

UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA

ISSN 1814-3237

Categoria B

STUDIA UNIVERSITATIS MOLDAVIAE

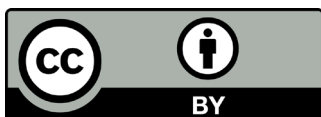
SERIA

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 2024

Nr. 6(176)
2024

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)

BULMESTRU 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 și relații internaționale - coordonator

ȚURCANU Carolina - responsabil de ediție

PAȘNIC Ana-Laura - executor responsabil

VLADÎCA Sergiu - redactare literară (limba română, limba rusă)

BODEAN-VOZIAN Olesea, doctor - redactare literară (limba engleză)

CHIRILENCO Tatiana - corectare tehnică

PASTUH Marina - design grafic

Biblioteca Centrală a USM - atribuire index CZU

SÎRBU Ghenadie - responsabil de indexare în bazele de date

CHISELIOV Anton - responsabil de site

Indexată în bazele de date



Universitatea de Stat din Moldova, 2024

CZU: 581.134.4

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_01](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_01)

DEHIDRINELE PLANTELOR. CARACTERISTICA GENERALĂ ȘI FUNCȚII IPOTETICE

Angela RUDACOVA, Ala CHERDIVARĂ, Serghei RUDACOV,

Universitatea de Stat din Moldova

Proteinele de stres - dehidrinele sunt o familie de proteine caracterizate prin hidrofilitate ridicată și stabilitate termică. Acestea aparțin proteinelor LEA (Late Embryogenesis Abundant) clasa II. Caracteristicile structurale ale dehidrinelor includ prezența secvențelor conservative în ele, care au fost desemnate ca segmente K, S, Y, F, în timp ce prezența segmentului K este obligatorie pentru toate dehidrinele. Numărul și combinația segmentelor K-, S-, Y- și F- au format baza clasificării dehidrinelor, ceea ce a făcut posibilă distingerea a șase clase de dehidrine: Y_nSK_n , K_n , K_nS , SK_n , Y_nK_n și F_nSK_n .

Se presupune că dehidrinele pot preveni denaturarea și coagularea proteinelor în timpul deshidratării, acestea sunt capabile să lege o cantitate semnificativă de apă, prevenind pierderea acesteia. Una dintre funcțiile presupuse ale dehidrinelor este capacitatea lor de a participa la detoxifierea de excesul ionilor de sare. Unele dintre dehidrine au activitate antigel.

Cuvinte-cheie: *dehidrine, deshidratare, factori de stres, detoxifiere, acidul abscizic.*

PLANT DEHYDRINS.

GENERAL CHARACTERISTICS AND HYPOTHETICAL FUNCTIONS

Stress proteins - dehydrins are a family of proteins characterized by high hydrophilicity and thermal stability. They belong to LEA (Late Embryogenesis Abundant) class II proteins, The structural features of dehydrins include the presence of conservative sequences in them, which were designated as K-, S-, Y-, F- segments, while the presence of a K-segment is mandatory for all dehydrins. The number and combination of K-, S-, Y- and F- segments formed the basis for the classification of dehydrins, which made it possible to distinguish six classes of dehydrins: Y_nSK_n , K_n , K_nS , SK_n , Y_nK_n and F_nSK_n .

It is assumed that dehydrins can prevent the denaturation and coagulation of proteins during dehydration; they are able to bind a significant amount of water, preventing its loss. One of the putative functions of dehydrins is their ability to participate in detoxification from excess salt ions. Some of the dihydrins have antifreeze activity.

Keywords: *dehydrins, dehydration, stress factors, detoxification, abscisic acid.*

Plantele utilizează o combinație complexă de mecanisme genético-moleculare și fiziologice pentru a face față stresului hidric și pentru a supraviețui în medii cu cantități limitate de apă (seceta, temperaturile scăzute și salinitatea etc.). Un rol important revine sintezei diferitor tipuri de proteine hidrofile, inclusiv:

- *proteinele de șoc termic (HSP)*, care ajută la refoldarea și protejarea altor proteine împotriva denaturării cauzate de condițiile de stres și pot contribui la protejarea integrității membranelor celulare [1, 2];

- *proteinele de stres osmotic (osmotinele)*, implicate în reglarea răspunsului la stresul osmotic ajutând la menținerea homeostaziei apei în celule [3];

- *proteinele de legare a apei (aquaporinele)*, care facilitează transportul apei prin membranele celulare și pot juca un rol crucial în reglarea bilanțului de apă în timpul stresului hidric [4];

- *proteinele de desicare (dehidrinele)*, specializate în protecția celulelor împotriva deshidratației și a stresului hidric [5, 6].

O verigă importantă în reacțiile de protecție ale plantelor în condiții de stres abiotic, dintre care multe provoacă perturbări în metabolismul hidric, este sinteza proteinelor hidrofile [6,7].

Aceste proteine au fost mai întâi descoperite în bumbac în stadiile târzii ale embriogenezei și au fost numite proteine LEA (*Late Embryogenesis Abundant*). Ulterior, proteine omoloage proteinelor LEA din bumbac au fost identificate în semințele multor plante superioare [8]. Toate proteinele LEA se caracterizează prin conținut ridicat de glicină, hidrofilitate ridicată și structură secundară slab exprimată.

Una dintre primele abordări de clasificare a proteinelor LEA a fost dezvoltată de L. Dure și colab. săi în 1989, care ulterior a devenit clasică. La baza acestei clasificări stau particularitățile organizării structurale și proprietățile fizico-chimice ale proteinelor LEA [9].

Proteinele LEA din clasa I includ proteina Em din grâu [10] și proteina omoloagă D-19 din bumbac [11]. Majoritatea proteinelor LEA din clasa I sunt proteine neutre mici și se caracterizează printr-un conținut ridicat de resturi de glicină (-20%) și resturi de aminoacizi încărcăți (-40%).

Proteinele LEA din clasa III, numite și proteine D-7, asemenea proteinelor LEA din clasa I, se găsesc în plante, ciuperci, microorganisme și unele animale [8]. Majoritatea proteinelor LEA din clasa III sunt caracterizate prin proprietăți neutre sau bazice. O trăsătură caracteristică a proteinelor din această clasă este prezența unei secvențe din 11 unități care se repetă. În unele proteine, se observă duplicarea sau divergența ulterioară a secvenței din 22 unități, rezultând copii suplimentare ale secvenței din 11 unități [12].

Dehidrinele aparțin proteinelor LEA din clasa II. Inițial, termenul „dehidrine” a fost propus de către T. Close (1989) pentru a desemna proteinele induse de deshidratare. Însă, mai târziu, când a devenit disponibilă o vastă bază de date a secvențelor acestor proteine, la dehidrine au fost atribuite proteinele, în care erau prezente secvențele conservative [13]. De obicei, secvența aminoacidică a dehidrinelor include proporții relativ mari de glicină și aminoacizi hidrofilii, în special treonină, cu o absență aproape completă a cisteinei și triptofanului. Această compoziție determină hidrofilitatea ridicată a moleculelor de dehidrină [14, 15, 16]. Într-adevăr, dehidrinele sunt foarte solubile în diferite tipuri de soluții tampon apoase și nu se coagulează la fierbere [13].

În plus, o trăsătură distinctivă a tuturor proteinelor LEA din diferite familii, inclusiv a dehidrinelor, este structurizarea scăzută a moleculelor lor: într-o soluție apoasă sunt prezentate predominant sub formă de inele arbitrare. Aproape toate proteinele LEA hidrofile studiate sunt caracterizate printr-un grad ridicat de dezordonare a structurii proteinei [17].

În structura dehidrinelor a fost identificată prezența secvențelor conservative, desemnate ca segmente K, S, Y. Segmentul K reprezintă o regiune foarte conservativă, bogată în lizină, ce constă din 15 aminoacizi (EKKGIMDKIKEKLP), de obicei situată aproape de capătul C-terminal, care este identificat în toate tipurile de dehidrine [14]. Numărul de repetări ale segmentelor K poate varia de la 1 la 12. Folosind analiza computerizată a secvențelor de aminoacizi ale segmentelor K, a fost prezisă posibilitatea formării unui α -helix amfofil [11].

Proprietățile amfipatice ale segmentului K cu resturi hidrofile și hidrofobe îi permit să formeze structuri α -helicoidale secundare numai în prezența unui ligand, în caz contrar proteina devine complet dezordonată [18]. Proprietățile segmentului K sunt considerate necesare pentru interacțiunea dehidrinei cu alte proteine [19] și cu membranele fosfolipidice [20], precum și pentru a preveni agregarea proteinelor [21].

Multe dehidrine conțin un segment S [LHR(S/T)GS4-6(S/D/E) (D/E)3], bogat în resturi de serină, care pot fi fosforilate. De obicei, acesta precede segmentul K [13,22]. Nu departe de capătul N-terminal, unele dehidrine conțin un alt segment conservativ Y, cu secvența de aminoacizi (V/T) DEYGNP. În plus, în dehidrine au fost depistate și regiuni mai puțin conservative, bogate în glicină și aminoacizi polari, desemnate ca segmente ϕ , care pot conferi hidrofilitate dehidrinelor [22].

Recent, a fost identificat un segment F ce constă din 18 resturi care, la fel ca și segmentul K, conține resturi hidrofobe în secvența [EXXDRGXDFDX(G/K)] [23, 24]. Este prezent în diferite subtipuri de dehidrine, din multe genuri, inclusiv *Rhododendron* și *Camelina* [25].

Prezența segmentului F în dehidrinele gimnospermelor și angiospermelor sugerează că acesta poate fi mai vechi din punct de vedere evolutiv decât segmentele Y care se găsesc exclusiv în angiosperme [24].

Prezența segmentului F (precum și a segmentelor K, Y și S) a fost, de asemenea, confirmată și în rândul dehidrinelor din plantele halofite [26]. S-a sugerat că segmentul F poate juca un rol esențial în legarea membranelor și proteinelor [23]. În general, pe baza aranjamentului domeniilor și a numărului acestora, toate dehidrinele cunoscute pot fi clasificate în 6 subtipuri de dehidrine: K_n , SK_n , K_nS , Y_nK_n , Y_nSK_n și F_nSK_n [23, 24].

Sinteza proteinelor LEA, în special a dehidrinelor, în țesuturile embrionului este direct dependentă de conținutul de acid abscisic endogen (ABA), al cărui nivel crește în timpul formării semințelor, ceea ce face posibilă clasificarea acestor proteine ca ABA-induse. De exemplu, în embrionii maturi de bumbac au fost identificate 18 tipuri de LEA-ARNm, însă la tratare cu ABA, în embrionii imaturi a fost indusă sinteza a 13 LEA-ARNm [27].

Astfel, în plantele superioare, dehidrinele se acumulează în semințe în stadiile târzii ale embriogenezei, în plus, cantitatea dehidrinelor crește considerabil în țesuturile vegetative când plantele sunt expuse la diverși factori de stres sau când sunt tratate cu acid abscisic (ABA) [28]. Această legătură s-a constatat și la plantele inferioare, inclusiv la ferigă *Polipodium virginianum* [29] și la algele albastre-verzi *Anabaena* și *Calothrix* [30].

Dehidrinele sunt localizate în diferite compartimente celulare, inclusiv citosol, nucleu, în vecinătatea membranei plasmice, mitocondrii și vacuole. Cu toate acestea, ele sunt localizate predominant în citoplasmă și nucleu [31 - 34]. Nu s-a depistat nicio corelație între tipul de dehidrine și localizarea tisulară. Mai multe tipuri de dehidrine pot fi localizate într-un singur țesut.

Se presupune că dehidrinele pot preveni denaturarea și coagularea proteinelor în timpul deshidratării; ele sunt capabile să lege cantități semnificative de apă, prevenind pierderea acesteia [15]. În plus, s-a relevat o legătură între nivelul de dehidrine și rezistența plantelor la deficitul de apă. De exemplu, stresul hidric a crescut activitatea transcripțională a genei dehidrinei HaDhn2 la floarea-soarelui (*Heliantus annuus L.*) mult mai puternic la plantele soiului tolerant la secetă, comparativ cu soiul sensibil la secetă [35]. Pentru plantele de sorg (*Sorghum bicolor (L) Moench*), a fost de asemenea identificată o corelație între rezistența la secetă a soiurilor și acumularea de dehidrine în țesuturile acestora [36].

Împreună cu aceasta, dehidrinele protejează celulele plantelor de stresul oxidativ participând la neutralizarea radicalilor. S-a demonstrat că dehidrina CuCOR19 din *Citrus unshiu*, de tipul K_3S , crește rezistența la frig a plantelor transgenice de tutun și previne peroxidarea lipozomilor *in vitro* [37]. Activitatea sa inhibitorie împotriva peroxidării lipidelor este mult mai mare decât cea a albuminei, glutationului și prolinei. Autorii sugerează că această dehidrină facilitează aclimatizarea la frig a plantei, acționând ca o proteină de captare a radicalilor pentru a proteja structurile membranare.

Pentru multe plante, s-a identificat o relație directă între nivelul de acumulare a dehidrinei și rezistența la frig. Soiurile de iarnă de grâu (*Triticum aestivum L.*), comparativ cu culturile de primăvară, au un mecanism de aclimatizare mai bun, care le permite să supraviețuiască la temperaturi extrem de scăzute. Sarhan F. et al (1997) au izolat și caracterizat familia de gene WCS120 (tip K_n), care codifică un grup de proteine (dehidrine) cu masa moleculară de la 12 până la 200 kDa. După cum s-a dovedit, această familie este specifică plantelor cerealiere, în plus, s-a constatat că acumularea de proteine WCS corelează direct cu dezvoltarea rezistenței la îngheț [38].

Acumularea dehidrinelor și participarea acestora la protejarea celulelor de efectele negative ale temperaturilor scăzute a fost observată în *Arabidopsis* [39], grâu [40 - 42], orz [41] și mazăre [43].

Proteinele de stres joacă un rol important în dobândirea rezistenței plantelor la efectele factorilor de temperatură nefavorabili [44, 45]. Folosind anticorpi specifici, au fost studiate caracteristicile compoziționale ale proteinelor de stres - dehidrinelor ale unor specii de mesteacăn din genul *Betula L.*, care cresc în condițiile climatice extreme din zona de permafrost din Iakutia Centrală [46]. S-a evidențiat o asemănare semnificativă în compoziția dehidrinelor la diferite specii de mesteacăn: au fost identificate două grupe de dehidrine: cu masa moleculară mică de 15-21 kD și cu masa moleculară medie de 56-73 kD. Dehidrinele cu masa moleculară mică (17 kD) sunt supuse celor mai mari schimbări sezoniere. Niveluri ridicate ale acestor proteine au fost detectate în timpul repausului de iarnă la cele mai scăzute temperaturi, iar vara ele au dispărut, ceea ce poate indica rolul lor important în formarea rezistenței la îngheț.

Wisniewski M. și colab. (1999) au efectuat o analiză funcțională a activității crioprotectoare și antigel a dehidrinei purificate PCA 60 din piersici (*Prunus persica L. Batsch*). PCA 60 menține activitatea enzimatică a lactatdehidrogenazei *in vitro* după mai multe cicluri de îngheț-dezgheț în azot lichid. În plus, PCA 60 a prezentat, de asemenea, activitate antigel semnificativă, așa cum este evidențiat de morfologia cristalelor de gheață. Aceste teste *in vitro* sugerează că unele dehidrine pot proteja enzimele de stresul temperaturilor scăzute *in vivo* [47].

Dovezi directe ale capacității dehidrinelor de a lega lipidele au servit studiile asupra dehidrinei DHN1 (RAB17; tip YSK₂) din porumb (*Zea mays*) obținută din semințele mature [48]. S-a demonstrat că DHN1 se leagă *in vitro* în mod preferențial cu veziculele lipidice care conțin fosfolipide acide, iar la legare există o schimbare semnificativă a spectrului CD în intervalul de la 208 la 222 nm, ceea ce sugerează că proteina după legare capătă o structură α -helicoidală. Creșterea spiralizării DHN1 din porumb la legarea cu veziculele

fosfolipide *in vitro* poate indica faptul că DHN1 dobândește, de asemenea, structuri α - helicoidale la legarea de vezicule *in vivo* și că cele două segmente K prezente în proteină sunt implicate în legarea membranară.

Datorită prezenței segmentelor K și a segmentelor ϕ , dehidrinele pot ajuta la prevenirea denaturării și agregării ulterioare a macromoleculilor parțial denaturate în condiții nefavorabile, formând un înveliș protector în jurul lor [13].

Una dintre funcțiile presupuse ale dehidrinelor este capacitatea lor de a participa în detoxifierea de ioni de sare în exces, adesea observată în timpul deshidratării celulelor.

În ameliorarea clasică a orezului indian (*Oriza sativa L.*), două soiuri: Pokkali și Nona Bokra sunt cunoscute pe scară largă ca donori de toleranță la salinitate. Pentru a înțelege baza moleculară a toleranței lor, au fost studiate aspectele fiziologice și genetice. Efectul acidului abscisic asupra proteinei totale din rădăcinile plantulelor de 12 zile a trei culturi de orez au fost analizate prin electroforeză bidimensională. Imunoblotul proteinelor a arătat că nivelul de expresie a dehidrinelor induse de ABA este semnificativ mai mare în rădăcinile soiurilor de orez tolerante la salinitate (*Oriza sativa L.*) comparativ cu plantele soiurilor sensibile. Nivelurile endogene de ABA au arătat o creștere tranzitorie a rădăcinilor supuse șocului osmotic (150 mM NaCl). Concentrațiile maxime de ABA au fost de 30 de ori mai mari în Nona Bokra și de 6 ori mai mari în Pokkali, comparativ cu soiul Taichung. Atât nivelurile induse de sare de ABA endogen, cât și răspunsurile moleculare mai mari ale țesutului radicular la ABA au fost asociate cu diferențele de soi la toleranță [49].

La *Arabidopsis thaliana* s-au depistat dehidrine care pot interacționa cu ionii Cu^{2+} și Ni^{2+} , precum și cu ionii Co^{2+} și Zn^{2+} . Capacitatea acestor dehidrine de a lega ionii metalelor este determinată aparent de prezența unui număr mare de resturi de histidină în ele [50].

Dehidrina din mandarina (*Citrus unshiu*), de tip KS, are, de asemenea, capacitatea de a lega metalele. S-a descoperit că această dehidrină CuCOR 15 este capabilă să lege 16 ioni Cu^{2+} [51]. Autorii au identificat în secvența proteinei un domeniu de legare a metalelor, bogat în resturi de histidină.

Tabelul 1. Unii reprezentanți ai claselor de dehidrine și funcțiile acestora.

Clasa	Reprezentanții	Mr, kD	Funcția	Link
Y_nSK_2	Dehidrine din orz DHN1-4 YSK_2	14-24	Rezistență la secetă	[52]
	Dehidrina din sorg DHN1 YSK_2	16	Rezistență la secetă	[36]
	Dehidrina din arabidopsis (RAB18) Y_2SK_2	18	Capacitate de legare a metalelor	[50]
K_n	Dehidrina din mure K_5	60	Aclimatizarea la temperaturi scăzute	[53]
	Dehidrina din orz Dhn5 K_9	59	Rezistența la frig	[52]
	Dehidrina din grâu WCS120 K_6	50	Rezistența la frig	[38]
	Dehidrina din arabidopsis LTI 30 - K_6	21	Rezistența la frig	[50]
K_nS	Dehidrina din țelină VBA45	45	Activitate de legare a Ca	[34]
	Dehidrina din mandarine CuCOR15	15	Capacitate de legare a metalelor	[51]
	Dehidrina din mandarine CuCOR19	19	Activitate de legare a radicalilor	[37]
SK_n	Dehidrina din orz Dhn8 - SK_3	28	Rezistența la frig	[52]
	Dehidrina din molid canadian PgDhn1 - SK_4	24	Salinitate, secetă, hipotermie	[54]
	Dehidrine din arabidopsis LTI29, COR 47 - SK_3	30	Capacitate de legare a metalelor	[50]
Y_2K_n	Dihidrina din piersic Y_2K_9	60	Crioprotectoare	[47]
FSK_n	Dehidrine din <i>Eutrema salsugenum</i> FSK_2 și FSK_3		Rezistența la salinitate	[26]
	Dehidrina din <i>Camelina sativa</i> (tip $F_2S_2K_n$)	36	Rezistența la frig	[25]
	Dehidrina din <i>Rhododendron catawbiense</i> RcDhn2 (tip F_3SK_n)	34	Rezistența la frig	[25]

Concluzii

Funcțiile exacte ale dehidrinelor din plante nu au fost încă stabilite, dar multe studii *in vitro* au arătat în mod clar că dehidrinele aparținând diferitelor subclase își prezintă funcțiile specific. Clasa de dehidrine YSKn leagă veziculele lipidice care conțin fosfolipide acide, în timp ce dehidrinele KnS leagă metalele și au capacitatea de a elimina radicalii hidroxil. Ele pot proteja lipidele membranei de peroxidare și pot prezenta activitate crioprotectoare împotriva enzimelor sensibile la îngheț. S-a constatat că clasele SKn și K sunt direct implicate în procesele de aclimatizare la frig.

Referințe:

1. WATERS, E. R. *The evolution, function, structure and expression of the plant sHSPs* // *J. Exp. Bot.* 2013, v. 64(2), p. 391-403.
2. ZENG, J. K., LI, X., ZHANG, J. G., YIN, X.-r., CHEN, K.-s. *Regulation of loquat fruit low temperature response and lignification involves interaction of heat shock factors and genes associated with lignin biosynthesis* // *Plant Cell Environ.*, 2016, 39(8), p. 1780-1789.
3. BRAY, E. A. *Plant responses to water deficit* // *Trends Plant Sci.*, 1997. V. 2. p. 48-54.
4. BIENERT, G. P., MOLLER, A. L. B., KRISTIANSEN, K. A., SCHULZ, A., MOLLER, I. M., SCHJOERRING, J. K., JAHN, T. P. *Specific aquaporins facilitate the diffusion of hydrogen peroxidase across membranes* // *J. Biol. Chem.*, 2007, v. 282 (2), p. 1183-1192.
5. INGRAM, J., BARTELS D. *The molecular basis of dehydration tolerance in plants* // *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 1996, v. 47, p. 377-403.
6. АЛЛАГУЛОВА, Ч. Р., ГИМАЛОВ, Ф. Р., ШАКИРОВА, Ф. М., ВАХИТОВ, В. А. *Дегидрины растений: их структура и предполагаемые функции* // *Биохимия*, 2003, т. 68. вып. 9, с. 1157-1165.
7. GARAY-ARROYO, A., COLMENORO-FLOREST, J. M., GARCARRUBIO, A., COVARRUBIAS, A. A. *Highly hydrophilic proteins in prokaryotes and eucaryotes are common during conditions of water deficit* // *J. Biol. Chem.*, 2000, v. 275, p. 5668-5674.
8. DURE, L., CROUCH, M., HARADA, J., HO, T. H. D., MUNDY, J., QUATRANO, R., THOMAS, T., SUNG, Z. R. *Common amino acid sequence domains among the LEA proteins of higher plants* // *Plant Mol. Biol.*, 1989, v. 12, p. 475-486.
9. DURE, L. *Structural motifs in LEA proteins of higher plants* // «*Response of plants to cellular dehydration during environmental stress*» (Eds. T.J. Close and E. Bray). Rockville: Amer. Soc. Plant Physiol., 1993, p. 91-103.
10. CUMMING, A. C. *Developmental regulation of gene expression in wheat embryos. Molecular cloning of a DNA sequence encoding the early methionine labelled (Em) polypeptide* // *Eur. J. Biochem.*, 1984, v. 145, p. 351-357.
11. BEKER, J., STEELE, C., DURE, L. *Sequence and characterization of six Lea protein and their genes from cotton* // *Plant.Mol.Biol.*, 1988, v. 11, p. 277-291.
12. DURE, L. *Occurance of a repeating 11-mer amino acid sequence motif in diverse organisms* // *Protein Pept. Lett.*, 2001, v. 8, p. 115-122.
13. CLOSE, T. J. *Dehydrins: A commonality in the response of plants to dehydration and low temperature* // *Physiol. Plant.*, 1997, v. 100, p. 291-296.
14. CLOSE, T. J. *Dehydrins: emergence of a biochemical role of a family of plant dehydration proteins* // *Physiol. Plant.*, 1996, v. 97, p. 795-803.
15. BATAGLIA, M., OLVERA-CARRILLO, GARCIRUBO, A., CAMPOS, F., COVARRUBIAS, A. A. *The enigmatic LEA proteins and other hydrophilins* // *Plant. Physiol.*, 2008, v. 148, p. 6-24.
16. ERIKSSON, S. K., KUTZER, M., PROCEK, J., GROBNER, G., HARRYSON, P. *Tunable membrane binding of the intrinsically disordered dehydrin Lti 30, a cold-induced plant stress protein* // *The Plant Cell.*, 2011, v. 23, p. 2391-2404.
17. KOVACS, D., AGOSTON, B., TOMPA, P. *Disordered plant LEA proteins as molecular chaperones* // *Plant Signaling Behav.*, 2008, v. 3(9), p. 710-713.
18. KOAG, M. S., WILKENS, S., FENTON, R. D., RESNIK, J. Vo. E., CLOSE, T. J. *The K-segment of maize*

- DHN1 mediates binding to anionic phospholipid vesicles and concomitant structural changes // Plant Physiol.*, 2009, v. 150, p. 1503-1514.
19. LIU, Y., SONG, Q., LI, D., YANG, X. *Multifunctional roles of plant dehydrins in response to environmental stresses // Front. Plant Sci.*, 2017, v. 8, p. 1-4.
 20. CLARKE, M. W., BODDINGTON, K. F., WARNICA, J. M., ATKINSON, J., McKENNA, S., MADGE, J. *Structural and functional insights into the cryoprotection of membranes by the intrinsically disordered dehydrins // J.Biol. Chem.*, 2015, v. 290, p. 26900-26913.
 21. DRIRA, M., SAIBI, W., AMARA, I., MASMOUDI, K., HANIN, M., BRINI, F. *Wheat dehydrin K-segment ensure bacterial stress tolerance, antiaggregation and antimicrobial effects // Appl. Biochem. Biotech.*, 2015, v. 175, p. 3310-3321.
 22. MALIK, A. A., VELTRI, M., BODDINGTON, K. F., SIMGH, K. K., GRAETHER, S. P. *Genome analysis of conserved dehydrin motifs in vascular plants // Front. Plant. Sci.*, 2017, v. 8, p. 1-18.
 23. RICHARD STRIMBECK, G. *Hiding in plain sight: the F segment and other conserved features of seed plant SKn dehydrins // Planta*, 2017, v. 245, p. 1061-1066.
 24. RILEY, A. C., ASHLOCK, D. A., GRAETHER, S. P. *Evolution of the modular, disordered stress proteins known as dehydrins // PLOS One*, 2019, 14(2), p. 1-20.
 25. WEY, H. et al. *Identification and characterization of five cold stress-related rhododendron dehydrin genes: spotlight on a FSK-type dehydrin with multiple f-segments // Front.Bioeng. Biotechnol*, 2019, 7, p. 1-14.
 26. GHANMI, S., GRAETHER, S. P., HANIN, M. *The halophyte dehydrin sequence landscape // Biomolecules*, 2022, 12(2), p. 1-12.
 27. GALAU, G. A., HUGHES, D. W., DURE, L. *Abscisic acid induction of cloned cotton late embryogenesis-abundant (Lea) mRNAs // Plant Molecular Biology*, 1986, v. 7, p. 155-170.
 28. MUNDY, J., CHUA, N. H. *Abscisic acid and water stress induce the expression of a novel rice gene // EMBO J.*, 1988, v. 7, p. 2279-2286.
 29. REYNOLDS, T. L., BEWLEY, J. D. *Abscisic acid enhances the ability of the desiccation tolerant fern *Polipodium virginianum* to withstand drying // J.Exp. Bot.*, 1993, v. 269, p. 1771-1779.
 30. CLOSE, T. J., LAMMERS, P. J. *An osmotic stress protein of cyanobacteria is immunologically related to plant dehydrins // Plant Physiol.*, 1993, v. 101, p. 773-779.
 31. HOUDE, M., DANIEL, C., LACHAPPELLE, M., ALLARD, F., LALIBERTE, S., SARHAN, F. *Immunolocalization of freezing-tolerance-associated proteins in the cytoplasm and nucleoplasm of wheat crown tissues // Plant J.*, 1995, v. 8, p. 583-593.
 32. DANYLUK, J., PERRON, A., HOUDE M., LIMIN, A., FOWLER, B., BENHAMOU, N., SARHAN, F. *Accumulation of an acidic dehydrin in the vicinity of the plasma membrane during cold acclimation of wheat // Plant Cell*, 1998, v. 10, p. 623-638.
 33. BOROVSHII, G. B., STUPNIKOVA, I. V. ANTPINA, A. I., VOINIKOV, V. K. *Accumulation of protein, immunochemically related to dehydrins in the mitochondria of cold treated plants // Dokl. Akad. Nauk*, 2000, v. 371, p. 251-254.
 34. HEYEN, B. J., ALSHEKH, M. K., AMITH, E. A., TORVIK, C. F., SEALS, D. F., RANDALL, S. K. *The calcium-binding activity of a vacuole-associated, dehydrin-like protein is regulated by phosphorylation // Plant Physiol.*, 2002, v. 130, p. 675-87.
 35. CELLIER, F., CONEJERO, G., BREITLER, J., CASSE, F. *Molecular and physiological responses to water deficit in drought-tolerant and drought-sensitive lines of sunflower // Plant Physiol.*, 1998, v. 116, p. 319-328.
 36. WOOD, A. J., GOLDSBROUGH, P. B. *Characterization and expression of dehydrins in water-stressed *Sorghum bicolor*. // Physiol. Plantarum.*, 1997, v. 99, p. 144-152.
 37. HHARA, M., TERASHIMA, S., FUKAYA, T., KUBOI, T. *Enhancement of cold tolerance and inhibition of lipid peroxidation by citrus dehydrin in transgenic tobacco // Planta*, 2003, v. 217, p. 290-298.
 38. SARHAN, F., QUELLET, F., VAZQUEZ-TELLO, A. *The wheat wcs120 gene family. A useful model to understand the molecular genetics of freezing tolerance in cereals // Physiol. Plantarum.*, 1997, v. 101, p. 439-445.

