, reavăn, structură restabilită, grăunțoasă și nuciformă medie, rădăcini, tasat, argilo-lutos; B₁ (42–63 cm) – cenușiu-brun, omogen, reavăn, structură neevidentă grăunțoasă mare, tasat, argilo-lutos; B₂ (63–85 cm) – brun, neomogen, reavăn, structură neevidentă mare; C (85–120 cm) – neomogen, brun-gălbui, reavăn, scurgeri humificate, nestructurat, tasat argilo-lutos, carbonatic. Profilul este caracteristic subtipurii, efervescența de la 85 cm.

Componenta fizico-chimică: Conținutul de humus în orizontul superior constituie 3,7%, care scade lent spre adâncime. Reacția solului neutră, în orizontul C devenind slab bazică. Tot aici s-au depistat carbonați. Suma cationilor schimbabili variază între 25,37 și 34,65 me/100 g sol (tabelul 3).

Tabelul 3. Componenta fizico-chimică a solului

Adâncimea cm	Higro- scopicitatea %	Humus %	CaCO ₃ %	Ca ²⁺ me/100 g sol	Mg ²⁺ me/100 g sol	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ me/100 g sol	pH
0-20	4,38	3,7	-	31,31	3,34	34,65	7,15
30-40	4,64	3,5	-	28,88	4,19	33,07	7,18
50-60	4,53	2,8	-	25,51	3,34	28,85	7,35
70-80	4,52	1,7	-	24,46	2,30	26,76	7,70
90-100	3,96	1,3	10,30	23,28	2,09	25,37	8,26
110-120	3,60	1,0	22,34	-	-	-	8,25

Denumirea solului conform clasificării (Ursu, 1999): *Cernoziom levigat profund argilo-lutos* [2].

Concluzie: Menținerea teritoriului Rezervației în starea actuală permite conservarea și restabilirea profilului vertical al cernoziomului levigat.

Recomandări: se recomandă denumirea actualizată – *Cernoziomul levigat profund al Stepei Bălților (Drochia)*.

RR nr. 8. Complex de cernoziomuri podzolite și soluri cenușii-închis de pădure cu soluri fosile îngropate ale obiectului arheologic al zonei de silvostepă din nordul Moldovei

Rezervație de resurse (Legea nr. 1538 din 25.02.1998 privind fondul ariilor naturale protejate de stat): *Rezervație naturală* (Categorie IV IUCN).

Amplasamentul: Raionul Edineț, Ocolul silvic Edineț, Brătușeni, parcelele 58F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, T, VI (29,36 ha) și un lot agricol adiacent de 2 ha, la nord-est de autostrada Bălți-Edineț, (fig. 4).

Condițiile pedogenetice (relief, rocă, vegetație): Teritoriul rezervației prezintă un platou cu altitudinea 240–255 m, cu substrat geologic argilo-lutos. Vegetația – pădure de stejar.

Amplasarea profilului pedologic: Amplasat în partea reprezentativă a Rezervației (N 48°05,708'; E 27°29,729'), și prezintă un cernoziom argiloiluvial, caracteristic ariei protejate. Altitudinea – 251 m (foto 5).

Descrierea morfologică a profilului: A₁ (0–10 cm) – cenușiu închis, negricios, umed, slab tasat, structura glomerulară mică, argilo-lutos; A₂ (10–30 cm) - cenușiu închis umed (în stare uscată – podzol cu SiO₂), slab tasat, structură glomerulară bine pronunțată; B₁ (30–55 cm) - cenușiu-brun, umed, tasat, structură nuciformă mică și medie, argilo-lutos; B₂ (55–75 cm) - brun închis, reavăn, tasat, structură prismatică, slab pronunțată; B₃ (75–90 cm) - brun-gălbui cu pete cenușii, neomogen, structură prismatică; BC (90–120 cm) - brun-gălbui fără carbonați, structură bulgăroasă.

Componenta fizico-chimică: Conținutul de humus în orizontul superior depășește 7% și scade ușor spre adâncime până la 1,8% la 60–70 cm. Reacția solului este slab acidă, suma cationilor schimbabili constituie 37,7 me/100 g sol în orizontul superior, gradul de saturație cu baze 88% (tabelul 4).