39. ГАМБУРГ, К. З., КОРОТАЕВА, Н. Е., БАДУЕВ, Б. К., БОРОВСКИЙ, Г. Б., ВОЙНИКОВ, В. К. *Взаимосвязь различий в устойчивости к заморозкам арабидопсиса и теллунгеллы с содержанием белков теплового шока и дегидринов // Физиология растений, 2014, т. 61(3), с. 343-349.*
40. БОРОВИК, О. А., ГРАБЕЛЬНЫХ, О. И., КОРОЛЕВА, Н. А., ПОБЕЖИМОВА, Т. П., ВОЙНИКОВ, В. К. *Связь между активностью альтернативного пути дыхания, содержанием сахаров и морозоустойчивостью озимой пшеницы // J. Stress Physiol. Biochem., 2013, v. 9(4), p. 241-250.*
41. KOSOVA, K., VITAMVAS, P., PRASILOVA, P., PREASIL, I. T. *Accumulation of WCS120 and DHN5 proteins in differently frost-tolerant wheat and barley cultivars grown under a broad temperature scale // Biol. Plant., 2013, v. 57, p. 105-112.*
42. АЛЛАГУЛОВА, Ч. Р., ШАКИРОВА, Ф. М. *Вклад дегидринов в антиоксидантную защиту растений // Материалы II международного симпозиума «Молекулярные аспекты редокс-метаболизма растений», 2017, с. 48-51.*
43. КОНАКОВА, М. А., УКОЛОВА, И. В., ВОЙНИКОВ, В. К., БОРОВСКИЙ, Г. В. *Ассоциация дегидринов проростков гороха с суперкомплексами дыхательной цепи митохондрий в период гипертермии // J. Stress Physiol. Biochem., 2013, v. 9(4), с. 279-288.*
44. RORAT, T. *Plant dehydrins – tissue location, structure and function // Cellular Mol. Biol. Letters, 2006, v. 11, p. 536-556.*
45. KOSOVA, K., PRASIL, I. T., VITAMVAS, P. *Role of dehydrins in plant stress response // Handbook of plant and crop stress. Pessarakli M. (ed)-Tucson: CRC, 2010, p. 239-285.*
46. Татарина Т. Д., Перк А. А., Пономарев А. Г., Васильева И. В. *Особенности стрессовых белков-дегидринов березы Betula L. в условиях криолитозоны // Сибирский лесной журнал, 2020, № 2, с. 21-30.*
47. WISNIEWSKI, M., WEBB, R., BALSAMO, R., CLOSE, T. J., YU, X. M., GRIFFITH, M. *Purification, immunolocalization, crioprotective, and antifreeze activity of PCA 60: a dehydrin from peach (Prunus persica) // Physiol. Plant. 1999, v. 105, p. 600-608.*
48. KOAG, M. S., FENTON, R. D., WILKENS, S., CLOSE, T. J. *The binding of maize DHN1 to lipid vesicles. Gain of structure and lipid specificity // Plant Physiol., 2003, v. 131, p. 309-316.*
49. MOONS, A., BAUW, G., PRINSEN, E., MONTAGU, M. V., STRAETEN, V. D. *Molecular and physiological responses to abscisic acid and salts in roots of salt-sensitive and salt-tolerant indica rice varieties // Plant Physiol. 1995, v. 107, p. 177-186.*
50. SVENSSON, J., PALVA, E. T., WELIN, B. *Purification of recombinant Arabidopsis thaliana dehydrins by metal ion affinity chromatography // Prot. Express. Purif., 2000, v. 20, p. 169-178.*
51. HARA, M., FUJINAGA, M., KUBOI, T. *Metal binding by citrus dehydrin with histidine-rich domains // J. Exp. Bot., 2005, v. 56, p. 2695-2703.*
52. ZHU, B., CHOI, D. W., FENTON, R., CLOSE, T. J. *Expression of the barley dehydrin multigene family and the development of freezing tolerance // Mol. Gen. Genet., 2000, v. 264, p. 145-153.*
53. LEVI, A., PANTA, G. R., PARMENTIER, C. M., MUTHALIF, M. M., ARORA, R., SHANKER, S., ROWLAND, L. *Complementary DNA cloning, sequencing and expression of an unusual dehydrin from blueberry floral buds // Physiol. Plant., 1999, v. 107, p. 98-109.*
54. RICHARD, S., MORANCY, M. J., DREVET, C., JOUANIN, L., SEGUIN, A. *Isolation and characterization of a dehydrin gene from white spruce induce upon wounding, drought and cold stresses // Plant. Mol. Biol., 2000, v. 1, p. 1-10.*

Notă: Lucrarea a fost realizată 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:

Angela RUDACOVA, doctor în științe biologice, cercetător coordonator, Centrul Genetică Funcțională, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-9638-2151

E-mail: rud-as@mail.ru

Ala CHERDIVARĂ, doctor în științe biologice, cercetător științific superior, Centrul Genetică Funcțională, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-1276-4959

E-mail: ala.cherdivara@usm.md

Serghei RUDACOV, cercetător științific, Centrul Genetică Funcțională, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-2591-6114

E-mail: Rudacov@yahoo.com

Prezentat la 17.09.2024

CZU: 681.586.672:633.34

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_02](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_02)

STUDIUL ACTIVITĂȚII RESPIRATORII A UNOR SOIURI DE SOIA CU AJUTORUL SENZORILOR DE CO₂

Ana BÎRSAN, Ion GANEA, Maria FRUNZĂ, Alina VLADINOVA,

Universitatea de Stat din Moldova,

Costel GUȚU, Maria IACUBUȚĂ,

Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor

Silvia EVTODIEV,

Didact Vega S.R.L.

Activitatea respiratorie a semințelor de soia (*Glycine max* (L.) Merrill.) a fost evaluată în timpul etapei de germinare, folosind senzori de CO₂. În studiu au fost utilizate trei soiuri autohtone de soia: Aura, Viorela și Moldovița. Activitatea respiratorie a fost evaluată prin măsurarea concentrației de dioxid de carbon (CO₂ într-un amestec de gaze), folosind tehnologiile PASCO. Modificările nivelurilor de dioxid de carbon s-au evaluat cu ajutorul senzorilor wireless de CO₂ gaz de model PS-3208. Activitatea respiratorie crescută la soiul Aura a corelat pozitiv cu masa mai mare la o mie de boabe și cu energia și capacitatea de germinare a semințelor mai mare. Datele obținute cu referire la nivelul de CO₂ eliberat în timpul respirației evidențiază capacitatea semințelor de a mobiliza substanțele de rezervă în timpul germinării. Aceste informații pot fi valoroase în elucidarea diferențelor în procesele fundamentale de germinare a semințelor între soiurile unor culturi agricole, ținând cont de condițiile de mediu.

Cuvinte-cheie: *soia, germinare, activitate respiratorie, senzori CO₂.*

THE RESPIRATORY ACTIVITY STUDY OF SEVERAL SOYBEAN VARIETIES USING CO₂ SENSORS

The respiratory activity of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) seeds during the germination stage has been evaluated using CO₂ sensors. Three indigenous soybean varieties: Aura, Viorela and Moldovita were selected for the study. The respiratory activity was assessed by measuring the concentration of carbon dioxide (CO₂) in a gas mixture using PASCO Technologies. Changes in CO₂ levels were monitored using model PS-3208 wireless CO₂ gas sensors. The heightened respiratory activity in the Aura variety was positively correlated with greater thousand kernel weight, higher germination energy and germination capacity of the seeds. The obtained CO₂ content data highlights the seeds' ability to mobilize reserve materials during germination. This information can be valuable in elucidating differences in the fundamental processes of seed germination among crop varieties, with consideration given to environmental conditions.

Keywords: *soybean, germination, respiratory activity, CO₂ sensors.*

Introducere

Actualmente, pentru atenuarea efectelor negative ale factorilor de mediu, optimizarea și stabilizarea producției, prin lucrări de hibridare se recurge la obținerea unei noi soiuri de soia, datorită modelării unor caractere și însușiri ale acestora [19]. Succesul în producția de cereale depinde, în parte, de calitatea semințelor utilizate [4]. Semințele de înaltă calitate oferă un început promițător pentru obținerea plantelor rezistente și a recoltelor înalte, procesele complexe de creștere și dezvoltare a plantelor, fiind influențate de o multitudine de factori interni și externi, care acționează la diferite etape de creștere și dezvoltare a plantelor [12].

Germinarea semințelor are un rol deosebit de important în declanșarea proceselor de creștere, etapele ulterioare fiind puternic dependente de evenimentele ce derulează la etapele inițiale ale ontogenezei. Ger-

minarea semințelor este însoțită de o creștere a intensității respirației, în special, la faza finală a procesului de germinare. Acest fenomen este asociat cu restructurarea proceselor biochimice care implică scindarea moleculelor organice și care eliberează energia necesară pentru diverse activități metabolice, rata de respirație ridicată indicând asupra includerii mai rapide a substratului respirator în catabolismul celular. Bunăoară, s-a stabilit că există o diferență considerabilă în natură și intensitatea respirației între semințele distincte. S-a constatat că semințele intacte de soia ce dețin un conținut mai ridicat de grăsimi respiră mai intens decât cerealele ce au un conținut mai sporit de amidon [14]. Totodată, ritmul respirației poate fluctua, predominant, în funcție de condițiile de mediu.

Gestionarea corectă a culturilor agricole necesită măsurători cronologice și precise a gazelor respiratorii. Cu atât mai mult că, unii autori indică asupra posibilității de a îmbunătăți randamentul agricol prin optimizarea metabolismului respirator al plantelor, evitând pierderea inutilă de carbon asimilat [2], iar interpretarea corectă a variațiilor indicatorilor cuantificabili în timpul germinării, va face posibilă elucidarea diferențelor în procesele de bază ale germinării semințelor între specii, soiuri și condițiile de existență [3].

În prezent, există o multitudine de metode fizico-chimice și tehnici directe și indirecte de măsurare a fluxurilor de gaze în plante și a intensității metabolismului respirator, însă numeroase studii au demonstrat că metodele bazate pe cuantificarea nivelului de CO₂ ajutorul senzorilor sunt mai ergonomice, necesită cantități mai mici de material, asigurând o precizie mai mare a datelor colectate, datorită sensibilității de detecție și posibilității de a monitoriza fenomenele în timp real și nefiind invazive [5,8,10,22].

La soia, o mare parte a cercetărilor cu referire la cuantificarea dioxidului de carbon eliminat în procesul de respirație sunt direcționate spre determinarea nivelului acestuia în condiții de stres, intensitatea respirației demonstrând rolul său substanțial în adaptarea plantelor la condiții nefavorabile de creștere [1, 16,18,20,21]. Numeroase cercetări sunt axate pe monitorizarea nivelului de CO₂, corelat cu conținutul de substanță organică consumată în procesul de germinare, în diverse condiții de depozitare a semințelor [4]. Multiple studii relevă rolul monitorizării nivelului de CO₂ în procesele de sechestrare a carbonului. Cu toate acestea, până în prezent, sunt prezentate argumente contradictorii cu referire la relația dintre procesele de creștere și de respirație. De asemenea, puține studii pun în valoare capacitatea de mobilizare a substanțelor organice de rezervă prin cuantificarea CO₂ în procesele de germinare a semințelor.

Scopul acestui studiu a constatat în aprecierea activității respiratorii a unor soiuri de *Glycine max* prin evaluarea nivelului dioxidului de carbon emis de semințele și plantulele de soia, aflate la etapa VE de creștere și dezvoltare - etapă cu rol crucial în ontogeneza plantelor.

Material și metode

În prezentul studiu au fost incluse trei soiuri autohtone de soia: Aura, Moldova și Viorela, create de către IP Institutul de Cercetări pentru Culturile de Câmp „Selectia”, din or. Bălți, recolta anului 2023. Soiurile se încadrează în grupa de maturitate 0 (semiprecoce), având perioada de vegetație 117 - 123 zile. În calitate de martor pentru cercetările efectuate a servit soiul Aura, selectat pentru cultură în baza caracteristicilor de plasticitate, productivitate și alte caracteristici tehnologice și solicitat în cultură de producătorii de soia din Moldova. Testul de germinare a semințelor s-a efectuat în cutii Petri, în condiții dirijate de laborator, la temperatura de 25±1°C.

Activitatea respiratorie s-a determinat cu ajutorul Tehnologiilor PASCO pentru măsurarea concentrației de dioxid de carbon (CO₂ într-un amestec de gaze), cu achiziție de date experimentale, fie în memoria Calculatorului la care este racordat senzorul (conectivitate wireless sau prin fir USB) sau în memoria oricărui alt dispozitiv electronic cu memorie proprie (tabletă electronică, smartfon, Laptop, Panou interactiv etc.), sau fie cu achiziție autonomă a datelor cu stocare în memoria proprie a senzorului. Sistemul permite monitorizarea de lungă durată, în timp real, a unor procese metabolice, precum fotosinteza și respirația și cuantificarea gazelor respiratorii, având capacitatea de a stoca mai mult de 55.000 de date în memoria proprie a senzorului. Modificările nivelurilor de dioxid de carbon s-au evaluat cu ajutorul senzorilor wireless de CO₂ gaz de model PS-3208, din dotarea Didact Vega S.R.L., care avea numărul ID de logare 429351 pentru achiziția de date experimentale în regim real și în regim autonom cu stocarea datelor în memoria proprie

a senzorului. Temperatura climocamerei cu umiditate ridicată a fost monitorizată cu ajutorul senzorului wireless de temperatură PS-3201 cu sondă din oțel inoxidabil (*certificat IP-X7*) [23], cu achiziții autonome de date experimentale pe întreaga durată a investigațiilor experimentale (durata maximă este de cca un an) și stocarea datelor în memoria senzorului. Pentru investigații experimentale de emisie CO₂, eșantioanele a câte 10 semințe au fost plasate în interiorul accesoriului volumetric din plastic (Flacon de prelevare de gaz cu volumul de 250 ml) la care etanș se montează senzorul PASCO, PS-3208 [24]. Vasele au fost plasate în climocameră, la temperatura de 25±1°C, la întuneric.

Senzorul măsoară concentrația de dioxid de carbon în intervalul cuprins între 0 părți pe milion (ppm) și 100000 ppm. Senzorul poate fi utilizat cu sau fără flaconul de eșantionare de gaz inclus. Programul-soft de colectare a datelor PASCO afișează și analizează datele măsurate de senzor în formă numerică, grafică, tabelară, tahometrică sau histogramică cu salvare și exportare.

Achiziția, prelucrarea, analiza și interpretarea datelor experimentale au fost realizate cu ajutorul SOF-Tului SPARKvue. Rata de eșantionare a fost aleasă de 1 Hz pentru diferite soiuri de semințe investigate în procesul de respirație cu afișarea grafică a datelor pentru o durată de 10 min.

Rezultate și discuții

Determinarea calității fiziologice a semințelor include evaluarea proprietăților de producție a acestora. În același timp, indicatorii care caracterizează viabilitatea și rata germinației semințelor constituie componenta fiziologică a calității semințelor.

Germinarea semințelor și creșterea plantelor la etapele inițiale ale ontogenezei, reprezintă un fenomen complet heterotrof, dependent de metabolismului respirator. Oxidarea substratului respirator: carbonului din hidrații de carbon, lipide și proteine acumulate în timpul maturării semințelor asigură energia necesară pentru germinația semințelor și dezvoltarea plantelor până la trecerea la nutriția autotrofă [6,13].

Tehnicile noi permit măsurarea respirației într-un mod mai dinamic, inclusiv efectuarea de măsurători simultane a mai multor parametri respiratori, ceea ce face posibilă înțelegerea mai profundă a proceselor fiziologice din plante și corelarea datelor obținute cu diverse aspecte ale metabolismului plantelor, de a atribui mai bine sensul variațiilor observate și de a elucida mecanismul proceselor studiate [15,17].

Măsurători ale respirației pot fi combinate și corelate cu seturi multidimensionale de date. Din aceste considerente, pentru a evalua calitatea fiziologică a semințelor, etapa inițială a cercetărilor noastre a inclus determinarea masei la 1000 boabe și analiza indicilor de germinație a semințelor (energia și facultatea germinativă). Datele prezentate în tabelul 1 demonstrează că soiul Aura, luat de noi în calitate de martor, se caracterizează prin valori mai înalte ale MMB, fiind urmat de soiul Moldovița și, corespunzător, de soiul Viorela. Dinamica procesului de germinare, de asemenea, pune în evidență valori mai înalte ale energiei și facultății germinative la soiul Aura, comparativ cu soiul Viorela și Moldovița. Valorile mai mari ale indicilor de germinație au corelat pozitiv cu masa la 1000 boabe.

Tabelul 1. Energia și facultatea germinativă a semințelor unor soiuri autohtone de soia.

Denumirea soiului	Energia germinativă (%)			Facultatea germinativă (%)	Masa la 1000 boabe (g)
	24 ore	48 ore	96 ore		
Aura	6,66	73,33	93,33	100	135,6
Viorela (11)	0	43,33	76,66	86,66	121,6
Moldovița(17)	0	56,66	83,33	93,33	128,3

Respirația este unul dintre procesele esențiale ale metabolismului plantelor și unul dintre elementele importante ale procesului de producție a plantelor. O creștere a activității funcționale a celulelor este însoțită de creșterea respirației. Etapa inițială a experimentului dat a inclus adaptarea metodei, bazată pe studiul activității respiratorii în obiectele biologice, la scopul cercetării și la condițiile de investigare. Testarea senzorilor a fost efectuată pe soiul martor Aura (Foto 1.)

Foto 1. Studiul activității respiratorii a semințelor de soia cu ajutorul senzorilor de CO₂.

Analiza reliefului graficelor emisiei de gaze la soiul Aura a demonstrat o creștere liniară a conținutului de CO₂. Din aceste considerente, ulterior, testarea celor trei genotipuri de soia pentru emisiile de gaze în timpul germinării semințelor s-a efectuat după 30, 60 și 90 min de la montarea experimentului, pe parcursul a 10 min. Datele din tabelul 2 arată că, în timp, intensitatea respirației semințelor tuturor genotipurilor luate în studiu crește treptat. Rezultate similare au fost atestate de unii autori la porumb [10].

Tabelul 2. Dinamica emisiei CO₂ de semințele unor soiuri autohtone de soia la etapele inițiale de germinare.

Denumirea soiului	Cantitatea de CO ₂ (ppm)		
	Peste 30 min	Peste 60 min	Peste 90 min
Aura	2470	4520	7688
Moldovița	2186	4032	7060
Viorela	1986	4054	6654

Dat fiind faptul că procesele de respirație aerobă necesită oxigen, vasele zilnic au fost ventilate, iar analiza conținutului de CO₂ s-a efectuat timp de 10 min după 4, 8, 24, 48 ore. Pentru fiecare determinare a fost fixat nivelul inițial de CO₂ în balon și nivelul CO₂ produs timp de 10 minute. Diferențele dintre concentrația inițială și finală a gazului în balon sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3. Nivelul de CO₂ produs de unele soiuri autohtone de soia la etapa de germinare a semințelor.

Denumirea soiului	Cantitatea de CO ₂ (ppm)			
	4 ore	8 ore	24 ore	48 ore
Aura	302	342	414	274
Moldovița	256	140	228	214
Viorela	202	92	170	194

Studii asupra fiziologiei semințelor subliniază că ratele de germinare furnizează informații despre momentul, uniformitatea și amploarea germinării semințelor și sunt indicatori sensibili ai vigorii semințelor și toleranței la stres [7]. Au fost găsite relații strânse și comparabile cantitativ între modelele respiratorii și de germinare ale semințelor ca răspuns la diverși factori, ce permite utilizarea măsurătorilor respiratorii semi-automatizate pentru a evalua vigoarea semințelor și parametrii de calitate [3,11].

Analiza dinamicii emisiilor de gaze la etapa de germinație a semințelor a relevat că genotipurile studiate au avut activitate respiratorie diferită. Cea mai înaltă activitate respiratorie s-a atestat la soiul Aura, urmat de Moldovița și apoi de Viorela.

Creșterea ratelor de respirație este observată la multe semințe în momentul apariției rădăcii; această rată de respirație este menținută și corespunde creșterii răsadurilor [3], fiind stabilite relații dintre respirație și progresia germinării, culminată cu apariția embrionului din învelișurile care îl înconjoară. Deoarece energia germinativă a semințelor genotipurilor studiate de soia a fost diferită (Tab.1), pentru a detecta concentrația de CO_2 produsă în procesul de respirație în timp real și cu mare precizie, din totalitatea de semințe de soia, germinate în cutii Petri, în condiții controlate de laborator, pentru fiecare genotip, au fost selectate câte 5 plantele, care prezentau valori medii ale creșterii rădăcii, caracteristice pentru lotul corespunzător. În cazul dat, analiza activității respiratorii a fost efectuată la etapa VE de creștere, atunci când plantele aveau dezvoltată bine rădăcina principală, rădăcinile laterale lipsind.

Rezultatele experimentale prezentate în figurile 1, 2, 3 denotă că genotipurile cercetate s-au deosebit după capacitatea de producție a CO_2 . Aprecierea emisiilor de gaze peste 1 min (60,000s), 3 min, 6 min și 9 min a demonstrat cantități mai mici de CO_2 produs de către plantele soiului Moldovița: 1 min (1410ppm), 3 min (1514 ppm), 6 min (1636 ppm) și 9 min (1750 ppm).

Soiul Viorela a ocupat o poziție intermediară. Cu toate acestea, se observă că în primul minut, acest genotip are o capacitate de emisie a CO_2 mai mare în comparație cu soiul martor Aura. Cele mai mari cantități de CO_2 au fost atestate la soiul Aura, care au depășit valorile soiurilor Moldovița, înregistrându-se valori: 1 min (1442 ppm), 3 min (1612 ppm), 6 min (1818 ppm) și 9 min (1988 ppm).

Fig. 1. Activitatea respiratorie a plantulelor de soia (soiul Moldovița).

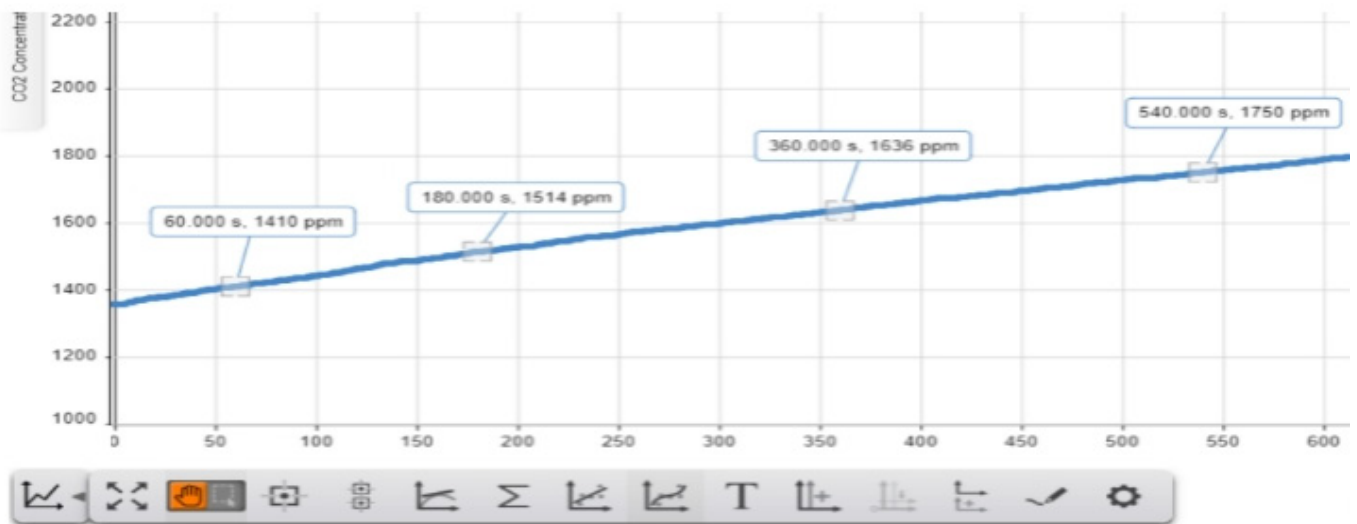


Fig. 2. Activitatea respiratorie a plantulelor de soia (soiul Viorela).

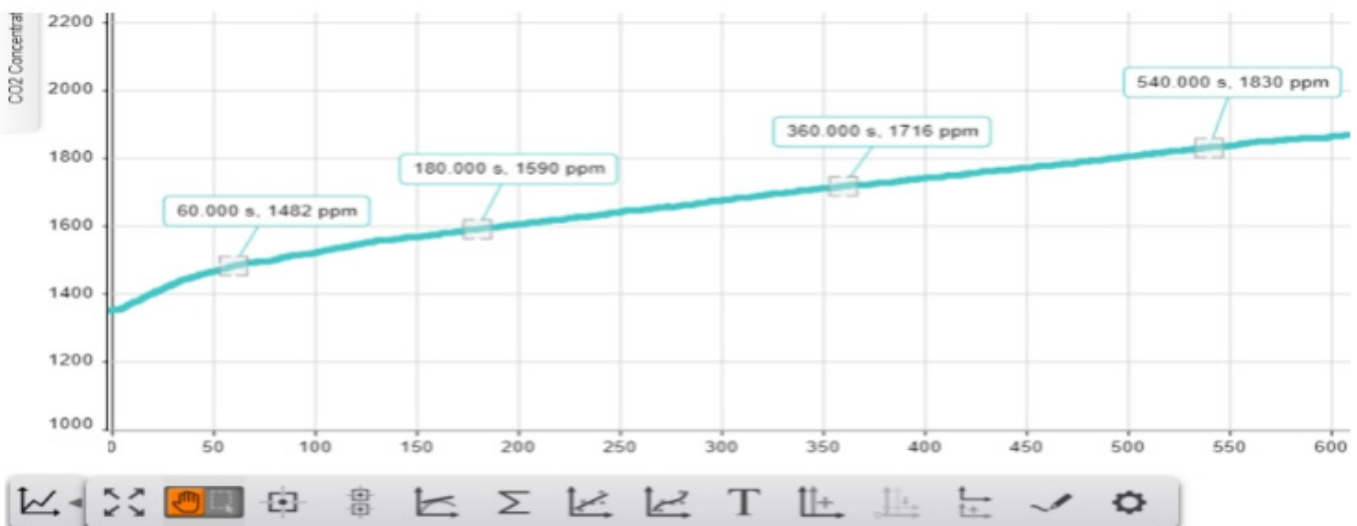


Fig 3. Activitatea respiratorie a plantulelor de soia (soiul Aura).

Totuși, raportarea cantității de CO₂ la unitate de masă a semințelor a arătat că, după 9 minute, cel mai mare nivel al emisiilor de dioxid de carbon la 1g de masă a semințelor, s-a atestat la soiul Viorela (150,49 ppm), urmat de Aura (146,60 ppm) și de Moldovița (136,39 ppm).

Astfel, intensitatea respirației semințelor de soia la etapa VE de creștere și de dezvoltare a plantelor a pus în evidență interdependențe între masa boabelor, energia și facultatea germinativă doar la soiul Aura. Soiul Moldovița, deși a avut valori mai ridicate ale energiei și facultății germinative, la această etapă, a prezentat o intensitate a respirației mai scăzută în comparație cu soiul Viorela.

Concluzii

Sistemul de detectare a dioxidului de carbon permite evaluarea cu înaltă precizie a nivelului de CO₂ produs în timpul respirației semințelor și monitorizarea în timp real a unor procese metabolice.

Intensitatea respirației soiurilor studiate de soia a variat în funcție de genotip, valori superioare ale indicelui cercetat fiind atestate în dependență de biomasa materialului vegetal.

Pentru aprecierea mai detaliată a activității respiratorii cu ajutorul senzorilor, este necesară investigarea mai multor soiuri, care posedă diferite caractere morfologice, rezistență la factorii de stres etc., abordarea subiectelor în studiul de față fiind una de pionierat în cercetările asupra culturii de soia în Republica Moldova.

Referințe:

1. AÇIKBAŞ, S., ÖZYAZICI M, A., BIÇAKÇI, E., ÖZYAZICI, G. *Germination and Seedling Development Performances of Some Soybean [Glycine max (L.) Merrill] Cultivars Under Salinity Stress. Turkish Journal of Range and Forage Science*, 2023, nr. 4(2), p. 108-118.
2. AMTHOR, J. S., BAR-EVEN, A., HANSON, A. D., MILLAR, A. H., STITT, M., SWEETLOVE, L. J., TYERMAN, S. D. *Engineering Strategies to Boost Crop Productivity by Cutting Respiratory Carbon Loss. The Plant Cell*, 2019, vol. 31, p. 297–314.
3. BELLO, P., BRADFORD, K. J. *Single-seed oxygen consumption measurements and population-based threshold models link respiration and germination rates under diverse conditions. Seed Science Research*, 2016, nr. 26(3), p. 199-221. doi:10.1017/S0960258516000179
4. BEWLEY, J. D., BRADFORD, K. J., HILHORST, H. W. M. AND NONOGAKI, H. *Mobilization of stored reserves. Seeds*, New York: Springer-Verlag, 2013, pp. 183-246.
5. DA SILVA, J. G., GADOTTI, G. I., DE MORAES, D. M., SILVA, A. H. M., CAVALCANTE, J. A., MENEGHETTO, G. E. *Equipment to assess vigor in soybean seeds using CO₂ produced during respiration // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande*. ISSN 1807-1929, v. 25, n. 5, p. 353-358, 2021. <http://www.agriambi.com.br> – <http://www.scielo.br/rbeaa>

6. DRANSKI, J. A. L., MALAVASIM, M., MALAVASI, U. C., SCHUSTER, I., SCHLICKMANN LAZARETTI, N. *Carbon dioxide quantified by the infrared in respiratory activity evaluation in corn seeds. Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 2017, vol. 38, nr. 3, p. 1115-1132.
7. EBONE, L. A., CAVERZAN, A., TAGLIARI, A., CHIOMENTO, J. L. T., SILVEIRA, D. C., CHAVARRIA, G. *Soybean Seed Vigor: Uniformity and Growth as Key Factors to Improve Yield. Agronomy*, 2020, 10, 545. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040545>
8. FALCO, N., WAINWRIGHT, H. M., DAFFLON, B., ULRICH, C., SOOM, F., PETERSON, J. E., BROWN, J. B., SCHAEFFLE, K. B., WILLIAMSON, M., COTHREN, J. D., HAM, R. G., MCENTIRE, J. A., HUBBARD, S. S. *Influence of soil heterogeneity on soybean plant development and crop yield evaluated using time-series of UAV and ground-based geophysical imagery. Sci Rep.*, 2021. nr. 29;11(1). p. 7046. doi:10.1038/s41598-021-86480-z. PMID: 33782488; PMCID: PMC8007594. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8007594/>
9. FEHR, W. R., CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. *Special Report 80, Iowa Agricultural Experiment Station, Iowa Cooperative External Series, Iowa State University, Ames*. 1977, Nr. 80, p. 3–11.
10. GAO, L. U., ZANG, Y. U., ZHAO, G., QI, H., TANG, Q., LIU, Q., JIA, L. *Research on the Seed Respiration CO₂ Detection System Based on TDLAS Technology. Hindawi International Journal of Optics*, 2023, Article ID 8017726, 13 p. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2023/8017726> doi: 10.51801/turkjrf.1387963
11. HANSEN, L. D., HOPKIN, M. S., RANK, D. R., ANEKONDA, T. S., BREIDENBACH R. W., CRIDDLE R. S. *The relation between plant growth and respiration: A thermodynamic model. Planta*, 1994, vol. 194, nr. 1. p. 77-85.
12. HEAL, G., MILLNER, A. *Uncertainty and decision making in climate change economics. Rev. Environ. Econ. Policy*, 2014, nr. 8(1), p. 120-137.
13. MACHEREL, D., BENAMAR, A., AVELANGE-MACHEREL, M.-H., TOLLETER, D. *Function and stress tolerance of seed mitochondria. Physiologia Plantarum*, 2007, vol. 129, nr. 1, p. 233-241.
14. NOVITSKAYA, N. V. *RESPIRATION RATE OF SEEDS DEPENDING ON DAMAGE. Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 2017, № 7(153), p. 78-82.
15. O'LEARY, B. M., SCAFARO, A. P., YORK, L. M. *High-throughput, dynamic, multi-dimensional: an expanding repertoire of plant respiration measurements. Plant Physiology*, 2023, vol. 191, issue 4, p. 2070-2083. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiac580>
16. PARK, Y. J., LEE, J. S., PARK, S., KIM, Y. J., MANI, V., LEE, K., KWON, S. J., PARK, S. U., KIM, J. K. *Metabolite Changes in Soybean (Glycine max) Leaves during the Entire Growth Period. ACS Omega*, 2023, nr. 24;8(44), p. 41718-41727. doi: 10.1021/acsomega.3c06043. PMID: 37969993; PMCID: PMC10633961. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10633961/>
17. POLEVOY, A. N., SINITSYNA, V. V. *Modeling of grain development at early stages of ontogenesis and seedling emergence. http://downloads.igce.ru/publications/pemem/PEMEM25/13_Polevoy_Sinitsyna.pdf*
18. SAMATOVA, S. U., MIRZAEVA, YA. YA. *The intensity of respiration in plants depends on the environment, seasons, temperature, humidity depending on the change. Science and innovation international scientific journal*, 2023, vol. 2(12), p. 836-839. ISSN: 2181-3337. <https://zenodo.org/records/10402618>
19. VOZIAN, V., IACOBUTA, M., TARAN M. *Valoarea agronomică a noilor genotipuri de soia pentru condițiile tarii. Agricultura Moldovei. Chisinau*, 2010, nr. 3, p. 20-22.
20. YAMAGUCHI, Junichi. *Respiration and the Growth Efficiency in Relation to Crop Productivity*, 1978. [https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/12920/1/59\(1\)_p59-129.pdf](https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/12920/1/59(1)_p59-129.pdf)
21. ZEYMER, J. S., CORRÊA, P. C., DE OLIVEIRA, G. H. H., GATES, R. S., DE ARAUJO, M. E. V., GATSAKOS, A. B. *Respiration rate and dry matter loss of soybeans (Glycine max L.) obtained by a dynamic system*, 2023. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16321>
22. ZHANG, J., FANG, W., XU, C., XIONG, A., ZHANG, M., GOEBEL, R., BO, G. *Current Optical Sensing Applications in Seeds Vigor Determination. Agronomy*, 2023, nr. 13(4), p. 1167. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041167> - <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20230192257>
23. https://didactvega.md/wp-content/uploads/2023/10/PS-3201-Wireless-Temperature-Sensor-Manual.en_ro_.pdf
24. https://didactvega.md/wp-content/uploads/2023/10/PS-3208-Wireless-Co2-Sensor.en_ro_.pdf

Date despre autori:

Ana BÎRSAN, doctor, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-1696-080X

E-mail: ana.birsan@usm.md

Ion GANEA, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-9346-2575

Maria FRUNZĂ, doctor, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-3668-956X

Alina VLADINOVA, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0006-4974-4627

Costel GUTU, Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor.

ORCID: 0009-0005-2606-6002

Maria IACUBUȚĂ, Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor.

Silvia EVTODIEV, Didact Vega S.R.L.

Prezentat la 23.09.2024

CZU: 632.9

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_03](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_03)

ГИФОМИЦЕТ *LECANICILLIUM LECANII* ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ СОСУЩИХ ВРЕДИТЕЛЕЙ И ФИТОПАТОГЕНОВ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛИЦЫ

Татьяна ЩЕРБАКОВА,*Государственный Университет Молдовы*

Гифомицет *Lecanicillium lecanii* CNMN-FE-03 (2T20) проявляет высокую инсектицидную активность по отношению к бахчевой тле и акарицидную активность по отношению к обыкновенному паутинному клещу в условиях теплицы. Смертность бахчевой тли на 12-е сутки при концентрации рабочей суспензии 2×10^6 спор/мл составила 87,1%, при концентрации 1×10^7 спор/мл – 91,1%. Акарицидная активность на 12-е сутки при концентрации рабочей суспензии 2×10^6 спор/мл составила 86,7%, при концентрации 1×10^7 спор/мл – 92,8%. Гифомицет проявляет фунгицидную активность к широкому спектру возбудителей грибных болезней растений. В двойной культуре с патогенами на агаровой питательной среде образуются стерильные зоны радиусом 5-16 мм. Штамм может быть использован для получения биопрепарата для защиты растений от сосущих вредителей и комплекса фитопатогенов в условиях теплицы.

Ключевые-слова: гифомицет, штамм, инсектицидная, акарицидная, фунгицидная активности, *Lecanicillium lecanii*.

HYPHOMYCETE *LECANICILLIUM LECANII* FOR PLANT PROTECTION FROM SUCKING PESTS AND PHYTOPATHOGENS UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

The hyphomycete *Lecanicillium lecanii* CNMN-FE-03 (2T20) exhibits high insecticidal activity against melon aphids and acaricidal activity against common spider mites in greenhouse conditions. The mortality rate of melon aphids on the 12th day at a working suspension concentration of 2×10^6 spores/ml was 87,1%, and at a concentration of 1×10^7 spores/ml – 91,1%. Acaricidal activity on the 12th day at a working suspension concentration of 2×10^6 spores/ml was 86,7%, at a concentration of 1×10^7 spores/ml – 92,8%. The hyphomycete exhibits fungicidal activity against a wide range of pathogens of fungal plant diseases. Sterile zones of 5-16 mm were formed in a dual culture with pathogens on an agar nutrient medium. The strain can be used for biological product manufacturing in order to protect plants from sucking pests and a complex of phytopathogens in a greenhouse.

Keywords: hyphomycete, strain, insecticidal, acaricidal, fungicidal activity, *Lecanicillium lecanii*.

Введение

Практически во всех сельскохозяйственных производствах закрытого грунта комплекс особо опасных сосущих вредителей одинаков: обыкновенный паутинный клещ, несколько видов тлей, тепличная белокрылка, трипсы – все они полифаги, повреждают тепличные и оранжерейные культуры. Вредители характеризуются высоким биологическим потенциалом размножения и за пределами тепличных сооружений. Однако искусственно созданный тепличный микроклимат с благоприятными температурами, ограниченный видовой и сортовой набор культур, отсутствие севооборота, беспрерывное использование культивационного субстрата – все это дает возможность вредителям круглогодично воспроизводить потомство со стремительной скоростью. При этом недобор урожая может достигать 50% и более [1].

Для защиты тепличных культур от опасных вредителей применяют, в основном, химические пестициды. Однако использование химических средств защиты растений особо опасно в условиях закрытого грунта из-за высокой их стойкости и накопления токсических остатков в продуктах производства. Также остается открытым вопрос формирования резистентности популяций вредителей к применяемым токсикантам. Потеря чувствительности может быть достаточно быстрой - через год-два после на-

чала использования химиката интенсивность применения значительно возрастает в связи с низким эффектом [2].

Изучение биологических особенностей резистентных популяций вредителей показало более высокий темп размножения особей, формирующих эти популяции. Отмечается возможность длительного сохранения высоких показателей резистентности после прекращения химического пресса [3].

Защита растений от вредителей в закрытом грунте испытывает острый дефицит экологически безопасных и эффективных средств. Альтернативой химическим пестицидам являются биологические препараты на основе гифомицетов. Энтомопатогенные грибы рода *Lecanicillium* (бывший комплексный вид *Verticillium lecanii*) известны как природные патогены сосущих насекомых. Отдельные виды этих грибов (*L. muscarium*, *L. longisporum*, *L. lecanii*) нашли практическое применение: на основе спор и мицелия грибов *Lecanicillium* за рубежом известно около 20-ти наименований различных экологически безопасных *продуктов* для защиты растений от насекомых-вредителей (клещи, тля, щитовка, белокрылка, цикады) [4]. Кроме того, препараты на основе *Lecanicillium* способствуют усилению микробиологической активности почвы, что благотворно сказывается на устойчивости растений к болезням и повышению урожайности [5].

Цель настоящих исследований - определение инсектицидной, акарицидной и фунгицидной активности гифомицета *Lecanicillium lecanii* штамм 2Т20 по отношению к бахчевой тле, обыкновенному паутинному клещу и патогенам растений в условиях закрытого грунта.

Материал и методы

Исследования проводились в лабораторных условиях и экспериментальном тепличном блоке института Генетики, физиологии и защиты растений в 2020-2023 гг. Объект исследований – энтомопатогенный гриб *Lecanicillium lecanii* штамм 2Т20 – коллекционный номер в Национальной коллекции CNMN-FE-03, выделен из природной популяции оранжерейной белокрылки с последующим отбором методом пассажей через тест-насекомое. Проведено три пассажа через обыкновенного паутинного клеща (*Tetranychus urticae*) и три пассажа через бахчевую тлю (*Aphis gossypii*), штамм проявляет патогенность в отношении оранжерейной белокрылки (*Trialeurodes vaporariorum*).

В данных исследованиях энтомопатогенную активность гифомицета изучали на особях бахчевой тли и обыкновенного паутинного клеща.

Бахчевая тля *Aphis gossypii* Glov. повреждает клетки листьев и молодых побегов, высасывая из них сок. Пораженные листовые пластины и верхушки растений скручиваются, засыхают и отмирают, цветки и завязи опадают, побеги деформируются. В процессе питания тли выделяют сахаристые вещества - падь или медвяную росу. На этих выделениях поселяются сажистые грибы, покрывая поверхность листьев чёрным слоем, что существенно снижает интенсивность фотосинтеза и ухудшает товарные качества продукции. Тля – переносчик опасных вирусных заболеваний, чем усугубляется наносимый вред [1].

Обыкновенный паутинный клещ *Tetranychus urticae* (Koch.) - микроскопический вредитель, размер взрослой особи менее 1мм, имаго и личинки прокалывают эпидермис с нижней стороны листа и высасывают сок одновременно с зернами хлорофилла. Это приводит к нарушению процесса фотосинтеза, растения ослабевают, их иммунитет снижается, культура легко поражается грибковыми, бактериальными и вирусными инфекциями. При массовом заселении паутинным клещом растения покрываются характерной для данного фитофага паутиной. Вредитель обладает высокой живучестью: легко переносит зимовку, даёт до 24 поколений в год, быстро приобретает резистентность ко многим ядохимикатам. Ввиду микроскопических размеров трудно диагностируется, что облегчает его распространение с посадочным материалом, грунтом, на одежде персонала, потоками ветра [1].

Для установления морфологических характеристик культуру гифомицета *L. lecanii* выращивали на картофельно-декстрозном, картофельно-сахарозном, солодовом агаре и среде Чапека в чашках Петри в темноте при температуре 23-24°C.

Для определения инсектицидной активности по отношению к бахчевой тле и акарицидной по

отношению к обыкновенному паутинному клещу, штамм культивировали в жидкой сахарозно-меласной питательной среде в течение 96 часов на шейкере со скоростью вращения 180 оборотов в минуту при 24°C. По истечении периода культивирования у полученной суспензии определяли титр (количество спор в 1 мл) в камере Горяева. Затем суспензию доводили до необходимой концентрации 10^6 - 10^7 разбавлением водой и применяли против вредителей на растениях огурца гибрида *Mirabelle* в условиях теплицы. Обработку проводили ранцевым опрыскивателем объемом 10 л. Определяли смертность вредителей в сравнении с контролем и химическим эталоном *Vertimec* 018 EC [6]. Статистическую обработку результатов исследований проводили с помощью компьютерной программы на платформе ABC Pascal.

Фунгицидную активность штамма CNMN-FE-03 (2T20) по отношению к патогенам растений определяли на агаровых средах. Одной из задач исследований являлось выделение патогенных грибов, возбудителей болезней тепличных культур из плодов и пораженных частей растений и определение по отношению к ним антагонистической активности гриба *L. lecanii* методом встречных культур. По 1 блоку гифомицета и фитопатогена размещали в одной чашке Петри у стенок напротив друг другу, культивировали в течении 15 суток, определяли механизм антагонистического взаимодействия [7].

Результаты и обсуждения

Энтомопатогенный гифомицет *Lecanicillium lecanii* R. Zare & W. Gams (2001) впервые был описан в 1899 году (Zimmermann) как *Cephalosporium lecanii*, впоследствии был отнесен к роду *Verticillium* (Zimm.) Viegas (1939), в настоящее время утвержденным названием рода является *Lecanicillium*, к которому могут относиться изоляты *L. lecanii*, *L. attenuatum*, *L. longisporum*, *L. muscarium* или *L. nodulosum*. Энтомопатоген является представителем отдела *Ascomycota*, класса *Sordariomycetes*, отряда *Hypocreales*, семейства *Cordycipitaceae* [8].

Гифы гриба тонкие, прозрачные, септированные, конидиеносцы образуются из воздушных гиф, короткие прямостоячие, несут одну или две мутовки фиалид. В стелющихся конидиеносцах число мутовок может быть неограниченно. Фиалиды игловидные, суженные к вершине, расположены под острым углом на главной оси конидиеносца, по 2-5 штук в мутовке. На верхушке фиалид образуются конидиальные головки со склеенными в них конидиями. Конидии многочисленные, эллипсоидальные, одноклеточные, $2,5-3,5 \times 1-1,5$ мкм. Оптимальная температура для роста 21-24°C, при 33°C рост гриба отсутствует [8].

На питательных средах гифомицет растет медленно. На картофельно-декстрозном и картофельно-сахарозном агаре при посеве блоком образуются колонии белого цвета округлой формы, воздушный мицелий хорошо развит, пышный, пушистый, реверс бежевый. Колония достигает размера 80×80 мм через 4-5 недель. При посеве газом полное зарастание агаровой пластинки отмечено на 4-5 сутки.

На среде солодовый агар штамм образует белые колонии круглой формы, профиль выпуклый, консистенция бархатистая, край реснитчатый, обратная сторона коричневая. На 15-е сутки роста при температуре 24°C диаметр колонии достигает 35-45 мм, среду колонии не окрашивают, иногда выделяют экссудат, радиальная складчатость и зональность не выражена. Начало спороношения отмечено на 5-е сутки, обильное – на 10-15-е сутки.

На среде Чапека штамм образует белые колонии правильной округлой формы, мицелий белый, тонкий, ползучий, развит слабо.

В результате было отмечено, что для хранения культуры *L. lecanii* и лабораторных экспериментов можно использовать простые питательные среды: картофельно-декстрозный, картофельно-сахарозный или солодовый агары.

При инфицировании особей тли первые признаки поражения заметны на 5-6 сутки, насекомое чернеет, а вокруг него появляется белый ободок из мицелия гриба. На 10-12 сутки белый пушистый мицелий полностью покрывает тело вредителя и нередко распространяется на 2-4 мм за его пределы. Гифы гриба удерживают насекомое на листе растения (рис. 1, а, б).

При инфицировании паутинного клеща действие гриба проявляется аналогично действию на бахчевой тле, из-за микроскопических размеров вредителя наблюдения проводили в поле зрения микроскопа (рис. 1, с).

Рис. 1. Вредители огурца: а) – бахчевая тля до обработки, б) – бахчевая тля, обросшая мицелием гриба *L. lecanii* CNMN-FE-03 спустя 12 дней после обработки, с) – паутинный клещ в поле зрения микроскопа, $\times 100$, обрастание гифомицетом *L. lecanii*



Механизм паразитического действия энтомопатогенных грибов рода *Lecanicillium* состоит в следующем: образовавшиеся в конидиальных головках конидии имеют слизистую поверхность и хорошо прилипают к телу насекомого. После прилипания конидия прорастает и ростовая трубка внедряется в хитиновый покров, проникает в полость тела вредителя, образуя апрессории. В месте проникновения ростовой трубки синтезируются гидролитические ферменты (протеазы, липазы и хитиназы), участвующие в деградации кожных покровов. В полости тела в гемолимфе образуются гифальные тела – blastospores, которые токами крови разносятся по телу вредителя. В этот период гриб продуцирует токсины, приводящие хозяина к гибели, после чего происходит активная колонизация органов и тканей. В первую очередь гриб заселяет жировое тело, затем кишечник, мальпигиевы сосуды и остальные органы. После колонизации внутренних органов, гифы энтомопатогена прорастают на поверхность кутикулы насекомого и труп обрастает белым мицелием гриба *L. lecanii*. Для активного роста гифомицета и поражения вредителей необходима относительная влажность воздуха не менее 85% [8, 9, 10].

Для применения в условиях теплицы гриб культивировали в жидкой питательной среде на шейкере в течение 96 часов. У полученной суспензии определяли титр методом подсчета конидий в поле зрения микроскопа в камере Горяева, предварительно подготовив разведение водой 10^{-2} . По результатам подсчета титр составил $1,6 \times 10^9$ спор/мл.

После обработки растений огурца проведенные учеты показали высокую инсектицидную активность гриба *L. lecanii* CNMN-FE-03 по отношению к бахчевой тле. Смертность вредителя на 7-е сутки при концентрации рабочей суспензии 2×10^6 спор/мл составила 70,9%, при концентрации 1×10^7 спор/мл – 78,6%. На 12-е сутки смертность составила 87,1% и 91,1%, соответственно. В химическом эталоне гибель вредителя составила 100%, в контроле – не превышала 8,3% (табл. 1).

Таблица 1. Инсектицидная активность гриба *L. lecanii* CNMN-FE-03 (2T20) по отношению к бахчевой тле.