Coordonatele geografice ale Rezervației:

N	E
48,098857	27,495594
48,096612	27,504002
48,094505	27,504495
48,095058	27,495817

**Figura 4. Schema amplasării Rezervației**

Complex de soluri cenușii molice și cernoziomuri argilo-aluviale a Silvestepei de Nord 29,36 ha

□ Complex de soluri cenușii molice și cernoziomuri argilo-aluviale a a Silvestepei de Nord

□ Terenuri final FSS Harta Generală Poligon

**Foto 5. Amplasarea profilului pedologic****Tabelul 4. Componenta fizico-chimică a solului**

Adâncimea cm	Higroscopicitatea %	Humus %	CaCO ₃ %	Ca ²⁺ me/100 g sol	Mg ²⁺ me/100 g sol	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ me/100 g sol	pH (KCl)	Aciditatea hidrolitică me/100 g sol
0-10	4.2	7.33	-	32.8	4.4	37.2	6.1	5.25
15-25	3.8	5.04	-	-	-	-	5.0	6.45
40-50	3.9	3.21	-	28	4.4	32.4	4.9	5.25
60-70	4.1	1.78	-	-	-	--	5.2	3.5
80-90	4.3	0.8	-	25.2	4	29.2	5.2	-
110-120	3.6	0.63	-	-	-	-	6.3	-

Denumirea solului conform clasificării (Ursu, 1999): Cernoziom argiloiluvial argilo-lutos [2].

Concluzie: Rezervația reprezintă teren de cernoziom argiloiluvial reprezentativ pădurilor de stejar din

Silvostepa de Nord, cu excepția unui lot de 2,0 ha de teren arabil care nu reprezintă obiect caracteristic zonei și care poate fi exclus din componența rezervației.

Recomandări: Se recomandă denumirea actualizată – **Complex de soluri cenușii molice și cernoziomuri argiloiluviale al Silvostepii de Nord (Brătușeni).**

RR nr. 9. Cernoziom levigat gras al zonei silvice centrale a Moldovei

Rezervație de resurse (Legea nr. 1538 din 25.02.1998 privind fondul ariilor naturale protejate de stat):
Rezervație naturală (Categoria IV IUCN).

Amplasamentul: Rezervația este amplasată pe o suprafață de 4,0 ha, la 3 km nord de satul Ivancea, r-nul Orhei, pe sectorul nr. 1 al asolamentului de câmp, câmpul nr. 8 al lotului experimental al Institutului „N. Dimo” (fig. 5).



Coordonatele geografice ale Rezervației:

N	E
47,312472	28,881271
47,313133	28,883265
47,311408	28,884568
47,310822	28,882554



Figura 5. Schema amplasării Rezervației

Cernoziom levigat gras al zonei silvice centrale a Moldovei 4,04 ha

□ Cernoziom levigat gras al zonei silvice centrale a Moldovei

Condițiile pedogenetice (relief, rocă, vegetație): Rezervația este amplasată în partea de mijloc a unui versant slab înclinat, cu construcție geologică uniformă de lut argilos, altitudinea 160–200 m.

Amplasarea profilului pedologic: Profilul a fost amplasat în partea mijlocie a unui versant foarte slab înclinat (cca 2°), la 3 km spre sud-est de s. Ivancea la altitudinea 180 m (N 47°18'40"; E 28°53'17"), fiind caracteristic periferiei Codrilor din zona Centrală. Roca parentală – argilă lutoasă, vegetația – culturi agricole (foto 6).



Foto 6. Amplasarea profilului pedologic

Descrierea morfologică a profilului: Aar (0–24 cm) cenușiu închis, reavăn, desfundat, slab tasat, argilo-lutos; A (24–50 cm) cenușiu închis, reavăn, structura glomerulară medie și mică, slab tasat, trecere lentă, argilo-lutos; B₁ (50–70 cm) cenușiu-brun, reavăn, structura grăunțoasă, medie, tasat, argilo-lutos; B₂ (70–100 cm) brun, neomogen, reavăn, structură neevidentă, tasat, argilo-lutos; BC (100–130 cm) neomogen, brun-gălbui, nestructurat, tasat, argilo-lutos.

Componenta fizico-chimică: În orizontul Aar conținutul de humus constituie 3,0% și scade lent spre adâncime. Carbonații apar din orizontul B₂ (70–100 cm), reacția solului este slab bazică, în orizonturile cu carbonați pH 8,0–8,2. Suma cationilor scimbabili se cuprinde între 28,5 și 34,7 me/100 g sol (tabelul 5).