Вариант	Концентрация - л/га, Титр - спор/мл	Смертность по суткам, %	
		7-е сутки	12-е сутки
Контроль	-	5,0	8,3
Эталон <i>Vertimec</i> 018 EC	1,0	100	100

<i>L. lecanii</i>	2×10^6	70,9	87,1
<i>L. lecanii</i>	1×10^7	78,6	91,1
HCP _{0,05}		4,9	4,3

Обыкновенный паутинный клещ также проявил чувствительность к энтомопатогену *L. lecanii*. Акарицидная активность на 7-е сутки при концентрации рабочей суспензии 2×10^6 спор/мл составила 66,7%, при концентрации 1×10^7 спор/мл – 79,8%. На 12-е сутки смертность составила 86,7% и 92,8%, соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Акарицидная активность гриба *L. lecanii* CNMN-FE-03 (2T20) по отношению к обыкновенному паутинному клещу.

Вариант	Концентрация - л/га, Титр - спор/мл	Смертность по суткам, %	
		7-е сутки	12-е сутки
Контроль	-	4,0	8,0
Эталон <i>Vertimec</i> 018 EC	1,0	100	100
<i>L. lecanii</i>	2×10^6	66,7	86,7
<i>L. lecanii</i>	1×10^7	79,8	92,8
HCP _{0,05}		6,4	7,1

Полученные результаты свидетельствуют о проявлении штаммом *L. lecanii* CNMN-FE-03 высокой инсектицидной активности по отношению к бахчевой тле и акарицидной активности по отношению к обыкновенному паутинному клещу в условиях теплицы.

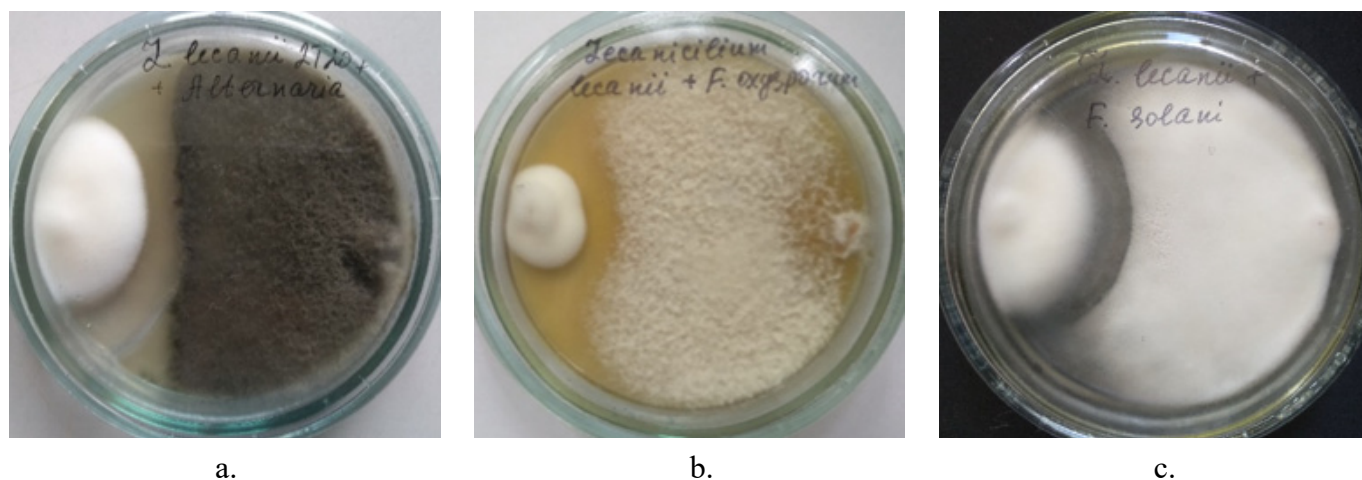
При определении фунгицидной активности штамма CNMN-FE-03 по отношению к патогенам тепличных растений методом встречных культур было установлено, что гифомицет *L. lecanii* проявляет антагонизм к некоторым патогенам и основным механизмом антагонистического взаимодействия с возбудителями болезней является антибиоз. Антибиоз – это процесс, при котором грибы-антагонисты синтезируют противомикробные метаболиты для уничтожения или подавления роста патогенных микроорганизмов без физического контакта. При антибиотическом антагонизме происходит замедление роста колонии патогена на некотором расстоянии от колонии антагониста и образуется зона, в которой рост патогена не наблюдается вследствие выделения антагонистом антибиотических веществ [7]. Зону подавления роста тест-культур измеряли в мм (табл. 3).

Таблица 3. Фунгицидная активность штамма *L. lecanii* CNMN-FE-03 (2T20) по отношению к фитопатогенам в двойной культуре.

Тест-культура		Зона подавления роста на 15-е сутки, мм
1	<i>Albifimbria verrucaria</i> (<i>Myrothecium</i>)	5±0,3
2	<i>Alternaria</i> sp.	16±0,4
3	<i>Ascochyta cucumis</i>	6±0,3
4	<i>Botrytis cinerea</i>	0
5	<i>Fusarium gibbosum</i>	14±0,4
6	<i>Fusarium graminearum</i> (зона лизиса)	14±0,6
7	<i>Fusarium oxysporum</i>	13±0,7
8	<i>Fusarium solani</i>	12±0,3
9	<i>Fusarium sporotrichioides</i>	12±0,8
10	<i>Fusarium verticillioides</i>	6±0,4
11	<i>Pythium</i> sp.	0
12	<i>Rhizoctonia solani</i>	0
13	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	6±0,3
14	<i>Thielaviopsis basicola</i>	8±0,6

Одними из постоянных патогенов тепличных культур являются грибы рода *Alternaria* Nees., поражают многие культуры, вызывая пятнистости: на стеблях томатов, листьях и плодоножках появляются пятна коричневого цвета, на плодах – сухие растрескивающиеся пятна. На листьях огурцов пятна могут покрывать половину листовой пластины, нарушается процесс фотосинтеза, замедляется формирование завязей и плодов. На листьях капусты образуются пятна коричневых цветов, середина пятен сохнет и крошится, в результате образуются сквозные отверстия. После уборки на хранение кочаны капусты начинают гнить [11, 12]. Исследования антифунгальной активности *L. lecanii* по отношению к изоляту *Alternaria* sp., выделенному из листьев томата, показали чувствительность патогена к антагонисту, диаметр стерильной зоны в двойной культуре составил 16 мм (табл. 3, рис. 2, а).

Рис. 2. Антифунгальная активность гифомицета *L. lecanii* по отношению к фитопатогенам тепличных культур: а) - *Alternaria* sp., б) - *Fusarium oxysporum*, в) - *Fusarium solani*



Fusarium oxysporum Schltdl. – возбудитель фузариозов, гнилей, трахеомикозного увядания многих культур. В условиях теплицы на огурце распространена специализированная форма *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* Gerlagh & W.J. Blok – возбудитель трахеомикоза огурца. Фузариозное увядание томатов вызывает *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* W.C. Snyder et H.N. Hansen, фузариоз лука - *F. oxysporum* f. sp. *cepae* (Schlecht.) Snyder et Hans. [12]. Патоген выделен из растения огурца, проявил чувствительность к *L. lecanii*, зона подавления роста составила 13 мм (табл. 3, рис. 2, б).

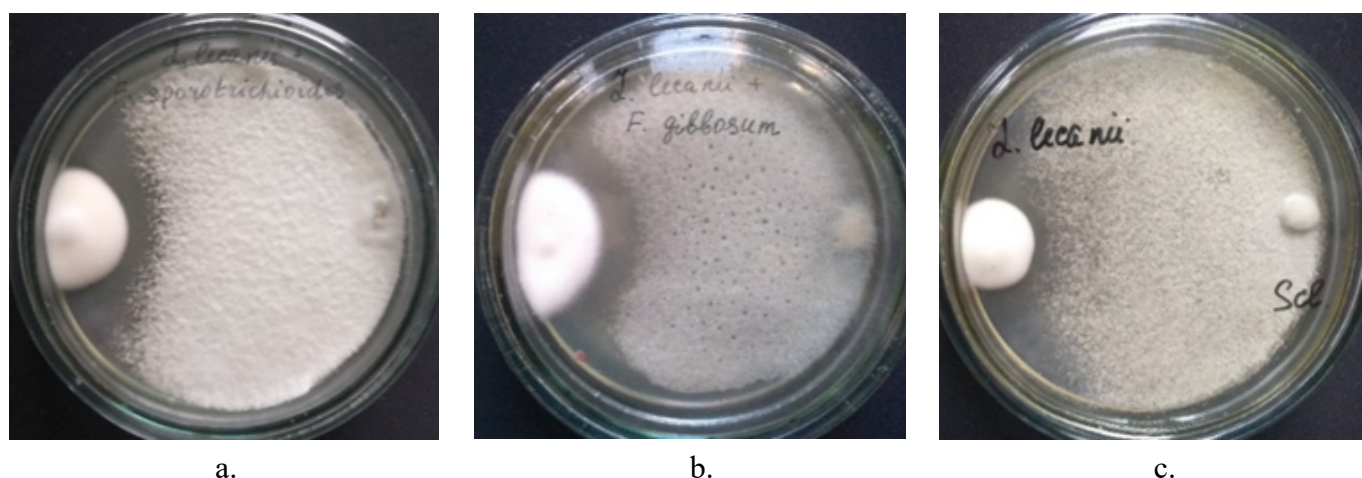
Fusarium solani (Mart.) Appel et Wr. – распространен повсеместно, возбудитель фузариозов многих культур: корневой гнили рассады огурца, корневой и прикорневой гнили стеблей огурца, фузариозного увядания томатов, перца, баклажан, картофеля. В двойной культуре с гифомицетом *L. lecanii* образует стерильную зону 12 мм (табл. 3, рис 2, с).

Fusarium sporotrichioides Sherb. – многоядный вид, поражает различные растения, в число которых входят овощные, технические, плодовые культуры, зерновые злаки, картофель, продуцирует микотоксины. Изолят выделен из плода сладкого перца, зона отсутствия роста с *L. lecanii* составила 12 мм (табл. 3, рис. 3, а).

Fusarium gibbosum Appel et Wr. является возбудителем фузариозов различных культур – составляет комплекс гнилей корневой и прикорневой частей растений огурца, гороха, сои, довсходовой гнили лука, сухой гнили клубней картофеля [12]. Выделен из прикорневой части растения огурца, зона отсутствия роста с *L. lecanii* составила 14 мм (табл. 3, рис. 3, б).

Возбудитель *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Vary вызывает заболевание белая гниль многих культур в закрытом и открытом грунте, оно входит в категорию наиболее опасных патологий растений. Инфекция развивается на любой части растения, значительно снижает урожайность. Патоген выделен из пораженной завязи огурца, зона отсутствия роста с *L. lecanii* составила 6 мм (табл. 3, рис. 3, с).

Рис. 3. Антифунгальная активность гифомицета *L. lecanii* по отношению к фитопатогенам тепличных культур: а) - *Fusarium sporotrichioides*, б) - *Fusarium gibbosum*, в) - *Sclerotinia sclerotiorum*.

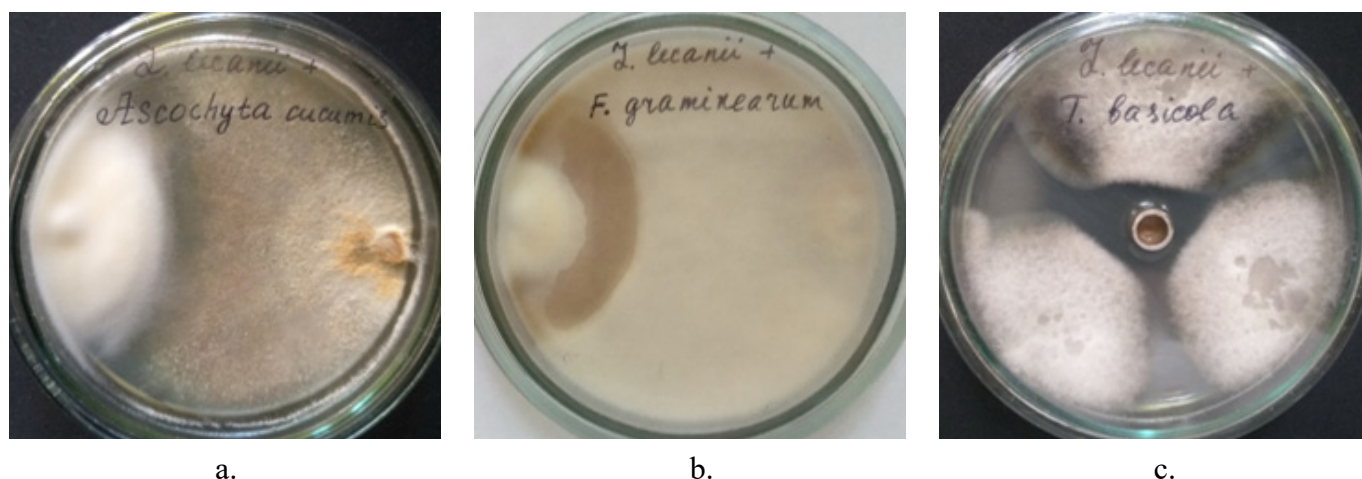


Ascochyta cucumis Fautr. et Roum. – возбудитель аскохитоза огурца, заболевание характерно для теплиц, симптомы проявляются на всех органах растения в период плодоношения: на стеблях и листьях образуются округлые, быстро разрастающиеся пятна, стебли растрескиваются и выделяют экссудат коричневого цвета, ткани мацерируются. Листья могут приобретать хлоротичную окраску, становятся желтыми или красными, теряют тургор и увядают. У пораженных плодов верхушка становится мягкой, в мякоти образуется пятно ржавого цвета в котором развивается бактериальная гниль, на больных органах образуется множество пикнид. Заболевание приводит к гибели растений, ухудшению качества плодов, доля нестандартной продукции увеличивается до 50% [12, 13]. Патоген выделен из растения огурца, зона отсутствия роста с *L. lecanii* составила 6 мм (табл. 3, рис. 4, а).

Fusarium graminearum Schwabe – на овощных является возбудителем фузариозной гнили плодов тыквенных культур [14]. При совместном росте с *L. lecanii* после смыкания колоний образуется зона лизиса 14 мм (табл. 3, рис. 4, б).

Thielaviopsis basicola (Berk. et Broome) Ferraris – возбудитель черной корневой гнили тыквенных культур, томатов, фасоли, рассады табака и махорки, вызывает массовое выпадение растений в парниках, составляет комплекс патогенов микозного увядания томатов [14]. Выделен из пораженной рассады томатов, в двойной культуре на агаризованной среде чувствительности к *L. lecanii* не проявил, а при определении фунгицидной активности жидкой культуры с титром $1,6 \times 10^9$ спор/мл методом диффузии в агар, образовавшиеся в процессе культивирования метаболиты сдерживали рост патогена с образованием стерильной зоны 8-10 мм (табл. 3, рис. 4, в).

Рис. 4. Антифунгальная активность гифомицета *L. lecanii* по отношению к фитопатогенам тепличных культур: а) - *Ascochyta cucumis*, б) - *Fusarium graminearum*, в) - *Thielaviopsis basicola*.



Albifimbria verrucaria (syn. *Myrothecium verrucaria*) – может поражать все части растений: на листьях образуются пятнистости, некротичные участки могут выпадать, образуя дырчатость, При поражении стеблей на черенках и верхушках могут образовываться водяные язвы, которые позднее становятся вдавленными сухими некрозами. При поражении сочных плодов (томаты) образуются вдавленности, кожа плода растрескивается, образуются язвы, плод гнивает. На твердых плодах (баклажан, огурец) образуются пятна, могут образовываться перетяжки, из-за чего плоды приобретают уродливую форму и выбраковываются. Семенная инфекция вызывает довсходовую и послевсходовую гибель проростков, стеблевую гниль, гибель точки роста, язвы на корнях. Грибы рода *Albifimbria* являются продуцентами макроциклических трихотеценовых микотоксинов [15]. Патоген выделен из семян огурца, зона отсутствия роста с *L. lecanii* составила 5 мм.

При определении фунгицидной активности *L. lecanii* по отношению к особо вредоносным патогенам *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani* и *Pythium sp.* образования стерильных зон не происходило, колонизации культур друг другом отмечено не было.

Как следует из полученных данных, гифомицет *L. lecanii* штамм CNMN-FE-03 (2T20) обладает высокой фунгицидной активностью против широкого спектра возбудителей грибных болезней растений: фузариозов, пятнистостей, трахеомикозного увядания, гнилей корней, стеблей и плодов.

Выводы

Гифомицет *Lecanicillium lecanii* CNMN-FE-03 (2T20) проявляет высокую инсектицидную активность по отношению к бахчевой тле и акарицидную активность по отношению к обыкновенному паутинному клещу в условиях теплицы. Смертность бахчевой тли на 12-е сутки при концентрации рабочей суспензии 2×10^6 спор/мл составила 87,1%, при концентрации 1×10^7 спор/мл – 91,1%. Акарицидная активность на 12-е сутки при концентрации рабочей суспензии 2×10^6 спор/мл составила 86,7%, при концентрации 1×10^7 спор/мл – 92,8%.

Гифомицет проявляет фунгицидную активность к широкому спектру возбудителей грибных болезней растений, в двойной культуре с патогенами на агаровой питательной среде образуются стерильные зоны радиусом 5-16 мм. Штамм может быть использован для получения биопрепарата для защиты растений от сосущих вредителей и комплекса фитопатогенов в условиях теплицы.

Литература:

1. АХАТОВ А. К., ИЖЕВСКИЙ С. С., МЕШКОВ Ю. И., БОРИСОВ Б. А., ВОЛКОВ О. Г., ЧИЖОВ В. Н. *Защита тепличных и оранжерейных растений от вредителей*. М: Товарищество научных изданий КМК. 2004, 307 с. ISBN 5-87317-161-0.
2. СУХОРУЧЕНКО Г. И. *Резистентность вредных организмов к пестицидам - проблема защиты растений второй половины XX столетия в странах СНГ*. В: *Вестник защиты растений*. №1, 2001, с. 18-37. ISSN 1727-1320.
3. ИВАНОВА Г. П., ВЕЛИКАНЬ В. С., КОРНИЛОВ В. Г., МАММАЕВА Н. Л. *Скорость формирования резистентности и ее реверсии в популяциях вредителей тепличных культур*. В: *Вестник защиты растений*, №1, 2002, с. 15-21. ISSN 1727-1320.
4. DE FARIA M. R., WRIGHT S. P. *Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types*. In: *Biol. Control*. 2007, 43(3), p. 237-256. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2007.08.001.
5. ASKARY H., YARMAND H. *Development of the entomopathogenic hyphomycete *Lecanicillium muscarium* (Hyphomycetes: Moniliales) on various hosts*. In: *Eur. J. Entomol.* 104: 2007, p. 67–72. ISSN 1210-5759.
6. *Îndrumări metodice pentru testarea produselor chimice și biologice de protecție a plantelor de dăunători, boli și buruieni în Republica Moldova*. Sub redacția ION LAZARI. Chișinău, Tipografia Centrală, 2002, 286 p. ISBN 9975-9597-3-3.
7. ЕГОРОВ Н. С. *Основы учения об антибиотиках*. М: «Наука». МГУ, 2004, 528 с. ISBN 5-211-04669-2.
8. ZARE R. and GAMS W. *A revision of *Verticillium* sect. *Prostrata*. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen. nov.* In: *Nova Hedwigia*. 2001, v. 73(1), p. 1-50. DOI: 10.1127/nova.hedwigia/71/2001/1

9. ПАВЛЮШИН В. А., НОВИКОВА И. И., БОЙКОВА И. В. *Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор)*. В: *Сельскохозяйственная биология*, 2020, т. 55, nr. 3, с. 421-438. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.421.
10. ЛЕДНЕВ Г.Р., ДОЛГИХ В.В., ПАВЛЮШИН В.А. Стратегии паразитизма энтомопатогенных микроорганизмов и их роль в снижении численности фитофагов. В: *Вестник защиты растений*. 2013, nr. 3, с. 3-17. ISSN 1727-1320.
11. ГАННИБАЛ Ф. Б. *Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода Alternaria*. Метод. пособие. С.-Петербург, 2011, 71 с.
12. АХАТОВ А. К. *Огурцы и томаты в теплицах. Приложение к журналу «Защита и карантин растений» № 2, 2011, 55 с.*
13. ГРИЦЕНКО В. В., СТРОЙКОВ Ю. М., ТРЕТЬЯКОВ Н. Н. *Вредители и болезни сельскохозяйственных культур: учеб. пособие под ред. Ю.М. Стройкова*. М.: Издательский центр «Академия», 2012, 224 с. ISBN 978-5-7695-9041-2.
14. БОГОУТДИНОВ Д. З., ФОМИНЫХ Т. С., КАСТАЛЬЕВА Т. Б., ГИРСОВА Н. В., ПАВЛОВСКАЯ Н. Е., ГАГАРИНА И. Н., МИШУРОВ Н. П., НЕМЕНУЩАЯ Л. А., ПИСКУНОВА Н. А. *Методы диагностики возбудителей заболеваний овощных культур: аналит. обзор*. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020, 116 с. ISBN 978-5-7367-1609-8.
15. НИКОЛАЕВА, С., МАРЖИНА, Л., НИКОЛАЕВ, А. *Патогенные свойства грибов рода Myrothecium Tode ex Fries. J. Studia Universitatis*. 2010, no. 1(31), p. 88-93. ISSN 1857-1735.

Примечание: Исследования проведены в рамках проекта Государственной Программы 011103 «Elaborarea mijloacelor ecologic inofensive de reducere a impactului organismelor dăunătoare ale culturilor agricole pe fondalul schimbărilor climatice».

Данные об авторе:

Татьяна ЩЕРБАКОВА, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт Генетики, Физиологии и Защиты Растений, Государственный университет Молдовы.

ORCID: 0000-0002-2632-325X

E-mail: tatiana.scerbacova@sti.usm.md

tscerb@gmail.com

Представлено 01.08.2024

INTRODUCEREA ȘI CERCETAREA PARTICULARITĂȚILOR BIOMORFOLOGICE ALE SPECIEI *PASSIFLORA INCARNATA* L. ÎN CONDIȚIILE GRĂDINII BOTANICE

Maricica COLȚUN, Alina BOGDAN,

„Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute), Moldova State University

Studiul este consacrat domeniului de introducere, aclimatizare, cercetare și valorificare a plantelor utile, care reprezintă surse nepuizabile de materii prime pentru industria de medicamente, cosmetică și cea alimentară. Pe plan mondial, una din plantele medicinale cu însușiri sedative promițătoare, cu un mare potențial adaptiv este specia *Passiflora incarnata* L., utilizată din antichitate în medicina tradițională a popoarele Americii de Sud și Nord, care poate fi cu succes cultivată în R. Moldova. Lucrarea este axată pe evaluarea particularităților biomorfologice a speciei *Passiflora incarnata* L., ciclul de vegetație, fructificarea și formarea semințelor mature viabile în condițiile țării noastre în scopul introducerii în cultură. Studiile au vizat cercetarea sub aspect sistematic, bioecologic, morfologic, fenologic și tehnologic. Cercetarea metodelor de multiplicare, evidențierea celor mai eficiente și a posibilităților de valorificare a speciei în diverse domenii ale economiei naționale.

Cuvinte-cheie: *pasiflora, introducere, rizomi, medicină naturistă, valorificare.*

INTRODUCTION AND RESEARCH ON THE BIOMORPHOLOGICAL FEATURES OF THE SPECIES *PASSIFLORA INCARNATA* L. UNDER THE CONDITIONS OF THE BOTANICAL GARDEN

The study is devoted to the field of introduction, acclimatization, research and valorization of useful plants, which represent inexhaustible sources of raw materials for the pharmaceutical, cosmetic and food industries. Worldwide, one of the medicinal plants with promising sedative properties, with great adaptive potential is the species *Passiflora incarnata* L., used since ancient times in the traditional medicine of the peoples of South and North America, which can be successfully cultivated in the Republic of Moldova. The work is focused on the assessment of the biomorphological peculiarities of the species *Passiflora incarnata* L., the vegetation cycle, fruiting and the formation of viable mature seeds in the conditions of our country for the purpose of introduction into culture. The studies focused on systematic, bioecological, morphological, phenological and technological research. Researching multiplication methods, highlighting the most effective ones and the possibilities of capitalizing the species in various fields of the national economy.

Keywords: *passionflower, introduction, rhizomes, herbal medicine, usage.*

Introduction

During prehistoric times, guided by instinct and luck, people began to identify plants to feed themselves and soothe their pain or heal some inflammations and wounds. Thus, knowledge about the properties of medicinal plants dates back to the most ancient times through evidence found in all civilizations.

The pedoclimatic conditions of the Republic of Moldova are favourable for the introduction and research of new, non-native species with useful properties for humans. The gene pool of the plant collections created and enriched over the years in the Botanical Garden testifies to this statement. Previous research made it possible to identify valuable species for the manufacture of medicines, cosmetic products and spices, opening up new possibilities in modern therapeutics. This has caused the rapid and explosive expansion of sources of plant raw material. Among the plant species researched in recent years, *Passiflora incarnata* L., also called passionflower, is of particular interest.

Passiflora incarnata L. (passionflower) native to North America is one of the plants used in folk medicine. Being a polymorphic species and with an impressive adaptive potential, its cultivation has been attempted in several countries in the temperate and Mediterranean area (Italy, Spain, Germany). Currently, it is

also widely cultivated in Europe, Asia, Africa and Australia, as a medicinal plant, food and as an ornamental shrub, for its spectacular flowers. As a medicinal plant, it is used against insomnia, epilepsy, persistent and severe states of anxiety. It has calming effects that induce sleep and relieve muscle spasms. Unlike synthetic sleeping pills, this plant induces restful sleep. Besides, *Passiflora* preparations are used to treat gastritis, colitis and neuralgia. Studies have shown that the presence of glycosides stimulates breathing and helps lower blood pressure. It is recommended for heart palpitations, asthma or menopausal disorders. The plant-derived product has papaverine-type spasmolytic action induced by flavonoids, sedative-tranquilizing and anticonvulsant action due to maltol and flavonoids. [4].

For this reason, it is intensively used in naturopathic medicine for nervous exhaustion and attention deficit disorders [1]. Passionflower baths have a calming effect and help relieve anxiety and insomnia. If applied locally, it helps to calm haemorrhoids. The food and beverage industry uses plant extract as flavouring. It is also popular in the cosmetic industry, as an ingredient in hair care (shampoos, conditioners) and body care products, especially for small children. The skin-care products containing passionflower extract products suitable for dry, cracked skin, having a strong emollient effect. They prevent dehydration and have anti-aging effect [2]. Passionflower has acclimatized to the conditions of the Republic of Moldova, and it is able to complete the entire cycle of development [3].

Materials and Methods

The seeds were received by International Seed Exchange from the „Pavel Covaci” Botanical Garden, Macea, Romania. The research was carried out during the years 2020-2023 in the Collection of aromatic plants, within the „Plant Resources” Laboratory. The plants were obtained from seeds.

The plants were grown in plots, on an open field with southern exposure, under ecologically balanced conditions, on a general agrotechnical background, where they were trained on special supports. Phenological observations were made according to the method elaborated by I.N. Beidemann, during the entire growing season [5]. Observations were made on the reaction of plants to late spring frosts, resistance to low temperatures, the influence of light intensity, insufficient and excess atmospheric precipitation, resistance of plants to diseases and pests.

Results and Discussions

Passiflora incarnata L. is a vine that grows up to 5 m long, with longitudinally striated, grey-purple stems with thin, smooth tendrils. The leaves are alternate, petiolate, glabrous, 3-lobed, with a finely serrated edge, the middle lobe being better developed, of intense, bright green colour. The flowers are long-pedunculated, white, large and fragrant, with pink or purple centre. The fruit is an ovoid, greenish-brown, edible and aromatic berry, with smooth surface and yellow, gelatinous pulp.

The received seeds were sown in the greenhouse, in the first days of April. The seeds germinated well at moderate humidity and temperature of +22+24°C, within 10-12 days. To speed up germination, the seeds can be scarified, by gently rubbing the seeds on both sides with sandpaper, until a change in colour is observed. In addition, they were placed in a glass of water for 24 hours, and the next day they were sown in a prepared substrate. After the appearance of the first buds, the plants needed to be exposed to rather strong light. At the end of May - the beginning of June, when the seedlings had reached 15-17 cm in height, the seedlings were transplanted in the field, in ordinary chernoziom. The formation of axial shoots with 6-7 new leaves was noted at the end of June. In the middle of July, the first buds appeared and the budding stage occurred. At the end of August, the flowering stage began (Figure 1.). We observed that the flowers opened in the morning, at 9-10 a.m. and closed after sunset. Full flowering occurred at the end of August. The beginning of the fruiting stage was observed in the middle of September. The showy flowers, the fragrance and the juicy fruits are characteristic of this plant (Figure 1).

The method of vegetative propagation by rooting cuttings was also tested. Passionflower has no dormant period, so cuttings can be taken at any time of the year, but spring is recommended. Thus, the shoots were cut at 4-5 cm below the bud, leaving 1-2 buds per shoot. Buds should be well developed, selecting the cuttings without any mechanical damage. Better results were obtained when the cuttings were taken from

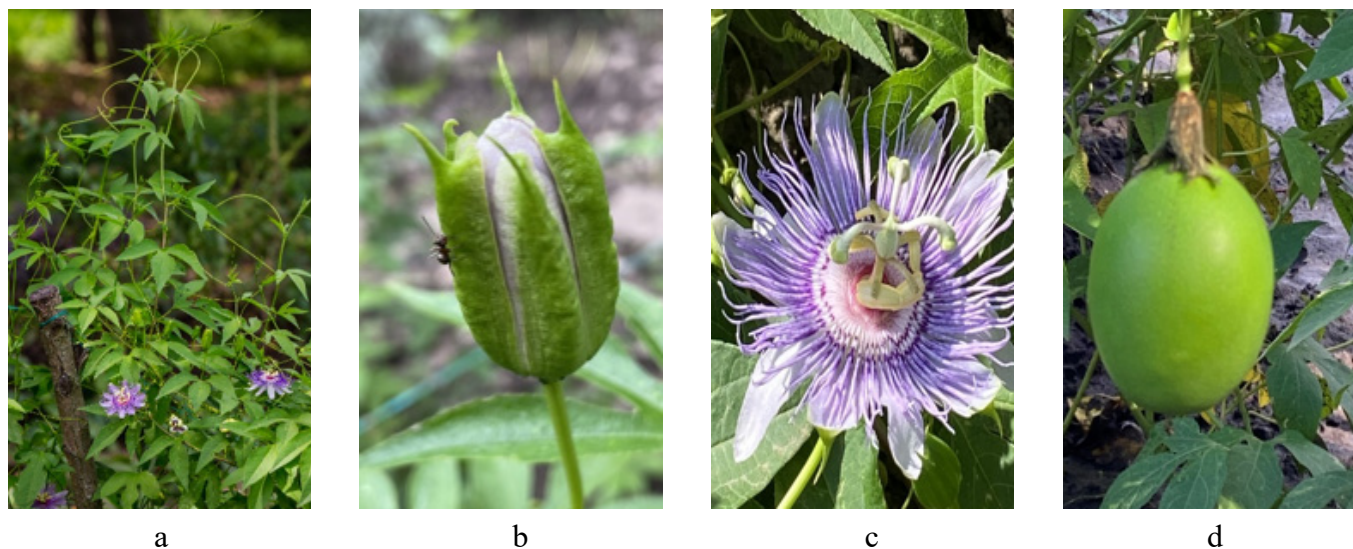
the middle of the shoot. For rooting, they were planted in the substrate at approximately 2-2.5 cm deep, the soil being moistened and covered with film. The rooting period lasted 25-35 days. When the roots appeared, after a period of acclimatization, the cuttings were transplanted into the field.

In the second year of vegetation, *Passiflora incarnata* plants emerged at the end of spring and grew rapidly, reaching under the climatic conditions of our country 3-5 m in a single season, but under its natural growth conditions it usually reaches 8-14 m. Most of the rhizomes during winter are located under the frozen layer of the soil. Most of those that remain on the surface freeze. The root system is initially a taproot, but if the plants are obtained through transplanted seedlings, after transplanting it becomes fibrous, developing under the root collar and from the nodes of the multiple rhizomes. The basal part of the stem becomes lignified, but the middle and apical part is herbaceous. The leaves are simple, long petiolate, 3-lobed or 5-lobed, deeply serrated. A tendril is formed on the opposite side of each leaf on the stem. The leaves are alternate, about 12-18 cm long. From mid-summer to late autumn, at the base of the stem, starting with the 5-7th leaf, at its axil, buds are produced (Figure 1.b), which within 9-14 days reach the full flowering stage. The flowers are solitary, bisexual, with a double calyx of 5 sepals each (Figure 1.c). It typically has creamy, lavender or pink-purple petals and corollas with filaments that appear daily and are sweetly scented. The ovary is superior, unilocular, from which the fruit develops – a yellowish-green berry (Figure 1.d). The fruits ripen at the end of October. The growing season of the plants obtained from seeds lasts for 200 days, and in the 2nd-3rd year of vegetation it may last up to 148 days. *Passiflora incarnata* L. needs sufficient light and abundant irrigation from early spring to late autumn. The plant needs constant spraying throughout the spring-summer period and it is necessary to protect the microdrops of water, which appear immediately after spraying, from direct sunrays.

To get a high yield, the flower must be pollinated with pollen from the flower of another plant. Therefore, it is necessary to grow as many plants as possible in the same area. Harvesting is carried out in the stages of full flowering (leaves) and fruit development (fruits). During this period, the plants form a biomass, which occupies the entire surface of the soil with growing shoots, with thick foliage and reproductive organs – from the buds to mature fruits. Harvesting is done by cutting the shoots at a height of 15-20 cm above the ground. Harvested plants are dried in the shade, in a ventilated room, at ambient temperature. Under the conditions of the Republic of Moldova, the structure of the harvest is about 55% leaves, 26% stems and 19% fruits at a single cut per season.

During the growing season, if necessary, the plants are irrigated and weeds are removed. In 2021, due to the large amounts of precipitation, the plants went through the entire development cycle without irrigation.

Figure 1. *Passiflora incarnata* L. plants: a) full flowering stage, b) bud, c) inflorescence d) fruit.



The research carried out demonstrates that the species *Passiflora incarnata* L, although it is native to subtropical and tropical regions, has a great adaptive potential and can be successfully cultivated under the climatic conditions of the Republic of Moldova, being propagated by seedlings, grown initially in the greenhouse,

and by rhizomes. Plants go through the entire development cycle, producing viable seeds. Rhizomes can serve as planting material for the creation of new plantations. In areas with subtropical climate, passionflower is mainly propagated by rhizomes. During the years 2020-2023, under the conditions of our country, the plants developed rhizomes located deep in the soil. In late autumn, the plants, being covered at the soil surface, did not freeze. In spring, the plants regenerate from the rhizome buds at a depth of 20 cm. The first plants sprout from the apical buds and usually occupy the free soil in rows and between rows. That is why, in the second and subsequent years of vegetation, passionflower spreads over the entire surface of the plot.

The research confirms that the species *Passiflora incarnata* L. is characterized by great vitality, strong regenerative abilities and fast growth. The plants are well adapted to the pedoclimatic conditions of our country and are highly appreciated for their chemical composition being recommended in cosmetics and medicine.

Conclusions

- The pedoclimatic conditions of the Republic of Moldova are favourable for the growth and development of the species *Passiflora incarnata* L. Observations on the seasonal rhythm have proven that the species has a stable type of phenological development. They are able to complete a full ontogenetic cycle.

- Plants can be propagated both vegetatively, by rhizomes and cuttings, and generatively, by seedlings grown in the greenhouse.

- The growing season of the plants obtained from seeds lasts 185-200 days, and – of 1-2-year-old plants lasts 142-150 days.

- The species *Passiflora incarnata* L. introduced and researched in the National Botanical Garden as a medicinal and ornamental plant, can serve as a source of native raw material for the production and diversification of the range of pharmaceutical and phytocosmetic products.

References:

1. CAROLE MINKER. *200 de plante care ne vor binele*. București: RAO, 2016, p. 300. ISBN 978-606-776-027-9
2. HERB CLIP. *Passionflower.*, „An Herbalist's View of Passionflower” *American Botanical Council*, Austin, Texas April 10, 1996.
3. URSULA STĂNESCU, MONICA HANCIANU, ANCA MIRON. *Plante medicinale de la A la Z. Monografii ale Produselor de Interes terapeutic*. Vol. II., Iași, 2004, p. 420. ISBN 973-7906-74-8.
4. БЕЙДЕМАН И. Н. *Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ*. Методические указания, Н., Изд-во «Наука», 1974.
5. MUSTEAȚĂ GRIGORE, *Pasiflora (Passiflora incarnata L.) în cultura de câmp în Republica Moldova*. Chișinău, 2014, Tip. Print-Caro. ISBN 978-9975-56-159-4.

Note: The research was carried out with the support of the Research Subprogram no. 010101 „Ex situ and in situ research and conservation of plant diversity in the Republic of Moldova”.

Date about authors:

Maricica COLȚUN, PhD in biological sciences, head of the „Plant Resources” Laboratory, „Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute), Moldova State University.

ORCID: 0000-0001-8470-3616

E-mail: 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 on 17.09.2024

CZU: 632.75(478)

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_05](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_05)

СЕЗОННЫЙ МОНИТОРИНГ ИНВАЗИВНОГО ВИДА HALYOMORPHA HALYS Stal. НА ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА

Мария ЗАВАТИН, Юлиана РУСУ, Тудор НАСТАС,
Государственный Университет Молдовы

Мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stal является одним из наиболее агрессивных инвазивных видов насекомых, представляющих серьёзную угрозу для сельскохозяйственных культур и декоративных растений в Европе и Северной Америке. В последние 5 лет он активно распространяется и на территории Республики Молдова, нанося ущерб как сельскому хозяйству, так и декоративным насаждениям. В рамках данного исследования был проведён сезонный мониторинг *Halyomorpha halys* на декоративных растениях. Основное внимание уделялось визуальному осмотру растений, таких как сирень (*Syringa spp.*) и айлант (*Ailanthus altissima* Mill), которые являются потенциальными хозяевами для этого вида. Регулярные осмотры растений выявляли имаго, нимф и яйцекладки, а также отслеживалась динамика численности в течение вегетационного периода. На сирени в июне-июле преобладали имаго, а с августа по сентябрь, в период развития III поколения и созревания семян, наблюдалось увеличение численности нимф. На айланте в первой декаде августа преобладали имаго (до 12 особей на одну ветку), тогда как во второй и третьей декаде августа доминировали нимфы всех возрастов.

Ключевые-слова: *Halyomorpha halys*, мраморный клоп, инвазивные виды, декоративные растения, мониторинг, имаго, Республика Молдова.

SEASONAL MONITORING OF THE INVASIVE SPECIES HALYOMORPHA HALYS Stal. ON DECORATIVE PLANTS IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

The brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* Stal is one of the most aggressive invasive insect species, posing a serious threat to agricultural crops and decorative plants in Europe and North America. Over the past five years, it has been actively spreading in the Republic of Moldova, causing damage to both agriculture and ornamental plantings. This study conducted seasonal monitoring of *Halyomorpha halys* on ornamental plants, focusing on visual inspections of plants such as lilac (*Syringa spp.*) and ailanthus (*Ailanthus altissima* Mill.), which are potential hosts for this species. Regular inspections of the plants revealed the presence of adults, nymphs, and egg masses, and tracked population dynamics throughout the growing season. On lilac, adults predominated from June to July, while from August to September, during the development of the third generation and seed maturation, there was an increase in nymph populations. On ailanthus, adults were dominant in the first ten days of August (up to 12 individuals per branch), whereas nymphs of all stages dominated during the second and third ten days of August.

Keywords: *Halyomorpha halys*, marble bug, invasive species, ornamental plants, monitoring, adults, Republic of Moldova.

Введение

Известно, что инвазивные виды представляют серьёзную угрозу для биоразнообразия и агроэкосистем во всём мире, оказывая негативное влияние на сельское хозяйство и экосистемы в целом [1]. Одним из опасных инвазивных видов является мраморный клоп *Halyomorpha halys*, также известный как коричнево-мраморный клоп. Изначально этот вредитель обитал в Восточной Азии (Япония, Китай, Корея), однако в связи с глобальными климатическими изменениями в последние десятилетия он широко распространился в Северной Америке и Европе [2]. В Европе *H. halys* впервые был обнаружен в 2007 году и его популяции быстро распространились в Италии, Швейцарии, Франции

и других странах [3]. Данный вредитель является широким полифагом, что означает его способность поражать большой спектр сельскохозяйственных культур и декоративных растений. Его вредоносность особенно высока для сельскохозяйственных культур, таких как фруктовые деревья, овощные и зерновые [4]. В последние годы *H. halys* был замечен и на декоративных растениях, где наносит значительный ущерб, снижая их декоративную ценность и нарушая эстетический облик зеленых насаждений в городах и селениях [5]. Декоративные растения играют ключевую роль в городском озеленении и ландшафтном дизайне. Повреждения, нанесённые клопом *H. halys*, могут ухудшить эстетическую ценность этих растений и стать источником экономических убытков для садовых хозяйств.

Республика Молдова, с её умеренно континентальным климатом и разнообразными сельскохозяйственными и декоративными растениями, представляет собой благоприятную среду для распространения коричнево-мраморного клопа *H. halys*. В 2019 году, этот инвазивный вид был впервые обнаружен и на территории Республики Молдова [6].

Целью данного исследования является проведение сезонного мониторинга инвазивного вида *H. halys* на декоративных растениях в условиях Республики Молдова. Исследование направлено на выявление численности популяции в сезонные динамики на декоративных растениях.

Материалы и методы исследований

Визуальный мониторинг - это важный и широко применяемый метод наблюдения за динамикой развития инвазивных видов вредителей, таких как *H. halys*, на декоративных растениях. Методология основана на регулярных осмотрах растений с целью выявления вредителя на различных онтогенетических стадиях развития, оценки его численности и степени повреждения растений в зависимости от фенологических фаз развития. В условиях Республики Молдова, где коричнево-мраморный клоп является угрозой для декоративных и сельскохозяйственных культур, визуальный мониторинг стал ключевым методом для своевременного обнаружения и оценки влияния данного вида [7]. В условиях Республики Молдова, где климатические условия благоприятны для развития *Halyomorpha halys*, мониторинг проводился регулярно в течение вегетационного сезона. Главными задачами метода являются:

- обнаружение взрослых особей, нимф и яйцекладок на растениях;
- оценка степени повреждения растений в результате питания клопа;
- сбор данных для анализа динамики популяции в зависимости от сезонных и климатических факторов.

Исследования проводились на опытных полях Института Генетики, Физиологии и Защиты Растений, а также в парковых и лесопосадочных зонах муниципия Кишинева. Учеты проводились раз в 7 дней, на протяжении всего вегетационного периода растений, начиная с апреля и до конца октября. Этот временной интервал выбран с учётом активности *H. halys*, которая усиливается с наступлением тёплого сезона и достигает пика в летний и осенний месяцы. В начале сезона основное внимание уделялось поиску кладок яиц и нимф ранних возрастов, которые сигнализируют о начале формирования первого поколения. Все выявленные яйцекладки собирались в пробирки для дальнейшего изучения в лабораторных условиях.

Для визуального мониторинга использовались стандартные энтомологические инструменты: лупа (увеличение 10x) для идентификации вида по характерным признакам, фотокамера для фиксации обнаруженных особей и повреждений на растениях.

Результаты и обсуждения

В связи с высокой вредоносностью инвазивного вида *H. halys*, с момента его обнаружения в Румынии и в Украине, мы проводили регулярный мониторинг вредителя на различных декоративных растениях. Первые экземпляры клопа *H. halys*, а именно личинки II-III возрастов, были обнаружены нами в августе 2019 г. на гибискусе (*Hibiscus syriacus* L.) на территории опытных полей Института Генетики, Физиологии и Защиты Растений (город Кишинев). В дальнейшем, в результате более

детального визуального наблюдения, данный вредитель был обнаружен нами и на других видах культурно-декоративных растений, таких как сирень (*Syringa*), айлант (*Ailanthus*), рябина (*Sorbus aucuparia*), шиповник (*Rosa canina*), шелковица (*Morus nigra*), гибискус (*Hibiscus rosa-sinensis*), на протяжении всего вегетативного периода 2023 года (рис.1).

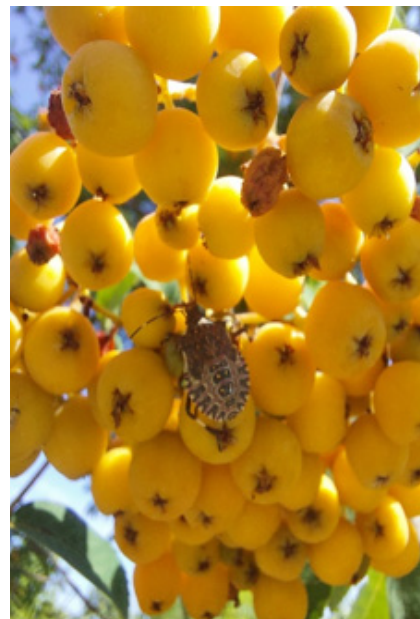
Рис. 1. Обнаружение инвазивного клопа *Halyomorpha halys* на декоративных растениях в условиях Республики Молдова: а. – сирень; б. – айлант; с. - рябина.



а.



б.



с.

В результате наблюдения нами было отмечено, что клопы предпочитают затененные участки крон, нижнюю сторону листьев, завязи плодов. Учитывая быструю реакцию имаго на тревожащие его факторы, для учетов имаго и обнаружения яйцекладок применялся визуальный осмотр, а для нимф, находящихся на том же растении, применялся метод стряхивания.

Для определения частоты встречаемости вредителя на декоративные виды растений таких как сирени, айланте, рябине, шиповнике, шелковице, гибискусе, на протяжении всего вегетационного периода нами проводились еженедельные маршрутные учеты по общепринятым методикам для многолетних растений – на 1 дерево/куст.

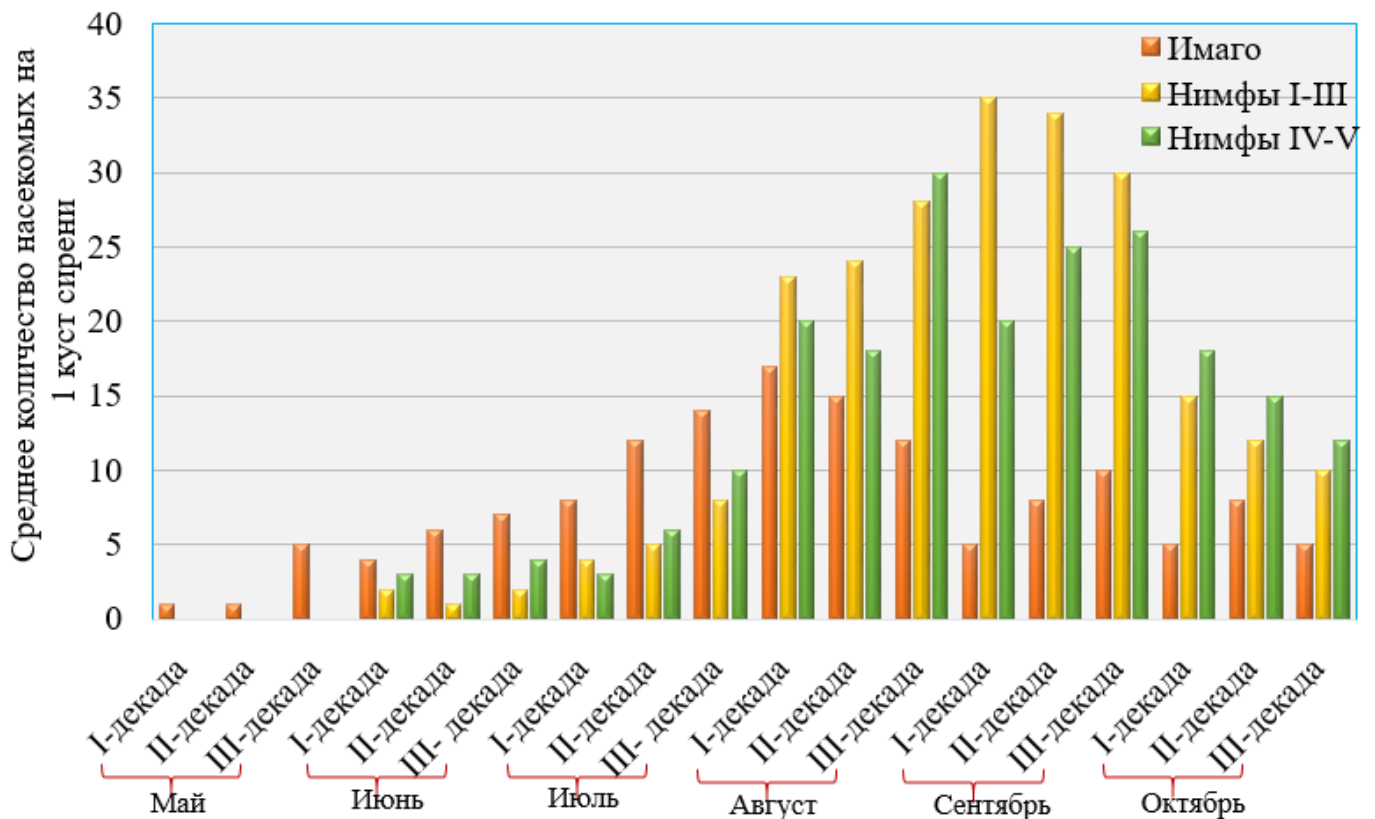
Сирень - это декоративное растение, принадлежащее к семейству Oleaceae. Данный вид растения широко распространен в ландшафте в Америке, Европе и Евроазиатской части. Этот род включает около 30 видов и 2300 сортов, которые растут в умеренных зонах по всему миру, в том числе и в Республике Молдова. По нашим наблюдениям, данное растение является одним из излюбленных растений-хозяев, которое вредитель активно использует для питания и откладки яйцекладок с ранней весны и до поздней осени. В качестве питания *H. halys* использует побеги, листья, плоды и семена сирени что приводит к их повреждению и деформации. Данное растение хорошо подходит как для основного, так и промежуточного источника питания на всех стадиях развития клопа *H. halys*. Полученные нами данные в ходе маршрутных учетов в сиреневый сад Ботанического сада институт «Alexandru Ciubotaru» г. Кишинев были отображены в рисунке 2.

Исходя из полученных данных были построены графики выявления клопа *Halyomorpha halys* на декоративных растениях. Из анализа полученных данных визуального мониторинга на сирени было обнаружено, что в периоде июнь- июль преобладает имаго, начиная с августа по сентябрь в период развития III поколения фаза созревания семян преобладает присутствие нимф младших и старших возрастов. Сирень является одним из любимых декоративных растений данного клопа, на котором проходит весь цикл жизнедеятельности (Рис. 3).

Рис. 2. Заселение кустов сирени клопом *Halyomorpha halys* на территории Ботанического сада «Alexandru Ciubotaru» г. Кишинев.



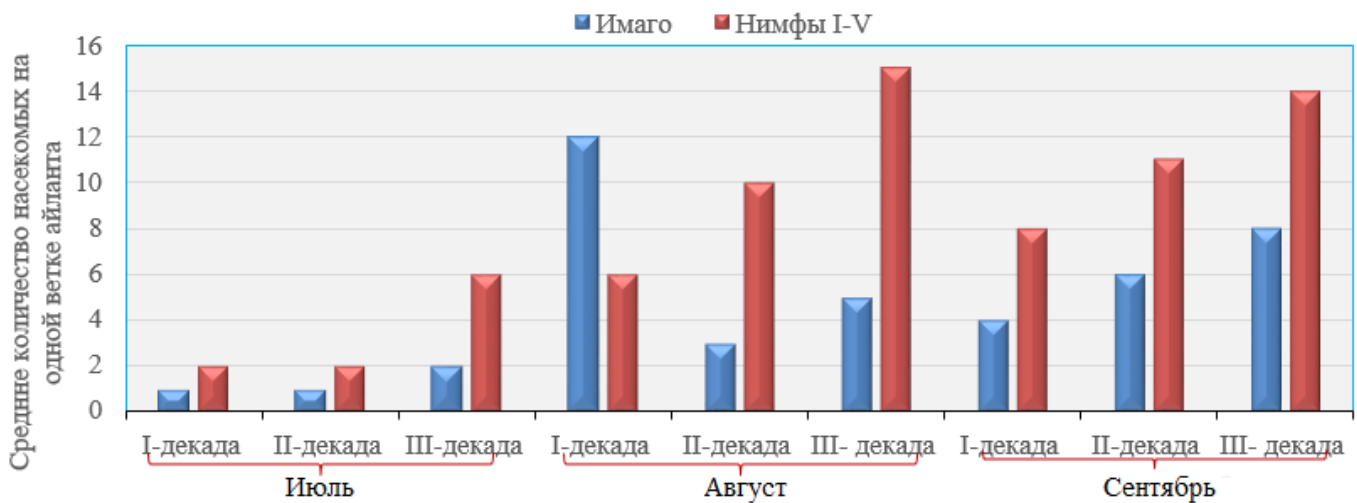
Рис. 3. Численность выявленных клопов *Halyomorpha halys* на сирени в зависимости от фазы вегетации.