Tabelul 5. Componenta fizico-chimică a solului

Adâncimea cm	Higroscopicitatea %	Humus %	CaCO ₃ %	Ca ²⁺ me/100 g sol	Mg ²⁺ me/100 g sol	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ me/100 g sol	pH (H ₂ O)	pH (KCl)
0-10	4,75	3,0	-	28,5	5,7	34,2	7,6	6,8
10-20	4,01	2,7	-	-	-	-	7,6	6,8
20-30	3,86	2,8	-	29,3	3,4	34,7	7,0	6,6
30-40	4,08	2,7	-	-	-	-	7,4	6,5
40-50	4,13	2,2	-	28,4	3,1	31,5	7,3	6,6
50-60	4,25	2,5	-	-	-	-	7,3	6,6
60-70	4,28	2,7	-	28,5	6,0	34,5	7,2	6,5
70-80	3,95	1,1	-	-	-	-	7,6	6,4
80-90	3,88	0,9	-	-	-	-	7,9	5,5
90-100	3,72	1,1	8,41	29,5	3,5	33,0	8,0	-
110-120	3,34	0,9	14,40	24,4	4,1	28,5	8,2	-

Denumirea solului conform clasificării (Ursu, 1999): *Cernoziom levigat profund luto-argilos valorificat* [2].

Concluzie: Teritoriul Rezervației a fost propus și este până în prezent inclus în lotul experimental al Institutului „N. Dîmo”, în cadrul căruia poate fi asigurată respectarea cerințelor de rezervație de resurse.

Recomandări: se propune denumirea actualizată *Cernoziom levigat luto-argilos al Silvestepei Centrale (Ivancea)*.

RR nr. 10. Cernoziom tipic gras al zonei de silvostepă din nordul Moldovei

Rezervație de resurse (Legea nr. 1538 din 25.02.1998 privind fondul ariilor naturale protejate de stat): *Rezervație naturală* (Categorie IV IUCN).

Amplasamentul: Marginea de vest a mun. Bălți, pe o suprafață de cca 4,0 ha (în urma revalidării din anul 2011 - 4,59 ha) pe teritoriul gospodăriei experimentale a Institutului de Cercetări pentru Culturile de Câmp Selecția (fig. 6).

Condițiile pedogenetice (relief, rocă, vegetație): Rezervația se află pe un platou al Stepei Bălților cu înclinație slabă spre sud, cu altitudinea 165–180 m, construcția geografică relativ uniformă.

Pe teritoriul rezervației se practică asolament multianual cu culturi de câmp.

Amplasarea profilului pedologic: Profilul de sol – cernoziom tipic gras a fost amplasat la 1200 m spre vest de municipiul Bălți, pe un platou caracteristic Stepei Bălților, cu altitudinea 168 m, în interfluviul Răut-Copăceanca. Sectorul cercetat face parte din teritoriul gospodăriei experimentale a Institutului de Cercetări pentru Culturile de Câmp „Selecția” din mun. Bălți, lângă fâșia forestieră de protecție (N 47°46,453'; E 27°52,121'). Roca parentală – argilă lutoasă carbonatică, vegetația – culturi agricole de câmp (foto 7).



Coordonatele geografice ale Rezervației:

N	E
47,770659	27,868795
47,768599	27,871184
47,767497	27,873963
47,767026	27,874730



Figura 6. Schema amplasării Rezervației

Cernoziom tipic gras al zonei de silvostepă din nordul Moldovei 4,59 ha

□ Cernoziom tipic gras al zonei de silvostepă din nordul Moldovei



Foto 7. Amplasarea profilului pedologic

Descrierea morfologică a profilului: Aar (0–28 cm) – orizont arabil, umed, cenușiu închis, aproape negru, argilo-lutos, bulgăros (arătură recentă), afânat, poros, trecere evidentă; A (28–50 cm) – reavăn, argilo-lutos, compact, cu structură monolită sau prismatică, fisurat, rădăcini rare și subțiri, trecere treptată; B₁ (50–70 cm) – orizont de tranziție, continuarea profilului humifer, reavăn, brun întunecat, glomerular, insecte, rar rădăcini subțiri, trecere treptată; B₂ (70–94 cm) – orizontul de tranziție, reavăn, brun-gălbui, argilo-lutos, slab structurat, compact, poros, pori fini, foarte rar rădăcini subțiri, carbonați sub formă de pseudomicelii, trecere treptată; C (94–120 cm) – roca parentală, reavăn, galben cu nuanță brună, argilo-lutos, nestructurat, compact, carbonați sub formă de pseudomicelii, crotovine. Efervescența de la 70 cm, carbonați se întâlnesc sub formă de pseudomicelii în stratul 70–200 cm.