Также, нами были обработаны данные по маршрутным учетам на декоративном дереве айлант. Исходя из полученных данных был построен график (Рис. 4).

Айлант (*Ailanthus*) - это быстрорастущее лиственное дерево, родом из Китая и Тайваня. Данное дерево обладает высокой устойчивостью к неблагоприятным условиям окружающей среды, включая загрязненные почвы, дефицит воды и высокие температуры. Айлант является одним из предпочтительных растений для мраморного клопа в его естественном ареале. Также айлант выполняет роль источника пищи и убежища для *H. halys*, особенно в периоды, когда основные сельскохозяйственные культуры недоступны для питания насекомого.

Рис. 4. Численность выявленных клопов *Halyomorpha halys* на айланте в зависимости от фазы вегетации.



Из анализа полученных данных визуального мониторинга на айланте было отмечено, что в периоде I декады августа преобладало имаго в количестве 12 имаго на 1 ветку, а начиная с II-III декад августа, период III поколения, преобладают нимфы всех возрастов. В период III декады августа на одной ветке айланта было обнаружено до 15 нимф. Также, было отмечено, что в сентябре преобладала большая численность нимф (до 14 нимф/ветке) различных возрастов. Так как айлант обеспечивает коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* пищей и местом для размножения, это способствует к быстрому увеличению численности популяции вредителя. Подавление численности данного инвазивного вида на территории Республики Молдова не изучен, поэтому требуется комплексный подход, включающего как методы химические, так и биологические.

Выводы

1. Из анализа полученных данных визуального мониторинга инвазивного вида *H. halys* на сирени было обнаружено, что в периоде июнь-июль преобладает стадия имаго, а начиная с августа по сентябрь (фазы созревания семян), в период развития III поколения, преобладают нимфы младших и старших возрастов;

2. Исходя из анализа полученных данных визуального мониторинга инвазивного вида *H. halys* на айланте было обнаружено, что в периоде с I декады августа преобладало имаго в количестве до 12 имаго на 1 ветку, а начиная со II-III декад августа, период III поколения, преобладали нимфы всех возрастов. В период III декады августа на одной ветке айланта было обнаружено в среднем до 15 нимф.

Литература:

- MACK R. N., SIMBERLOFF D., LONSDALE W. M., EVANS H., CLOUT M., BAZZAZ F. A. *Biotic invasions: Causes epidemiology global consequences and control. Ecological Applications* 2000, 10(3), 689-710. DOI: 10.2307/2641039
- HOEBEKE E. R., CARTER M. E. *Halyomorpha halys: An Asian bug threatening agriculture in the USA. Invasive Species Bulletin*, 2003, 7, 45-50.
- WERMELINGER B., WYNIGER D., FORSTER B. *First records of Halyomorpha halys in Switzerland: an invasive species with potential for economic damage. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 2008, 81(1), 1-8. https://www.zobodat.at/pdf/BEF_16_0126-0129.pdf
- LESKEY T. C., HAMILTON G. C., NIELSEN A. L., POLK D. F., RODRIGUEZ-SAONA C., BERGH J. C. *Pest status of the brown marmorated stink bug, Halyomorpha halys in the USA. Outlooks on Pest Management*, 2012, 23(5), 218-226. DOI: 10.1564/23oct07

5. RICE K. B., BERGH J. C., BERGMANN E. J., BIDDINGER D. J., DIECKHOFF C., DIVELY G. *Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Halyomorpha halys)*. *Journal of Integrated Pest Management*, 2014, 5(3), 1-13. DOI: 10.1603/IPM14002
6. DERJANSCHI V., CHIMIȘLIU C. *Ploșnița marmorată Halyomorpha halys (Stal, 1855) (Heteroptera, Pentatomidae) - specie alogenă invazivă nouă în fauna Republicii Moldova*. *Buletin Științific. Revistă de Etnografie, Științele Naturii și Muzeologie*, 30(43), 2020, p. 18-22. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/104789.
7. RUSU, Iu., NASTAS, T., ELISOVETCAIA, D. *Influence of fecundity of female brown-marble stink bug Halyomorpha halys Stal (1855) on the rate of development of the population in general*. *Rev. Scientific Studies and Researches*, Biology series. Indexată pentru 5 baze de date internaționale (Thomson, Ebsco, Proquest, Copernicus). Universitatea V. Alecsandri, Bacău, 2023, p. 72-75.

Notă: Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramului 011103 Elaborarea mijloacelor ecologic inofensive de reducere a impactului organismelor dăunătoare ale culturilor agricole pe fundalul schimbărilor climatice, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării.

Date despre autori:

Maria ZAVATIN, cercetător științific stagiar, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 000-0001-2877-7757

E-mail: maria.zavatin@sti.usm.md
maria.zavatin4@gmail.com

Iuliana RUSU, doctorand, cercetător științific, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-6551-0955

E-mail: julianarusu@gmail.com
iuliana.rusu@sti.usm.md

Tudor NASTAS, doctor habilitat în științe biologice, conf. cerc., șef de laborator, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-0322-710X

E-mail: tudor.nastas@sti.usm.md

Prezentat la 30.09.2024

CZU: 582.24

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_06](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_06)

SELECTAREA CONDIȚIILOR OPTIME DE CULTIVARE A TULPINII DE FUNGI TRICHODERM ATROBRUNEUM

Cristina MOLDOVAN, Tamara SÎRBU,

Universitatea Tehnică a Moldovei

Agricultura este o ramură principală a economiei Republicii Moldova, de care este dependentă bunăstarea oamenilor, dar care este sub o amenințare constantă datorită condițiilor meteorologice variabile, cât și a dăunătorilor. Principala armă împotriva dăunătorilor rămân a fi pesticidele chimice, dar o alternativă ecologică pentru rezolvarea acestei probleme sunt preparatele microbiene, care sunt folosite ca metode de control biologic. Unul dintre cei mai buni agenți biologici folosiți în prezent în agricultură sunt micromicetele din genul *Trichoderma*. Aceste micromicete sunt eficiente împotriva unei game largi de agenți fitopatogeni și sunt folosite ca biofungicid, precum și ca biofertilizant, dar și ca stimulatori ai productivității plantelor. Cercetările noastre au demonstrat de asemenea că tulpina *Trichoderma atrobruneum* CNMN FD 25 posedă proprietăți antimicrobiene semnificative și ar putea fi utilizată în calitate de biocontrol al plantelor agricole.

Cuvine-cheie: *Trichoderma*, agricultură ecologică, potențial antimicrobian, cultivare, mediul nutritiv, temperatura și durata de cultivare, control biologic.

SELECTION OF OPTIMAL CONDITIONS FOR GROWING FUNGI STRAIN TRICHODERM ATROBRUNEUM

Agriculture is the main branch of the Republic of Moldova, on which the well-being of people depends, but which is under constant threat due to variable weather conditions, as well as pests. The main weapon against pests remains chemical pesticides, but an environmentally friendly alternative to solving this problem are microbial preparations, which are used as methods of biological control. One of the best biological agents currently used in agriculture are micromycetes of the genus *Trichoderma*. These micromycetes are effective against a wide range of phytopathogenic agents and are used as a biofungicide, as well as a biofertilizer, but also as stimulants of plant productivity. Our research has also demonstrated that the *Trichoderma atrobruneum* CNMN FD 25 strain possesses significant antimicrobial properties and could be used as biocontrol of agricultural plants.

Keywords: *Trichoderma*, organic farming, antimicrobial potential, cultivation, nutrient medium, temperature and duration of cultivation, biological control.

Introducere

În timpul creșterii culturile sunt expuse la numeroase boli cauzate de microorganisme patogene, care pot contribui la reducerea nivelului anual global al producției alimentare. Fungii reprezintă cele mai frecvente cauze ale bolilor plantelor. Cei mai periculoși sunt reprezentanții genurilor: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Penicillium*, *Monilinia*, *Rhizopus*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Geosporium*, *Sclerotinia* ș.a. În rezultatul selectivității ridicate pesticidele prezintă un efect toxic asupra mediului, iar reziduurile lor din alimente reprezintă o amenințare pentru siguranța sănătății consumatorilor. Folosirea lor greșită poate duce la reducerea fertilității solului, a apei de suprafață, eutrofizarea și poluarea apelor subterane. Având în vedere această situație, oamenii de știință caută metode noi și mai sigure de protecție a plantelor [1-3].

În procesul tradițional de cultivare a culturilor, utilizarea excesivă a pesticidelor și îngrășămintelor chimice, precum și plantarea pe termen lung la scară largă a unei singure culturi, a dus la distrugerea mediului ecologic al terenurilor agricole, boli ale plantelor, probleme cu dăunătorii insectelor, reziduurile de pesticide din culturi și poluarea solului și a apei. Odată cu dezvoltarea agriculturii ecologice, oamenii caută urgent măsuri sigure, eficiente și ecologice de control al bolilor plantelor. Controlul biologic este utilizat în principal pentru a controla bolile plantelor și pentru a reduce eficient aplicarea de îngrășămintă chimice și pesticide, utilizând microorganisme benefice [4-6].

Diverse microorganisme au fost folosite încă de la începutul civilizației în procesele agricole și industriale. În prezent în literatura de specialitate sunt prezentate numeroase cercetări care în practică au demonstrat că, cu ajutorul microorganismelor vii se poate monitoriza fertilitatea și productivitatea solurilor. Atât microorganismele vii, cât și metaboliții acestora pot fi utilizați ca agenți de control biologic, care controlează populația de agenți patogeni ai plantelor [4, 5]. Cea mai bună soluție pentru a depăși aceste probleme este aplicarea controlului biologic prin utilizarea *Trichoderma* spp. în protecția plantelor. *Trichoderma* spp. suprimă în mod semnificativ creșterea microorganismelor patogene și reglează rata de creștere a plantelor. Lucrările recente au arătat că astfel de boli, cum ar fi boala putregaiului rădăcinii, amortizarea, ofilirea, putregaiul de fructe și alte boli ale plantelor pot fi controlate de *Trichoderma* spp. [6-13].

Genul *Trichoderma* include microorganisme care trăiesc în sol fiind prezente în aproape toate tipurile de sol din întreaga lume și sunt adesea văzute ca simbioți de plante, saprotrofe și micoparaziți. Speciile *Trichoderma* posedă capacități endosimbiotice avansate, permițându-le să sprijine gazdele plantelor, să se adapteze competitiv la mediile microbiene și să colonizeze o gamă largă de ecosisteme ale solului, astfel fiind ideale pentru a restabili mediul și a stimula productivitatea plantelor [14]. Se estimează că în prezent aproximativ 60% din biofungicidele utilizate pentru eliminarea agenților patogeni fungici sunt produse pe baza de *Trichoderma* sp. *Trichoderma* nu este doar omniprezentă în mediul înconjurător și este ușor de izolat, dar poate fi și înmulțită cu ușurință în condiții controlate pe o varietate de substraturi și poate fi păstrată timp de mai multe luni fără a-și pierde viabilitatea și proprietățile [15, 2].

Astfel, tulpinile din genul *Trichoderma* reprezintă un interes sporit pentru agricultură fiind utilizat pe scară largă ca agent de biocontrol al plantelor, sunt capabile să promoveze aplicații agricole ecologice și durabile. Studiarea acțiunii antimicrobiene a tulpinilor din genul *Trichoderma*, cât și selectarea condițiilor optime de cultivare este o temă relevantă și necesară pentru a dezvolta agricultura ecologică din Republica Moldova.

Materiale si metode

Ca obiect de studiu a servit tulpina *Trichoderma atroviride* CNMN FD 25 selectată în rezultatul screeningului efectuat în baza a 6 tulpini de fungi cu potențial antimicrobiat semnificativ, față de fitopatogenii: *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Agrobacterium tumefaciens* (*Rhizobium radiobacter*) 8628, *Bacillus subtilis* B-117, *Clavibacter michiganensis* (*Corynebacterium michiganense*) 13a, *Erwinia carotovora* (*Pectobacterium carotovorum*) 8982, *Xanthomonas campestris* 8003. Activitatea antimicrobiană a fost determinată prin metoda blocurilor de geloză [16].

Activitatea antimicrobiană a fost testată asupra acestor patogeni deoarece sunt considerați agenți patogeni la numeroase culturi agricole provocând boli severe și pierderi colosale a culturilor agricole din Republica Moldova.

Au fost selectate condițiile optime de cultivare a tulpinii *Trichoderma atroviride* CNMN FD 25: mediul nutritiv de cultivare, pH-ul mediului, temperatura și durata de cultivare.

Pentru a selecta mediul nutritiv optim de cultivare a tulpinii *Trichoderma atroviride* au fost testate mediile nutritive:

- **Martor** glucoză – 30,0; NaNO_3 – 1,0; KH_2PO_4 – 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 1,0; CaCO_3 – 1,0; apă distilată până la 1 litru

- **Mediul (M1) (g/l):** glucoză – 30,0; NaNO_3 – 1,0; KH_2PO_4 – 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 1,0; CaCO_3 – 2,0; extract de porumb -10 gr; apă distilată până la 1 litru; pH inițial – 6,0 - 6,2.

- **Mediul (M2) (g/l):** glucoză – 30,0; NaNO_3 – 1,0; KH_2PO_4 – 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 1,0; CaCO_3 – 2,0; extract de drojii -10 gr; apă distilată până la 1 litru; pH inițial – 6,0 - 6,2.

- **Mediul (M3) (g/l):** glucoză – 30,0; NaNO_3 – 1,0; KH_2PO_4 – 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 1,0; CaCO_3 – 2,0; melasă de sfeclă - 20,0; apă distilată până la 1 litru; pH inițial – 6,0 - 6,2.

Cultivarea s-a efectuat timp de 6 zile, la temperatura de 28-30°C, pe agitator cu 160-180r/min.

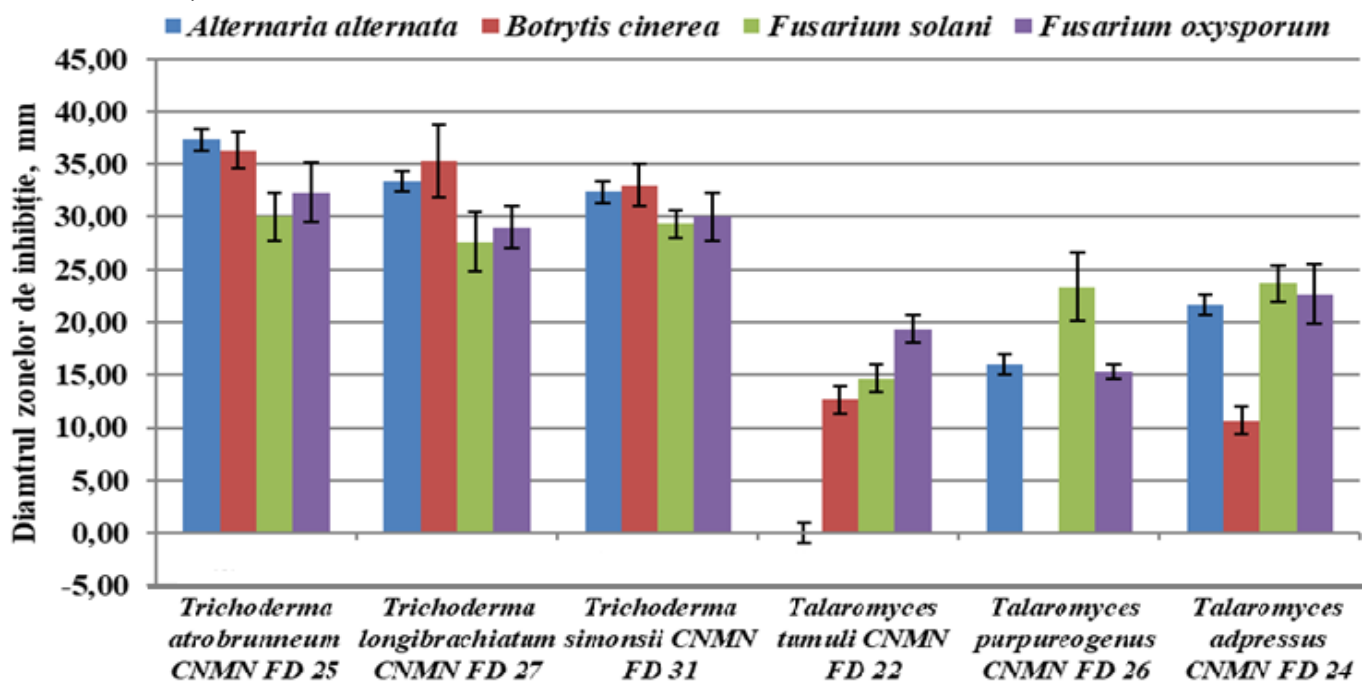
Au fost testate valorile pH-ului inițial al mediului nutritiv: 5,8 - 6,0; 6,0 - 6,2; 6,2 - 6,4; 6,4 - 6,6; 6,6 - 6,8. Pentru a afla temperatura optimă de cultivare a tulpinii *Trichoderma atrobruneum* CNMN FD 25 au fost testate trei regimuri de temperatură (°C): 28-30, 26-28, 30-32. Activitatea antifungică a fost determinată după 5 zile, 6 zile și 7 zile.

Experiențele au fost efectuate în 3 repetări. Prelucrarea statistică a datelor a fost efectuată cu ajutorul programului MS Office Excel 2010.

Rezultate și discuții

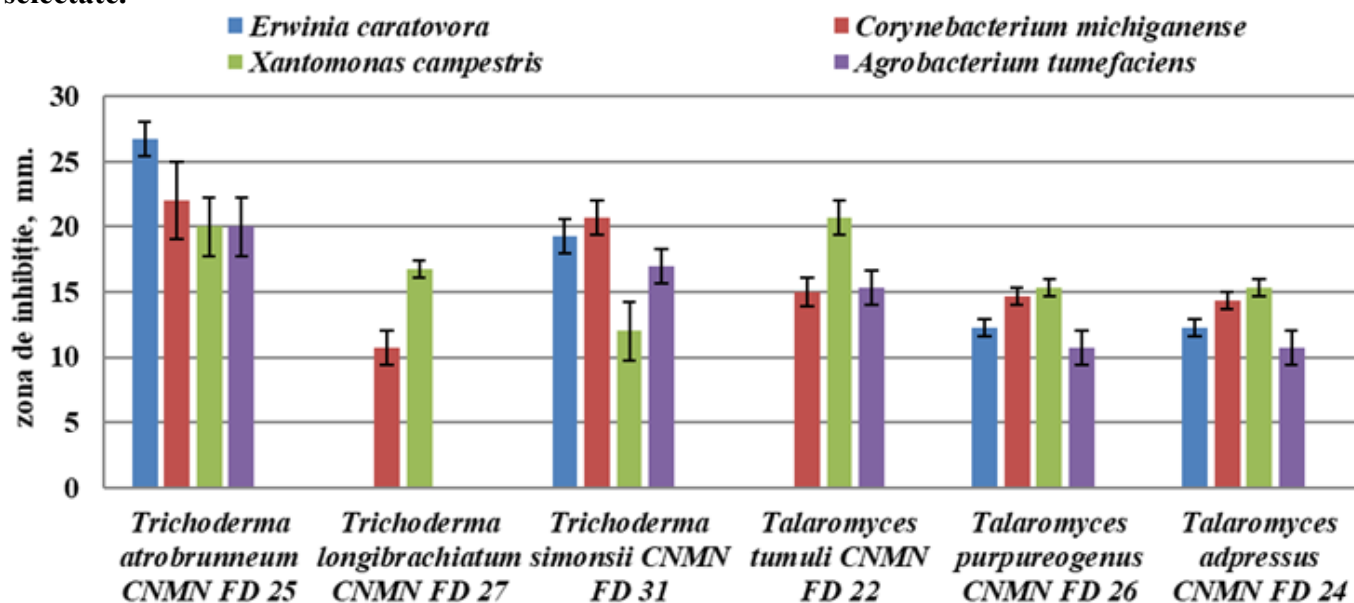
A fost efectuat screeningul din 6 tulpini fungice după capacitățile antimicrobiene: 3 tulpini din genul *Trichoderma*: *T. atrobruneum* CNMN FD 25; *T. longibrachiatum* CNMN FD 27; *T. simonsii* CNMN FD 31 și 3 tulpini din genul *Talaromyces*: *Tal. tumuli* CNMN FD 22; *Tal. purpureogenus* CNMN FD 26; *Tal. adpressus* CNMN FD 24. În rezultatul screeningului efectuat s-a demonstrat că tulpinile testate posedă sensibilitate diferită față de fitopatogenii: *A. alternata*; *B. cinerea*; *F. solani*; *F. oxysporum* (Fig. 1). Astfel, față de *Alternaria alternata* posedă activitate înaltă 5 tulpini din 6, doar tulpina *Tal. tumuli* CNMN FD 22 nu a inhibat creșterea și dezvoltarea acestui patogen. Zonele de inhibiție față de acest patogen variind între 30 – 40 mm. Tulpinile selectate au manifestat activitate sporită de asemenea, față de patogenii *Botrytis cinerea*, *Fusarium solani* și *Fusarium oxysporum* cu zone de inhibiție până la 38 mm. Față de *Botrytis cinerea* nu a manifestat sensibilitate doar tulpina *Tal. purpureogenus* CNMN FD 26. Cele mai mari zone de inhibiție față de patogeni s-a evidențiat la tulpina *T. atrobruneum* CNMN FD 25 cu zone de inhibiție cuprinse între 30-38 mm, iar cea mai slabă sensibilitate a manifestat tulpina *Tal. tumuli* CNMN FD 22 cu zone de inhibiție pînă la 20 mm.

Figura 1. Zonele de inhibiție a fungilor fitopatogeni sub acțiunea metaboliților tulpinilor de *Trichoderma* și *Talaromyces*.



Spre deosebire de activitatea antifungică tulpinile selectate posedă o activitate antibacteriană mai scăzută (Fig. 2). Tulpinile selectate au manifestat antagonism ridicat față de patogenii *C. michiganense* și *E. carotovora* cu zone de inhibiție de până la 25 mm, iar tulinile *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 și *Tal. tumuli* CNMN FD nu au manifestat antagonism față de patogenul *E. carotovora*. O activitate mai scăzută au avut tulpinile față de patogenii *C. miciganece* și *A. tumefaciens*, zonele de inhibiție au atins maxime de 22 mm, cu excepția tulpinii *T. longibrachiatum* CNMN FD 27 care nu a manifestat antagonism față de acest fitopatogen. Cel mai activ față de bacteriile fitopatogene s-a manifestat tulpina *T. atrobruneum* CNMN ED 25.

Figura 2. Sreeningul micromicetelor după prorietațile antibacteriene pe care le posedă tulpinile selectate.

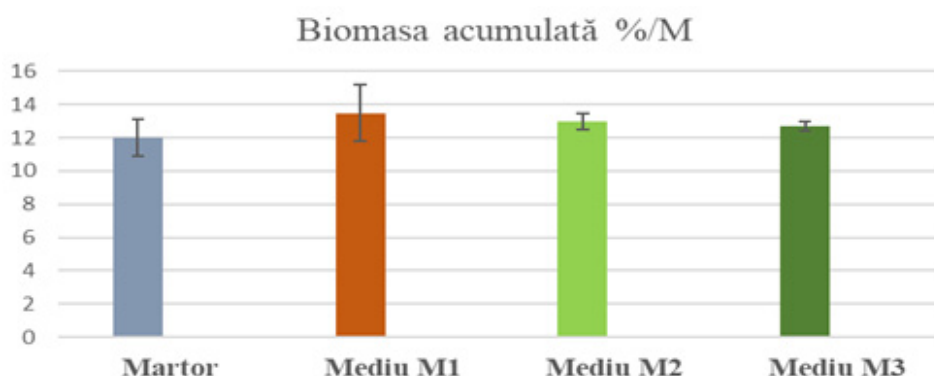


În rezultatul screeningului efectuat a fost selectată tulpina *Trichoderma atrobrunneum* CNMN FD 25, care posedă activitate antimicrobiană sporită față de toți fitopatogenii testați.

Pentru a selecta mediul optim de cultivare a tulpinii *Trichoderma atrobrunneum* CNMN FD 25 aceasta a fost cultivată pe mediul nutritiv cu compoziția (g/l): glucoză – 30,0; NaNO₃ –1,0; KH₂PO₄ – 1,0; MgSO₄·7H₂O –1,0; CaCO₃ – 1,0; apă distilată până la 1 litru și 3 variante ale acestui mediu suplimentate cu: extract de drojdie; extract de porumb sau melasă, timp de 5 zile, 6 zile și 7 zile, la temperatura de 28-30°C, pe agitator cu 160-180r/min.

În rezultatul experienței s-a stabilit că extractul de drojdie, extractul de porumb și melasa de sfeclă influențează pozitiv asupra creșterii tulpinii *T. atrobrunneum* CNMN FD 25, indiferent de durata de cultivare. Cele mai bune rezultate au fost obținute după 6 zile de cultivare (Fig. 3).

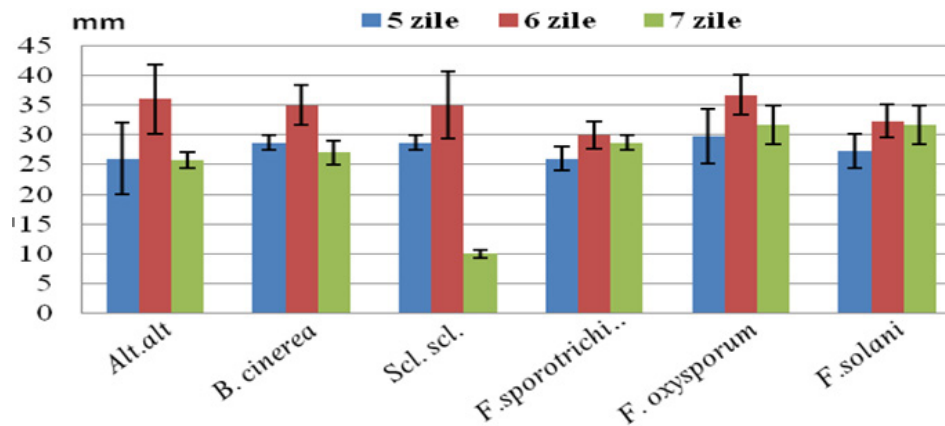
Figura 3. Acumularea biomasei la cultivarea submersă a tulpinii *T. atrobrunneum* CNMN FD 25 pe diferite medii nutritive după 6 zile de cultivare.



Astfel, asupra aculării biomasei cel mai nesemnificativ a influențat mediul suplimentat cu melasă de sfeclă, după 6 zile de cultivare, acumularea biomasei tulpinii fiind cu 6 % mai mare decât în varianta martor. În mediul suplimentat cu extract de porumb biomasa acumulată a depășit martorul cu 8 %, iar cele mai bune rezultate s-au obținut în cazul mediului suplimentat cu extract de drojdie, acumularea biomasei depășind martorul cu 12 %.

Soluțiile de metaboliți obținute după 5, 6 și 7 zile de cultivare a tulpinii în mediul cu extract de drojdie au fost testate asupra fitopatogenilor: *A. alternata*, *B. cinerea*, *Scl. sclerotiorum*, *F. sporotrichiela*, *F. oxysporum* și *F. solani* (Fig 4).

Figura 4. Zonele de inhibiție a fitopatogenilor sub acțiunea soluției de metaboliți ai tulpinii *Trichoderma atrobruneum* în mediul suplimentat cu extract de drojdie în dependență de durata de cultivare.

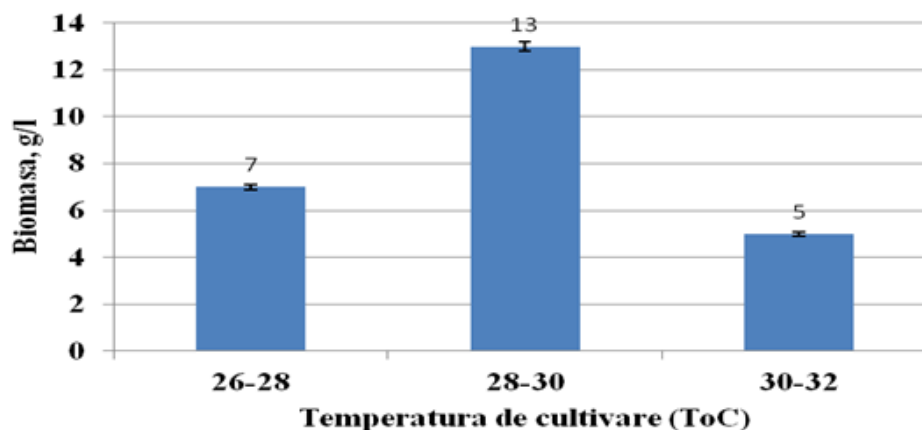


Tulpina *T. atrobruneum* CNMN FD 25 a manifestat antagonism față de toți patogenii menționați, zonele de inhibiție față de patogeni variază între 25 – 38 mm. Cel mai activ s-a manifestat tulpina după 6 zile de cultivare, zonele de inhibiție fiind maxim 38 - 40 mm față de patogenii *A. alternata* și *F. oxysporum*. De asemenea o activitate sporită a manifestat tulpina față de patogenii *Scl sclerotiorum* și *B. cinerea* cu zone de inhibiție de până la 35 mm, mai puțin a influențat tulpina asupra patogenilor *F. solani* și *F. sporotrichiela* cu zone de inhibiție de până la 32 mm. După a 7 zi de cultivare s-a observat o diminuare a activității antifungice a tulpinii. Zonele de inhibiție în a 7 zi au atins maxime de 32 mm față de *F. solani* și *F. oxysporum*, iar zonele de inhibiție a patogenului *S. sclerotiorum* au fost nesemnificative de până la 10 mm.

Din datele obținute putem constata că, tulpina *Trichoderma atrobruneum* cultivată submers în mediul suplimentat cu drojdie prezintă creștere activă și o activitate antifungică sporită față de fitopatogeni în a 6 zi de cultivare.

Asupra creșterii și activității antimicrobiene a tulpinii *T. atrobruneum* CNMN FD 25 influențează temperatura de cultivare, astfel, în următoarea etapă a fost selectată temperatura optimă de cultivare. Au fost testate 3 regimuri de temperatură, care se consideră a fi cele mai potrivite pentru creșterea tulpinilor de fungi: 26-28; 28-30; 30-32°C. Tulpina *T. atrobruneum* CNMN FD 25 a fost cultivată submers în mediul lichid cu glucoză și extract de drojdie timp de 6 zile, cu agitare continuă (160-180r/min). Rezultatele sunt prezentate în figura 5.

Figura 5. Biomasa acumulată a tulpinii *Trichoderma atrobruneum* CNMN FD 25 în dependență de temperatura de cultivare.

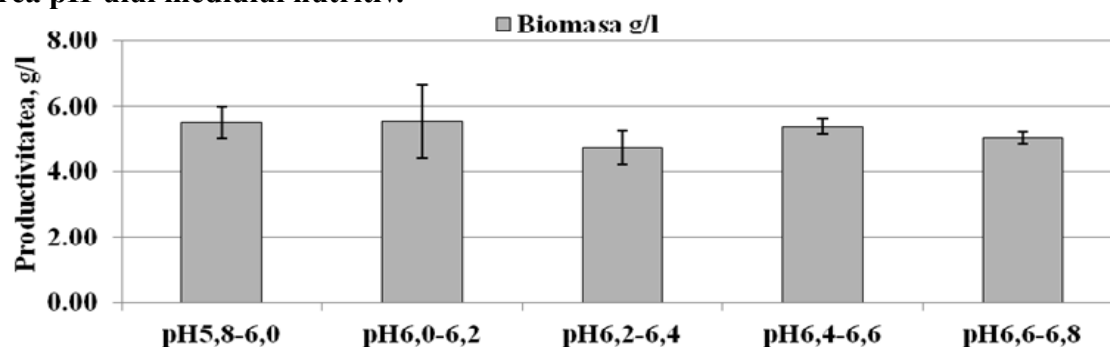


S-a observat că temperatura influențează considerabil asupra creșterii biomasei tulpinii de *Trichoderma atrobruneum*. Astfel, biomasa maximă a fost atinsă la temperatura de 28-30 T°C, biomasa fiind de 13 g/l, pe când la temperatura 30-32°C biomasa a constituit 5 g/l. Aceasta corespunde cu datele din

literatura de specialitate unde se specifică că tulpinile de *Trichoderma* prezintă o creștere mai abundentă la temperaturi cuprinse între 25-30 de grade, iar la temperaturi ridicate creșterea tulpinii începe să scadă considerabil [17, 18].

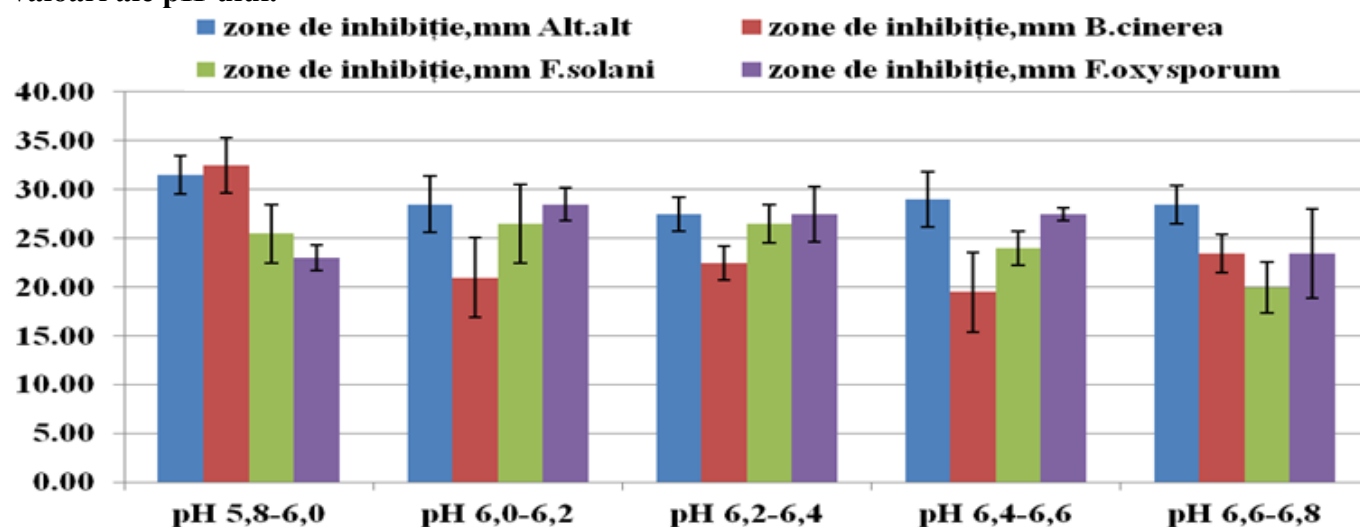
Asupra activității fungilor acționează nu doar compoziția mediului, durata și temperatura de cultivare, dar și valoarea PH-ului mediului nutritiv. Pentru a selecta pH-ul optim, au fost testate valorile pH-ului mediului nutritiv: 5,8-6,0; 6,0-6,2; 6,2-6,4; 6,4-6,6; 6,6-6,8. Rezultatele obținute în experiența efectuată (Fig. 6) au arătat că, biomasa maximă s-a acumulat în varianta cu valoarea pH - ul 6,0-6,2, ceea ce corespunde datelor din literatura de specialitate, unde se specifică că tulpinile de *Trihoderma* preferă mediul slab acid și au o creștere mai abundentă în intervalele pH-ului 5,5-6,5 [19, 20].

Figura 6. Biomasa acumulată la cultivarea tulpinii *T. atrobruneum* CNMN FD 25 în dependență de valoarea pH-ului mediului nutritiv.



Pentru a afla influența pH-ului asupra activității antifungice a tulpinii *Trichoderma atrobruneum* CNMN FD 25, soluțiile obținute în variantele montate au fost testate asupra patogenilor luați în studiu (Fig. 7). S-a stabilit că tulpina *Trichoderma atrobruneum* are activitate maximă în mediul nutritiv cu pH-ul 5,8-6,0, zonele de inhibiție față de patogeni fiind până la 35 mm față de *Botrytis cinerea*, 34 mm față de *Alternaria alternata*, 28 mm față de *Fusarium solani*. O activitate antifungică sporită s-a evidențiat și în mediul cu pH-ul 6,0-6,2, zonele de inhibiție a patogenilor: *Alternaria alternata* și *Fusarium oxysporum* atingând valoarea de 28-30 mm, iar a patogenilor *Botrytis cinerea* și *Fusarium solani* de 22 și respectiv 27mm.

Figura 8. Diametrul zonelor de inhibiție a fitopatogenilor sub acțiunea soluțiilor de metaboliți ai tulpinii *T. atrobruneum* CNMN FD 25, obținute la cultivarea submersă în mediul nutritiv cu diferite valori ale pH-ului.



În urma experiențelor efectuate s-a evidențiat mediul cu pH-ul 6,0-6,2, având atât o creștere mai abundentă a biomasei, cât și o activitate antifungică sporită.

Concluzii

În prezent în întreaga lume există o necesitate stringentă de a reduce utilizarea pesticidelor în favoarea produselor biologice active. Analizând literatura de specialitate, am observat că un agent de biocontrol utilizat pe scară largă în întreaga lume sunt ciupercile din genul *Trichoderma*.

În rezultatul screeningului efectuat a fost selectată tulpina *Trichoderma atrobruneum* CNMN FD 25 ce posedă o creștere mai abundentă și o activitate antimicrobiană ridicată față de un spectru larg de fitopatogeni, deci în perspectivă ar putea fi utilizată în agricultură ca agent de biocontrol. Tulpina *T. atrobruneum* CNMN FD 25 manifestă o creștere și o activitate antimicrobiană maximă la cultivarea submersă, timp de 6 zile, în mediul nutritiv ce conține (g/l) glucoză – 30,0; NaNO₃ – 1,0; KH₂PO₄ – 1,0; MgSO₄·7H₂O – 1,0; CaCO₃ – 2,0; extract de drojdii -10 gr; apă distilată până la 1 litru; valoarea pH inițial – 6,0 - 6,2.

Referințe:

1. NOWOCIEŃ, KAROLINA., SOKOŁOWSKA, BARBARA. *Use of microorganisms in plant protection against fungal diseases- Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, vol 603, 2022. DOI: 10.22630/ZPPNR.2020.603.18.
2. TYŚKIEWICZ, R., NOWAK, A., OZIMEK, E., JAROSZUK-ŚCISEŁ J. *Trichoderma: The Current Status of Its Application in Agriculture for the Biocontrol of Fungal Phytopathogens and Stimulation of Plant Growth. Int J Mol Sci.*, 2022, Feb 19;23(4):2329. DOI: 10.3390/ijms23042329.
3. DEMERS, MARA. *Alternaria alternata as endophyte and pathogen. Microbiology (Reading)*, 2022, 168(3): 001153. DOI: 10.1099/mic.0.001153.
4. YAO, XIN., GUO, HAILIN., ZHANG, KAIXUAN ., ZHAO, MENGYU ., RUAN, JINGJUN ., CHEN, JIE. *Trichoderma and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. Frontiers in Microbiology.* (2023). DOI: 14. 10.3389/fmicb.2023.1160551.
5. FAIZOVA, V. I., TSKHOVREBOV, V.S., ANDREY, N. A., ONISHCHENKO, L. M. *Impact of different technologies in application of microbial compounds on number of micromycetes and cellulose-destroying microorganisms on ordinary chernozem of the Central Ciscaucasia. BIO Web Conf.*, volume 23, 2020, II International Scientific Conference Plants and Microbes: The Future of Biotechnology.
6. TYŚKIEWICZ, R., NOWAK, A., E., JAROSZUK-ŚCISEŁ, J. *Trichoderma: The current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. Int J Mol Sci.*, 2022 Feb; 23(4): 2329. Published online 2022 Feb 19. DOI: 10.3390/ijms23042329.
7. ZHATOVA, H., TROTSSENKO, V. *The structure of micromycetes communities in crop rotations with sunflower. Ukrainian Journal of Ecology* vol 8, 2018. DOI: 10.15421/2018_285.
8. GUZMÁN-GUZMÁN, P., KUMAR, A., SANTOS-VILLALOBOS, S., PARRA-COTA, F. I., OROZCO-MOSQUEDA, M. C., FADIJI, A. E., HYDER, S., BABALOLA, O. O. and SANTOYO, G. *Trichoderma Species: Our Best Fungal Allies in the Biocontrol of Plant Diseases. A Review. Plants (Basel)*, 2023 Feb 12(3): 432. Published online 2023 Jan 17. DOI: 10.3390/plants12030432.
9. THOMAS, AFRIYIE, BOAKYE., HUIXIA, L. I., RICHARD, OSEI., SOLOMON BOAMAH., ZHANG, MIN., CHUNHUI, NI., JIN, WU., MINGMING, SHI., WANQIANG, QIAO. *Antagonistic Effect of Trichoderma longibrachiatum (TL6 and TL13) on Fusarium solani and Fusarium avenaceum Causing Root Rot on Snow Pea Plantss. J. Fungi*, 2022, 8, 1148. <https://doi.org/10.3390/jof8111148>.
10. LEYLAIE, S., ZAFARI, D. *Antiproliferative and Antimicrobial Activities of Secondary Metabolites and Phylogenetic Study of Endophytic Trichoderma Species From Vinca Plants. Front. Microbiol.*, 9:1484, 2018. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01484.
11. MARTA, MODRZEWSKA., DOMINIK, POPOWSKI., LIDIA, BŁASZCZYK., ŁUKASZ, STĘPIEŃ., MONIKA, URBANIAK., MARCIN, BRYŁA., BENEDIKT, CRAMER., HANS, ULRICH, HUMPF., MAGDALENA, TWARUŻEK. *Antagonistic properties against Fusarium sporotrichioides and glycosylation of HT 2 and T 2 toxins by selected Trichoderma strains. Scientific Reports*, 2024, 14:5865. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55920-x>.
12. NUR, A, ZIN., NOOR A, BADALUDDIN. *Biological functions of Trichoderma spp. for agriculture applications. Annals of Agricultural Sciences*, volume 65, 2020, pages 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aas.2020.09.003>.

13. KREDICS, L., BÜCHNER, R., BALÁZS, D. *et al.* Recent advances in the use of Trichoderma-containing multicomponent microbial inoculants for pathogen control and plant growth promotion. *World J Microbiol Biotechnol* 40, 162, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11274-024-03965-5>.
14. HARMAN, G. E., HOWELL, C. R., VITERBO, A., CHET, I., LORITO, M. *Trichoderma species--opportunistic, avirulent plant symbionts.* *Nat Rev Microbiol.*, 2004 Jan 2(1):43-56. DOI: 10.1038/nrmicro797. PMID: 15035008.
15. KUBIAK, ADRIANNA., WOLNA-MARUWKA, AGNIESZKA., AGNIESZKA, A. PILARSKA.,ALICJA, NIEWIADOMSKA., ANDAGNIESZKA, PIOTROWSKA-CYPLIK. *Fungi of the Trichoderma Genus: Future Perspectives of Benefits in Sustainable Agriculture.* *Journals Applied Sciences*, volume 13, issue 11. <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/11/6434>.
16. ЕГОРОВ, Н. С. *Основы учения об антибиотиках.* М. Изд-во. „Наука”, 2004, 528 с.
17. MANOJ, KUMAR, MAURYA., MUKESH, SRIVASTAVA., ANURADHA, SINGH., SONIKA, PANDEY., VED, RATAN. *Effect of Different Temperature and Culture Media on the Mycelia Growth of Trichoderma viride Isolates.* *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.*, 2017, 6(2): 266-269. DOI: <http://dx.doi.org/10.20546/ijemas.2017.602.032>.
18. QIU, Z., WU, X., ZHANG, J., HUANG, C. *High temperature enhances the ability of Trichoderma asperellum to infect Pleurotus ostreatus mycelia.* *PLoS One*, 2017 Oct 26, 12(10):e0187055. DOI: 10.1371/journal.pone.0187055.
19. SINGH, A., SHAHID, M., SRIVASTAVA, M., PANDEY, S., SHARMA, A., et al. (2014) *Optimal Physical Parameters for Growth of Trichoderma Species at Varying pH, Temperature and Agitation.* *Virol Mycol*, 3:127. DOI: 10.4172/2161-0517.1000127.
20. PELAGIO-FLORES, R., ESPARZA-REYNOSO, S., GARNICA-VERGARA, A., LÓPEZ-BUCIO, J., HERRERA-ESTRELLA, A. *Trichoderma-Induced Acidification Is an Early Trigger for Changes in Arabidopsis Root Growth and Determines Fungal Phytostimulation.* *Front Plant Sci.*, 2017 May 17, 8:822. DOI: 10.3389/fpls.2017.00822.

Notă: Lucrarea a fost realizată în baza subproiectului: 020101 InBioS - Soluții biotehnologice inovative pentru agricultură, medicină și protecția mediului. Nu există niciun conflict de interese real sau potențial în legătură cu acest articol.

Date despre autori:

Cristina MOLDOVAN, cercetător științific, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, Universitatea Tehnică a Moldovei.

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, Universitatea Tehnică a Moldovei.

ORCID: 0000-0001-7809-9870

E-mail: tamara.sirbu@imb.utm.md

Prezentat la 30.09.2024

CZU: 632.5:633.854.78

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_07](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_07)

RESILIENCE OF SUNFLOWER CROP UNDER BIOTIC STRESS CONDITIONS

Maria DUCA, Steliana CLAPCO, Daniela ELENCIUC,

Centrul de Genetică Funcțională, Universitatea de Stat din Moldova

Orobanche cumana Wallr., commonly known as sunflower broomrape, is a parasitic plant that severely affects sunflower (*Helianthus annuus* L.) crop, causing significant production losses worldwide. This plant attaches to sunflower roots, extracting nutrients and water, leading to stunted growth and reduced seed yield. Traditional control methods, such as crop rotation and the use of genetically resistant sunflower varieties, have proven insufficient due to the adaptability and evolution of the parasite. Advances in molecular biology and genomics, such as the use of molecular markers and next-generation sequencing, facilitate the identification of qualitative and quantitative resistance genes (marker assisted selection), as well as gene pyramiding, supporting the development of resistant hybrids. Emerging technologies such as CRISPR-Cas9 and RNA interference offer promising opportunities for creating more resistant sunflower genotypes. In addition, artificial intelligence and machine learning algorithms improve the efficiency of selection programs. This multidisciplinary approach is essential to control parasite and ensure sustainable sunflower production. Present review aims to summarise current knowledge and research gaps in methods to control broomrape and to develop resistance against parasitic plants.

Keywords: *Breeding, Broomrape, Orobanche cumana, Molecular tools, Sunflower, Races.*

REZILIENȚA CULTURII DE FLOAREA-SOARELUI ÎN CONDIȚII DE STRES BIOTIC

Orobanche cumana Wallr., cunoscută sub denumirea de lupoaie, este o plantă parazită care afectează sever cultura de floarea-soarelui (*Helianthus annuus* L.), provocând pierderi de producție semnificative la nivel mondial. Această plantă se atașează de rădăcinile florii-soarelui, extrăgând nutrienți și apă, ceea ce duce la reducerea creșterii și la o scădere a recoltei de semințe. Metodele tradiționale de control, cum ar fi rotația culturilor și utilizarea unor genotipuri de floarea-soarelui cu gene majore de rezistență, s-au dovedit a fi insuficiente din cauza adaptabilității și evoluției parazitului. Progresele în biologia moleculară și genomică, cum ar fi utilizarea markerilor moleculari (selecția asistată de markeri) și secvențierea de generație următoare facilitează identificarea genelor de rezistență calitative și cantitative, precum și combinarea acestora într-un singur genotip, asigurând bază teoretică pentru dezvoltarea hibrizilor rezistenți. Tehnologiile emergente, cum ar fi CRISPR-Cas9, oferă oportunități promițătoare pentru crearea unor genotipuri de floarea-soarelui mai rezistente. În plus, inteligența artificială și algoritmi de învățare automată îmbunătățesc eficiența programelor de selecție. Această abordare multidisciplinară este esențială pentru controlul parazitului și asigurarea unei producții durabile de floarea-soarelui. Prezenta lucrare include o analiză concisă a cunoștințelor actuale, precum și a lacunelor în metodele de control ale lupoaiei și în dezvoltarea rezistenței față de plantele parazite.

Cuvinte-cheie: *ameliorare, lupoaie, Orobanche cumana, metode moleculare, floarea-soarelui, rase.*

Introduction

Orobanche cumana Wallr., commonly known as sunflower broomrape, is a parasitic plant that affects sunflower (*Helianthus annuus* L.) crop, leading to significant production losses worldwide. This parasite attaches itself to the roots of sunflower plants, extracting nutrients and water from host tissues, which results in stunted growth, reduced seed production, and, in cases of severe infestation, total crop failure [1]. The excessive expansion of areas cultivated with sunflowers leads to the irrational use of soils, the disruption of crop rotation and, under the conditions of climate change, favors the appearance and development of pathogens, contributes to the accumulation of various parasites and their spread to new geographic areas. Ultimately, these factors can result in epiphytotic outbreaks of diseases and pests, posing serious threats to sustainable agriculture [2].

Surveys conducted among farmers and sociological studies revealed the presence of the parasitic angiosperm broomrape in sunflower agroecosystems in the Republic of Moldova. In 2014, it was reported in 63% of localities in the southern region, 47% in the central region, and 18% in the northern region [3]. By 2020, *O. cumana* was identified in only 10% of the analyzed lands, mainly in the central part of the country.

Traditional control methods, including crop rotation and the cultivation of sunflower hybrids with vertical genetic resistance, have offered some protection; however, these methods are increasingly proving inadequate due to the parasite's evolving resistance and adaptability. Given these challenges, modern research and control techniques for *Orobanche cumana* have become essential for ensuring sustainable sunflower production. This review aims to summarize current knowledge and research gaps in methods to control broomrape and to develop resistance against parasitic plants.

Impact of broomrape

The sunflower yield is significantly affected by various specific pathogens, parasitic plants, and pests, considerable losses being determined by the broomrape [4, 5]. Throughout its evolution, the parasite has developed a specialized multicellular structure known as haustorium, which forms tight connections with the host's vascular system retrieving water and essential nutrients from the phloem. The cells within the haustorium metabolize the host's nutrients in a manner specific to the parasite, altering osmotic potential, disrupting photosynthesis, and redirecting nutrient flow to the parasite [1, 6]. This process leads to a change in biomass allocation among the host's organs, typically resulting in decreased biomass in the following order: head > stem > leaves [7], ultimately diminishing productivity.

The impact of the parasite on sunflower crops can range from subtle, non-visible damage to complete plant death [8], especially in cases of severe infestation. The visible effects of this attack include plant wilting, yellowing of leaves, and reduced size of both underground and aerial organs, ultimately leading to decreased seed yield and lower lipid and protein content in the seeds. The damage caused by *O. cumana* can vary from 5% to 90%, depending on the aggressiveness of the parasite, the resistance of host plant, and environmental conditions [9, 10].

Parasitic plants act as a powerful sink for the host, hindering growth and development and reducing overall plant biomass. Significant decreases of stem (15.5-36%) and root systems (60-68%) growth has been observed in both sensitive and tolerant sunflower genotypes infested with broomrape collected from the Republic of Moldova [7]. *O. cumana* infestation significantly reduced the biomass accumulation in host plants (by about 20.4-57.1%), strong negative correlation ($r=-0.53$) between this parameter and the amount of biomass of parasitic plants per host plant being found. The parasite has a more pronounced effect on the aerial parts, with reductions of up to 58.7% compared to controls. In this case, high negative correlations ($r = -0.52$) between this parameter and the intensity of the attack was observed. Infection also suppressed the accumulation of root parasite biomass (by about 32-49.0%) [11].

Broomrape significantly affects the number of leaves and leaf surface area [12], leading to a reduction of 12.4% to 39.0% in leaf surface compared to non-infested genotypes [7]. Infestation can decrease head diameter by up to 20.0% compared to control [13]. The degree of *O. cumana* infestation shows a negative correlation with both head diameter and the number of full seeds per head. Hybrids with the highest levels of attack are the most severely affected, demonstrating significant reductions in all measured traits [14].

The most substantial impact of broomrape is observed in the case of total seed weight per plant [9, 15], seed production being inversely proportional to the degree of attack. Statistical analysis of the data indicated a strong negative correlation between the number of *O. cumana* attachments per host plant and sunflower yield ($r=-0.62$), as well as between the intensity of attack and 1000 seeds weight ($r=-0.50$) [16].

These results provide valuable insights into the performance of different experimental sunflower hybrids under broomrape infestation, highlighting several genotypes characterized by high and stable productivity, even under high levels of *O. cumana* attack [16].

Control of sunflower broomrape

The unique characteristics of parasitic plants, particularly their underground growth during the early stages of the life cycle, pose significant challenges for effective control strategies. Crop damage often occurs long before the parasite emerges on the surface, making diagnosis of infection difficult. Additionally, a single broomrape plant can produce over 500,000 seeds, which remain viable in the soil for decades [17].