Componența fizico-chimică: Conținutul de humus constituie 3,9% și scade spre adâncime. În profil carbonații sunt depistați începând cu orizontul B1 (70–80 cm), reacția solului este în orizonturile superficiale slab acidă, apoi în orizonturile cu carbonați devine slab bazică. Suma cationilor scimbabili constituie 28–32 me/100 g sol, (tabelul 6).

Tabelul 6. Componența fizico-chimică a solului

Adâncimea, cm	Higroscopicitatea %	Humus %	CaCO ₃ %	Ca ²⁺ me/100 g sol	Mg ²⁺ me/100 g sol	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ me/100 g sol	pH
0-10	4,70	3,9	-	27,22	5,03	32,25	6,4

20-30	4,99	3,5	-	27,09	5,25	32,34	6,5
40-50	5,00	2,4	-	25,83	4,83	30,66	7,0
70-80	4,43	1,3	7,57	25,27	4,60	29,87	8,1
90-100	4,14	1,1	15,70	23,33	4,79	28,12	8,4

Denumirea solului conform clasificării (Ursu, 1999): *Cernoziom tipic moderat humifer profund luto-argilos* [2].

Concluzie: Rezervația aflându-se în componența asolamentului științific, care include martor înțelenit, poate asigura regimul necesar de protecție.

Recomandări: Se propune denumirea actualizată – *Complex de cernoziomuri levigate și tipice moderat humifere al Stepei Bălților (Bălți)*.

RR nr. 11. Complex de solonețuri și cernoziomuri solonețizate ale zonei de silvostepă din nordul Moldovei.

Rezervație de resurse (Legea nr. 1538 din 25.02.1998 privind fondul ariilor naturale protejate de stat): *Rezervație naturală* (Categoria IV IUCN).

Amplasamentul: Staționarul experimental al Institutului de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului „N. Dîmo”, situat la sud de s. Brejeni, r-nul Sîngerei, pe pășune la hotarul câmpului nr. 7 cu Gospodăria Silvică de Stat Telenеști, pe o suprafață de 9,0 ha (în urma revalidării – 4,59 ha).

Condițiile pedogenetice (relief, rocă, vegetație): Rezervația prezintă un platou îngust pe vârf de deal, cu altitudine 170–190 m. Construcția geologică neuniformă, preponderent argiloasă. Vegetația – culturi agricole.

Amplasarea profilului pedologic: Profilul a fost amplasat la mijlocul imașului, în plantație de floarea soarelui, pe un teren cu înclinație sudică (2–3°) (Coordonatele geografice N 47°34,293'; E 28°08,249'), la altitudinea 172 m. Relief – platou; rocă parentală – argilă gălbuie, carbonatică; vegetația – culturi agricole anuale.

Descrierea morfologică a profilului: Aar (0–20 cm) - cenușiu închis, umed, în stare uscată cenușiu pudrat cu SiO₂, bulgăros, argilos; AB (20–32 cm) - cenușiu închis, umed, neomogen, tasat, bulgăros, argilos; B₁ (32–50 cm) - brun cu pete cenușii, neomogen, tasat, nestructurat, argilos; C (50–100 cm) – brun-gălbui, reavăn, neomogen, cu pete humificate și albicioase (CaCO₃), argilos (foto 8).

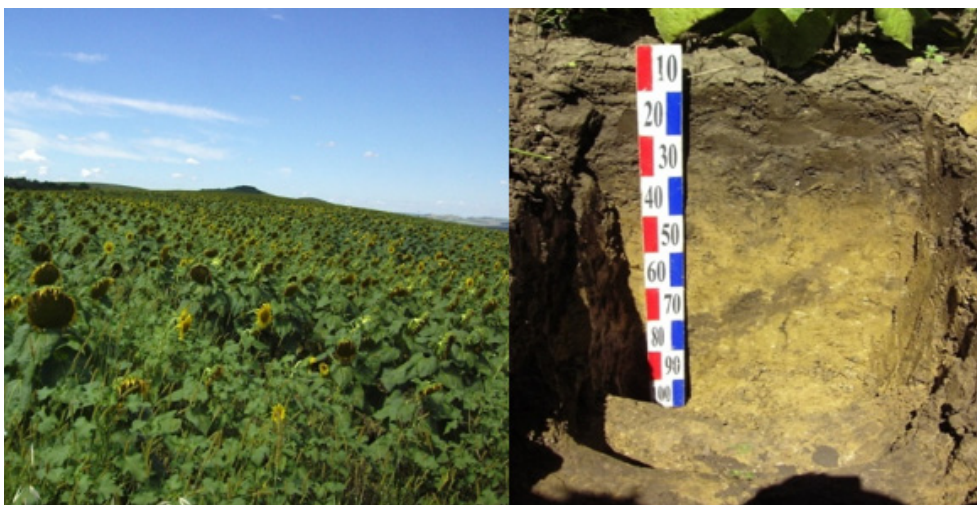


Foto 8. Amplasarea profilului pedologic

Componența fizico-chimică: Conținutul de humus este redus, în orizonturile de sus – 3,27 și 2,92%, apoi scade brusc spre adâncime. Suma cationilor schimbabili – 24.0-33.6 me/100 g sol. Reacția solului slab alcalină. Carbonații sunt prezenți pe tot profilul (tabelul 7).

Tabelul 7. Componenta fizico-chimică a solului

Adâncimea cm	Higroscopicitatea %	Humus %	CaCO ₃ %	Ca ²⁺ me/100 g sol	Mg ²⁺ me/100 g sol	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ me/100 g sol	pH	Aciditatea hidrolitică me/100 g sol
0-10	4.3	3.27	5.6	24.0	9.6	33.6	7.1	4.3
20-30	4.5	2.92	6.2	20.8	12.4	33.2	7.4	4.5
40-50	4.1	0.92	19.2	14.0	16.4	30.4	8.6	4.1
70-80	4.4	0.57	18.0	29.6	14.4	44.0	7.6	4.4
90-100	4.0	0.52	19.6	14.0	10.0	24.0	8.0	4.0

Denumirea solului conform clasificării (Ursu, 1999): *Soloneț molic argilos valorificat* [2].

Concluzie: Teritoriul Rezervației care prezintă lotul experimental al Institutului „N. Dîmo”, după privatizare a fost totalmente valorificat și profilul morfologic al solonețului este complet deteriorat. Pe teritoriul ariei nu s-a mai păstrat nici un fragment de soloneț cu structură morfologică naturală. Astfel, Rezervația nu corespunde cerințelor necesare.

Recomandări: Se propune excluderea Rezervației din FANPS și înlocuirea cu altă arie reprezentativă cu solul *Soloneț molic virgin*.

Bibliografie:

1. SM ISO 10381-2-2014 Calitatea solului. Prelevarea probelor. Partea 2: Linii directe privind tehnicile de eșantionare.
2. URSU, A. Clasificarea solurilor Republicii Moldova. – Chișinău, SNMȘS, 2001. – 40 p.
3. GOST 26487-85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИHAO.
4. GOST 26213 Методы определения органического вещества.
5. GOST 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки.

N. B.: Articolul a fost discutat la Seminarul Științific „Schimbările climatice și sănătatea solului” dedicat Zilei Mondiale a Solului din 17 decembrie 2024.

Date despre autori:

Anatolie TĂRÎȚĂ, șef laborator Ecosisteme Naturale și Antropizate, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-7152-3023;

E-mail: anatolietarita@gmail.com

Aureliu OVERCENCO, cerc. șt. coord., Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0006-3188-5843

E-mail: overcenco@gmail.com

Anna COMARNIȚCHI, cerc. șt., Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-6759-4339

E-mail: nesea90@mail.ru

Prezentat: 10.03.2025

Adresa redacției:
str. Al. Mateevici, 60
MD 2009, Chișinău, Republica Moldova
Tel. (37322) 24 22 53;
e-mail: studia.universitatis@usm.md
web: <https://studiamsu.md/>

Formatul 60x84 ^{1/8}.
Coli de tipar 26,3. Coli editoriale 21,0.
Comanda 200. Tirajul 100 ex.
Centrul Editorial-Poligrafic al USM
str. Al.Mateevici, 60. Chișinău, MD 2009