Crop rotation has been for a long time an important agricultural practice designed to disrupt the life cycle of *O. cumana* Wallr. [18]. It is recommended to use rotation with non-host crops and sunflowers should be returned to the same field after a minimum of 6-7 years [19]. The recommended six-year rotation between successive sunflower crops was respected in only 11% and 6% of farms analyzed in 2014 and 2020 in the Republic of Moldova, respectively. In most cases, the sunflower returned to the same field after three years (observed in 35% of households) or four years (29%) [3].

In larger households, sunflowers returned to the same plot after four or more years in 67% of cases, while in small and medium-size households, this rate was 44% and 18.2%, respectively. The small size and the disaggregated nature of planting plots restrict the ability to respect the correct crop rotations [3].

Although there are various control strategies for parasitic angiosperms, due to the complexity of host-parasite interactions (biochemical, physiological and genetic), none of them are sufficiently effective and economically feasible, their management remains to be a challenge.

Advanced agronomic practices, such as precision agriculture and remote sensing technologies, can significantly enhance the monitoring and management of *O. cumana* infestations. These technologies facilitate early detection of parasite outbreaks, allowing for timely intervention and the implementation of site-specific control measures, thereby minimizing damage and optimizing crop yields. Tools such as GPS, sensors, and drones enable better monitoring of *O. cumana* infestations. Early detection allows for prompt action to mitigate damage and improve yields. Remote sensing technologies provide real-time monitoring of crop health and early identification of stress factors, including parasitic infestations. Satellite imagery and aerial drone surveys can help pinpoint areas at risk of infestation, supporting targeted management strategies.

A breeding program for sunflower resistance to broomrape integrates both traditional and modern molecular techniques and involves several key steps to develop genotypes that can provide long-term resistance to broomrape.

Breeding of sunflower for resistance to *O. cumana*

Mass selection was employed in the initial phases of sunflower breeding for resistance to broomrape, the sources of resistance being identified among Russian local sunflower populations. Seeds from the resistant genotypes were collected and sown the following years until desired traits are obtained. After that, the genotypes were evaluated for resistance to broomrape, as well as other important agronomic traits, under natural infested fields. This process involved multiple cycles of selection to identify and select resistant plants [20]. Consequently, several of the first resistant open-pollinated varieties were developed, including Saratovsky 169, Saratovsky 206, Kruglik A-41, Zelenka, Fuksinka, Zhdanovsky 6432, Zhdanovsky 8281, and Stepnyak [21].

Simultaneously, the classical hybridologic analyses were conducted, revealing dominance in F_1 and Mendelian segregation in F_2 , which confirmed the monogenic inheritance of resistance to broomrape [21]. Subsequently, five unique dominant genes (*Or1*, *Or2*, *Or3*, *Or4*, and *Or5*) were identified, each associated with specific physiological races (A-E) of *O. cumana*. These genes exhibit a cumulative mechanism, providing resistance to both new and previous (less virulent) races: A; A + B; A + B + C; A + B + C + D; and A + B + C + D + E. Also, a set of differential lines carrying *Or1*, *Or2*, *Or3*, *Or4*, and *Or5* genes were developed, characterized and proposed for the identification of broomrape races [22].

The monogenic, dominant character of the resistance of the sunflower to the A-E races of the broomrape, controlled by the genes *Or1-Or5*, was confirmed in genetic studies involving populations of *O. cumana* from various geographical areas. These studies have a substantial contribution to the creation of resistant hybrids in Central and Western European countries.

Deviations from the classic monogenic inheritance and different mechanism of resistance have been established, in particular, for the more virulent broomrape populations representing the F, G or H race [23-25].

Researches have shown that the inheritance of resistance to race F is not only determined by a dominant gene, but can also be controlled by two recessive alleles or by a combination of a dominant allele and a recessive one, which interact epistatically [26]. In contrast to other known *Or* genes, these specific genes do not confer resistance to previous races, including race E [27]. The genes for resistance to *O. cumana* populations, which belong to the new virulent races G and H, have been identified in cultivated and wild sunflowers. Genetic studies have confirmed both dominant monogenic control [28] and recessive inheritance [29, 30], as well as polygenic determinism, with two independent dominant genes identified [31]. Also, several major quantitative trait loci (QTL) have been identified for these new virulent broomrape races [24, 25].

Using a set of genotypes with resistance to different broomrape races the racial status of *O. cumana* in eight sunflower-growing countries, in special along the Black Sea region, was determined [32] and a fast evolution of races was revealed.

Phenotypic analysis

Phenotyping for resistance to *O. cumana*, along with the evaluation of broomrape population virulence, is typically conducted under field and/or greenhouse conditions, focusing on the number of broomrape emergences on sunflower plants. An analysis of the infestation levels in differential lines with 43 broomrape populations from Moldova revealed significant changes in race composition from 2014 to 2020, highlighting the need for innovative control strategies [32]. In 2020, increased parasite virulence was observed in most localities compared to 2014 (Tab. 1), with the identified races primarily consisting of the most virulent biotypes (G, H, and possibly I), showing greater aggressiveness in southern Moldova.

Table 1. The racial status of broomrape populations in different localities of the Republic of Moldova in 2014 and 2020.

Populations	Races		Populations	Races		Populations	Races	
	2014	2020		2014	2020		2014	2020
Sorooca	G	≥H	Holercani	≤ E	H	Popeasca	F	G
Balti	H	H	Chișinău	≤ E	G	Congaz	H	H
Prepelita	F	H	G. Galbenii	G	≤ E	Svetlâi	H	≥H

In addition to field and greenhouse experiments, pot experiments and mini-rhizotron systems have become increasingly popular for the evaluation of resistance in controlled conditions. Recently, alternative phenotyping methods that allow more precise assessment of parasite-host interactions at early stages, using indirect measures of broomrape attack, such as leaf chlorophyll or fluorescence have been proposed. Techniques like hyperspectral measurements (red/far-red ratios [33], blue-green fluorescence, and thermal imaging [33] have effectively distinguished between broomrape-infected and healthy plants. Additionally, various rhizotron systems, including those coupled with image acquisition systems, enable monitoring of broomrape on sunflower roots at early stages, allowing for automatic counting of tubercles [34, 35]. These systems could efficiently facilitate screening of sunflower genotypes at the tubercle stage, reducing the time required for manual counting.

Recent advances in molecular biology, genomics, and biotechnology have significantly impacted breeding practices. To facilitate the introgression of broomrape resistance genes into sunflower lines, it is essential to identify molecular markers linked to *Or* resistance genes.

The first reports in the field refer to the identification of the RAPD (Random amplification of polymorphic DNA) marker (UBC120_660) at a distance of 22.5 cM distal to the *Or5* gene and five SCAR (Sequence Characterized Amplified Region) markers – RTS05, RTS28, RTS40, RTS29, RTS41, located at the

opposite end of the gene [36]. They were mapped at a distance of 5.6-39.4 cM proximal to the *Or5* locus, the closest being RTS05.

Using SSR (Simple Sequence Repeat) genotyping by fluorescent multiplex PCR as a screening tool for segregating populations, Tang et al. (2003) mapped the *Or5* gene, which confers resistance to broomrape race E in sunflower, to the telomeric region of linkage group 3. They identified the nearest SSR marker, ORS1036, located 7.5 cM downstream [37].

The studies carried out by Lu et al. [36] on resistant and susceptible lines demonstrated the presence of the 650 bp amplicon, generated by RTS05 specific primers, only in resistant genotypes. The presence of the respective amplicon is associated with the presence of the *Or5* gene, which confers resistance to race E. The RTS05 marker was applied for molecular screening of different sunflower genotypes cultivated in the Republic of Moldova to achieve a rapid and accurate selection of plants carrying resistance genes. Thus, using the RTS05 marker approximately 70 sunflower genotypes (local hybrids and perspective lines) were analyzed and the presence of *Or5* were found [7, 14].

Employing SSR analysis Imerovski et al. has identified several potential markers associated with dominant resistance genes, revealing significant associations between *Or6* and alleles ORS1036_240 and ORS1114_265, gene *Or4* and ORS665_281, ORS1114_264 alleles, and gene *Or2* with ORS1114_260. These markers are located in linkage group 3 (LG3), confirming the hypothesis that various resistance genes are tightly linked within the same linkage group [29].

Recently, the same research group mapped a new gene, designated *Orab-vl-8*, in linkage group 3, which confers resistance to broomrape races more virulent as race F, in the inbred line ABB-VL-8. This gene was identified as recessive. The closest marker to the gene was ORS683 with the genetic distance of 1.5 centimorgan. Additionally, a major gene (*HaOr7*) conferring resistance to the F race of *O. cumana* has been mapped on chromosome 7 [38] Fernández-Aparicio et al. [39] located the *OrDeb2* gene, providing resistance to broomrape race G, within a genomic interval on chromosome 4. Furthermore, Martin-Sanz et al. [40] mapped the *OrSII* gene, which offers late post-attachment resistance to broomrape races F and G, to the same region on chromosome 4.

In addition to the major resistance genes, molecular analyses have identified several quantitative trait loci (QTLs) associated with resistance to broomrape. Pérez-Vich and colleagues identified five QTLs (or1.1, or3.1, or7.1, or13.1, and or13.2) conferring resistance to race E, with or3.1 corresponding to the dominant gene *Or5*. The QTLs located in linkage groups 1, 7, and 13 exhibit minor effects. For genotypes resistant to race F, six QTLs were identified in linkage groups 1, 4, 5, 13, and 16, all showing minor effects [24]. Recently, a total of 17 QTLs were discovered across nine different linkage groups, specific to various broomrape races (E and F) and pathogen developmental stages. One of these QTLs, located in linkage group 13, controls the number of *O. cumana* shoots and is the most stable marker for resistance to both analyzed races [25].

The polygenic nature of resistance to more virulent broomrape races was further confirmed in studies by Imerovski et al., which revealed multiple QTLs contributing to resistance. The researchers mapped two major QTLs on chromosome 3 (or3.1 and or3.2). The first corresponds to the previously mapped resistance gene *Or5*, while the second, identified for the first time, is located in the lower region of chromosome 3 and is associated with resistance to broomrape race G, as confirmed by genotyping with a new CAPS marker [23].

Sunflower breeding for sustainable broomrape resistance requires innovative strategies, such as gene pyramiding, which combines multiple genes to combine desirable traits, utilizing recombinant DNA technology or conventional breeding methods. Pyramiding multiple genes and quantitative trait loci (QTL) into a single genetic background enhances the plant's ability to resist parasites compared to single-gene control. However, traditional gene pyramiding faces challenges such as linkage drag, which can persist even after several backcrosses. Thus, employing marker-assisted selection (MAS) for gene pyramiding is a more effective strategy for rapid genetic improvement [41]. For example, two confection sunflower germplasm lines, HA-R20, carrying rust resistance genes R12 and R15 and DM resistance gene PlArg. and HA-R21, carrying rust resistance genes R13 and R15 and DM resistance gene Pl17, were developed using the pedigree breeding method and DNA marker-assisted selection [42].

Recent advancements in CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) gene-editing technology (gene knockouts, base editing, targeted insertions, and transcriptomic and epigenomic modifications etc.) offer promising avenues for developing resistance against the parasites. A comprehensive understanding of the genetic interactions between parasitic plants and their hosts is crucial for identifying suitable target genes for modification. Key defense mechanisms include direct repression of parasitic plant germination and indirect influences on their growth through environmental factors [43]. Recent studies demonstrate the potential of CRISPR-Cas9 to target genes involved in strigolactone biosynthesis and parasitism, enhancing crop resilience [44]. Overall, while challenges remain, CRISPR technology presents substantial opportunities to enhance crop resistance against parasitic threats.

Conclusion

In conclusion, the integration of modern techniques, including advanced agronomic practices, molecular biology, biotechnology, MAS and CRISPR technology provides a comprehensive and sustainable solution to managing *Orobanche cumana* Wallr. This multidisciplinary approach is vital for developing resistant sunflower cultivars that can withstand the evolving threats of parasitic plants. By ensuring food security and environmental resilience, these innovations contribute significantly to the sustainability of global agriculture, safeguarding future generations against the challenges posed by crop pests and diseases.

References:

1. DELAVAUULT P. *Knowing the parasite: biology and genetics of Orobanche*, 2015, In: *Helia*, vol. 38, nr. 62, p. 15–29. ISSN 2197-0483.
2. KANDAKOV A., HAVRLAND B., OJOG C., IVANOVA T. *Sunflower market assessment in the Republic of Moldova*, 2012. In: *Engineering for Rural Development*, Jelgava, Latvia. Jelgava, Latvia: Latvia University of Agriculture, 2012. s. 128-133.
3. DUCA M., CLAPCO S. *Management approaches for sustainable growth in Moldova's sunflower sector*, 2021. In: *Helia*, nr. 44(74), p. 0. ISSN 1018-1806. DOI: <https://doi.org/10.1515/helia-2021-0002>.
4. ALCÁNTARA E., MORALES-GARCÍA M., DÍAZ-SÁNCHEZ J. *Effects of broomrape parasitism on sunflower plants: growth, development, and mineral nutrition*, 2006. In: *J. Plant Nutr.*, vol. 29, nr. 7, p. 1199-1206.
5. GISCA I., JOITA-PACUREANU M., CLAPCO S., DUCA M. *Influence of broomrape on some productivity indices of sunflower*, 2017. In: *Revista Lucrări științifice. Seria Agronomie.*, vol. 60, nr. 2, pp. 97-102. ISSN 2069-7627
6. FERNÁNDEZ-APARICIO M., DELAVAUULT P., TIMKO M. P. *Management of infection by parasitic weeds: A Review*, 2020. In: *Plants.*, vol. 9, nr. 9, pp. 1-26. ISSN 2223-7747.
7. ROTARENCO V. *Aspecte morfo-fiziologice și genetice de interacțiune gazdă-parazit (Helianthus annuus L. – Orobanche cumana Wallr.): autoreferatul tezei de doct. în șt. biol.*, 2010, Chișinău, 26 p.
8. LABROUSSE P., ARNAUD M. C., SERIEYS H., BERVILLÉ A., THALOUARN P. *Several mechanisms are involved in resistance of Helianthus to Orobanche cumana Wallr.*, 2001. In: *Ann. Bot.*, vol. 88, nr. 5, pp. 859-868. ISSN 0305-736.
9. DUCA M., GLIJIN A., PĂCUREANU-JOIȚA M., et al. *Impact of O. cumana on sunflower cultivars on natural infested fields in Republic of Moldova*, 2013. In: *International Plant Breeding Congress*, 10-14 november, 2013, Antalya, Turkey, pp. 282.
10. ENNAMI M., MBASANI-MANSI J., BRIACHE F. Z., et al. *Growth-defense tradeoffs and source-sink relationship during both faba bean and lentil interactions with Orobanche crenata Forsk*, 2020. In: *Crop Prot.*, vol. 127, nr. 104924. ISSN 1873-6904.
11. DUCA M., CLAPCO S., GISCA I., et al. *Influența lupoaiei asupra creșterii și dezvoltării florii-soarelui în condiții controlate*, 2022. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe Reale și ale Naturii)*, nr. 1(151), pp. 21-28. ISSN 1814-3237.
12. GIFFORD R. M., THORNE J. H., HITZ W. D., GIAQUINTA R. T. *Crop productivity and photoassimilate partitioning*, 1984. In: *Science.*, vol. 225, nr. 4664, pp. 801-808. ISSN 1095-9203.

13. GLIJIN A. *Orobanche cumana* Wallr. impact on sunflower grain yield, 2014. In: *Mediul ambient.*, vol. 1, nr. 73, pp.18-21. ISSN 1810-9551.
14. GÎSCA I. *Aspecte privind parazitul florii-soarelui Orobanche cumana* Wallr. cu referire specială la rezistența genetică: autoreferat al tezei de doctor în științe agricole, 2018, Chișinău, 31 p.
15. DUCA M., PACUREANU-JOITA M., GLIJIN A. *Effect of O. cumana* Wallr. on fat content in different sunflower (*H. annuus* L.) genotypes, 2012. In: *Proc. 2nd Int. Symp. Conservol Plant Diversity*, Chisinau, pp. 96-102.
16. MARTEA R., RÎȘNOVEANU L., GÂSCĂ I., DUCA M. *Impactul lupoaiei asupra unor indici de productivitate la hibridii de floarea-soarelui*, 2022. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe Reale și ale Naturii)*, nr. 6(156), pp. 26-31. ISSN 1814-3237.
17. JOEL D. M., HERSHENHORN J., EIZENBERG H. et al. *Biology and management of weedy root parasites*, 2007. In: *Hort. Rev.* 33, 267-349.
18. HABIMANA, S., NDUWUMUREMYI A., CHINAMA J. D., *Management of Orobanche in field crops - A review*, 2014. In: *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(1):43-62.
19. VRONSHI M., BOINCEAN B., BUCIUCEANU M. *Sunflower. National Agency for Rural Development (ACSA)*, 2002, Chisinau.
20. JOCIC', S., MILADINOVIC', D., KAYA Y. *Breeding and genetics of sunflower*, Sunflower, AOCS Press, 2015, pages 1-25. ISBN 9781893997943. <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-94-3.50007-6>
21. ПЛАЧЕК Е. М. *Проблемы селекции подсолнечника*, 1932. В: *Труды Всесоюзного Съезда по генетике*, № 2, 126 с.
22. VRANCEANU A. V., TUDOR V. A., STOENESCU F. M., PIRVU N. *Virulence groups of Orobanche cumana* Wallr. differential hosts and resistance sources and genes in sunflower, 1980. In: *Proceedings of the 9th International Sunflower Conference*, Torremolinos, Spain, 8–13 June, 1980, p. 74-80.
23. IMEROVSKI I., DEDIĆ B., CVEJIĆ S., et al. *BSA-seq mapping reveals major QTL for broomrape resistance in four sunflower lines*, 2019. In: *Mol Breeding.*, vol. 39:41.
24. PÉREZ-VICH B., AKHTOUCH B., MATEOS A., et al. *Dominance relationships for genes conferring resistance to broomrape (Orobanche cumana* Wallr.) in sunflower, 2004. In: *Helia*, vol. 27, p. 183-192.
25. LOUARN J., BONIFACE M.C., POUILLY N., et al. *Sunflower resistance to broomrape (Orobanche cumana) is controlled by specific QTLs for different parasitism stages*, 2016. In: *Front. Plant Sci.* doi: 10.3389/fpls.2016.00590.
26. AKHTOUCH B., MUÑOZ-RUZ J., MELERO-VARA J. M., et al. *Inheritance of resistance to race F of broomrape (Orobanche cumana* Wallr.) in sunflower lines of different origin, 2002. In: *Plant Breed.*, vol. 121, p. 266-268.
27. RODRÍGUEZ-OJEDA M. I., FERNÁNDEZ-ESCOBAR J., ALONSO L. C. *Sunflower inbred line (KI-374) carrying two recessive genes for resistance against a highly virulent Spanish population of Orobanche cernua* Loeff. race F, 2001. In: *Proceedings of the 7th International Parasitic Weed Symposium*, Nantes, France, 5–8 June 2001, p. 208-211.
28. VELASCO L., PÉREZ-VICH B., YASSEIN A. M., et al. *Inheritance of resistance to broomrape (Orobanche cumana* Wallr.) in an interspecific cross between *fxdc y Helianthus annuus* and *Helianthus debilis* ssp. *tardiflorus*, 2012. In: *Plant Breeding*, vol. 131, p. 220221.
29. IMEROVSKI I., DIMITRIJEVIĆ A., MILADINOVIC' D., et al. *Mapping of a new gene for resistance to broomrape races higher than F*, 2015. In: *Euphytica*, 209(2), 281-289. doi:10.1007/s10681-015-1597-7.
30. CVEJIC S., JOCIC S., DEDIC B., et al. *Inheritance of resistance to broomrape in sunflower inbred line LIV-17*, 2018. In: *Proceedings of the 4th International Symposium on Broomrape in Sunflower*, Bucharest, Romania, 2–4 July, p. 154-162.
31. PĂCUREANU-JOITA M., RARANCIUC S., PROCOPOVICI E., et al. *The impact of the new races of broomrape (Orobanche cumana* Wallr.) parasite in sunflower crop in Romania, 2008. In: *Proceedings of the 17th International Sunflower Conference*, Cordoba, Spain, 8 June 2008, p. 225-231.
32. DUCA M., CLAPCO S., JOITA-PACUREANU M. *Racial status of Orobanche cumana* Wallr. in some countries other the world, 2022. *Helia*, vol. 45, no. 76, pp. 1-22. <https://doi.org/10.1515/helia-2022-0002>.

33. ORTIZ-BUSTOS C. M., PEREZ-BUENO M. L., BARON M., MOLINERO-RUIZ L. *Fluorescence imaging in the red and far-red region during growth of sunflower plantlets. Diagnosis of the early infection by the parasite Orobanche cumana*, 2016. In: *Front Plant Sci.*, 7:884. doi: 10.3389/fpls.2016.00884.
34. BRAHMI I., MABROUK Y., BRUN G., et al. *Phenotypical and biochemical characterisation of resistance for parasitic weed (Orobanche foetida Poir.) in radiation-mutagenised mutants of chickpea*, 2016. In: *Pest Manag Sci.*, 72(12), p. 2330-2338.
35. LE RU A., IBARCQ G., BONIFACE M. C. et al. *Image analysis for the automatic phenotyping of Orobanche cumana tubercles on sunflower roots*, 2021. In: *Plant Methods*, 17, 80. doi:10.1186/s13007-021-00779-6.
36. LU Y. H., MELERO-VARA J. M., GARCÍA-TEJADA J. A., BLANCHARD P. *Development of SCAR markers linked to the gene Or5 conferring resistance to broomrape (Orobanche cumana Wallr.) in sunflower*, 2000, In: *TAG Theoretical and Applied Genetics*, 100(3-4), 625-632. doi:10.1007/s001220050083.
37. TANG S., HEESACKER A., KISHORE V. K., et al. *Genetic mapping of Or5 gene for resistance to Orobanche race E in sunflower*, 2003. In: *Crop Sci.* 43, 1021-1028.
38. DURIEZ P., VAUTRIN S., AURIAC M.C., et al. *A receptor-like kinase enhances sunflower resistance to Orobanche cumana*, 2019. In: *Nat. Plants*, vol. 5, p. 1211-1215.
39. FERNÁNDEZ-APARICIO M., DEL MORAL L., MUÑOS S., et al. *Genetic and physiological characterization of sunflower resistance provided by the wild-derived OrDeb2 gene against highly virulent races of Orobanche cumana Wallr.*, 2022. In: *Theor Appl Genet*, 135, pp. 501-525.
40. MARTÍN-SANZ A., PÉREZ-VICH B., FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ J.M., et al. *Characterization of post-haustorial resistance to sunflower broomrape (Orobanche cumana Wallr.)*, 2020. In: *Crop Sci*, 60:1188-1198.
41. CVEJIĆ, S.; RADANOVIĆ, A.; DEDIĆ, B.; JOCKOVIĆ, M.; JOCIĆ, S.; MILADINOVIĆ, D. *Genetic and Genomic Tools in Sunflower Breeding for Broomrape Resistance. Genes*, 2020, 11, 152
42. QI L. L., SEILER G. J. *Registration of HA-DM15 and HA-DM16 Oilseed Sunflower Germplasms with Resistance to Sunflower Downy Mildew*. In: *Journal of plant registrations*, 2024, no. 1, p. 173-178
43. JHU M. Y., ELLISON E. E., SINHA N. R. *CRISPR gene editing to improve crop resistance to parasitic plants. Front Genome Ed.*, 2023 Oct 25;5:1289416. doi: 10.3389/fgeed.2023.1289416.
44. BELLIS E. S., KELLY E. A., LORTS C. M., GAO H., DELEO V. L., ROUHANG., et al. *Genomics of sorghum local adaptation to a parasitic plant. Proc. Natl. Acad. Sci.*, 2020, 117, 4243–4251. 10.1073/pnas.1908707117

Notă: Studiul a fost realizat 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:

Maria DUCA, academician, doctor habilitat în științe biologice, profesor universitar; cercetător științific principal, Centrul de Cercetări Științifice 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 Genetică Funcțională, Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova.

ORCID: 0000-0001-7147-2740

E-mail: steliana.clapco@usm.md

Daniela ELENCIUC, doctor în științe biologice, șef departament „Biologie și Ecologie” Centrul de Cercetări Științifice Genetică Funcțională, Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova.

ORCID: 0000-0002-5090-5057

E-mail: ciumac@yahoo.com

Prezentat la 30.09.2024

CZU: 576.35:582.263

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_08](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_08)

UTILIZAREA PRODUCȚIEI PRIMARE ALGALE DE CĂTRE CONSUMATORII DIN VERIGILE TROFICE SUPERIOARE

Elena ROȘCOV, Ion TODERAȘ, Laurenția UNGUREANU, Daria TUMANOVA,

Universitatea de Stat din Moldova

Studiul prezintă rezultatele investigațiilor privind utilizarea speciilor de microalge *Chlorella vulgaris* Beijerinck 1890 și *Oscillatoria amphibia* C. Agardh ex Gomont 1892, ca sursă de hrană pentru populația de *Paramecium caudatum* Ehrenberg, 1834. Rezultatele demonstrează cum diferite concentrații ale culturilor de alge influențează parametrii reproducției celulare la *Paramecium caudatum*. Concentrațiile scăzute de *Chlorella vulgaris* stimulează creșterea, în timp ce concentrațiile mari de *Oscillatoria amphibia* au un efect negativ asupra populației de paramecii. *Chlorella vulgaris* poate fi eficientă în doze mici pentru a stimula creșterea și productivitatea pe termen scurt, în timp ce *Oscillatoria amphibia*, în concentrații ridicate poate afecta negativ reproducerea și diviziunea celulară. Importanța acestor constatări rezidă în înțelegerea utilizării algelor ca sursă de hrană pentru ciliate, având consecințe asupra stării ecologice a ecosistemelor acvatice și asupra sănătății populațiilor de protozoare.

Cuvinte-cheie: *microalge, Chlorophyta, Chlorella vulgaris, Cyanophyta, Oscillatoria amphibia, Paramecium caudatum, efectivul numeric, rata de reproducere.*

THE UTILIZATION OF ALGAL PRIMARY PRODUCTION BY CONSUMERS IN UPPER TROPHIC LEVELS

The study presents the results of investigations regarding the use of the microalgae species *Chlorella vulgaris* Beijerinck 1890 and *Oscillatoria amphibia* C. Agardh ex Gomont 1892 as a food source for the population of *Paramecium caudatum* Ehrenberg, 1834. The results demonstrate how different concentrations of algae cultures influence the cellular reproduction parameters in *Paramecium caudatum*. Low concentrations of *Chlorella vulgaris* stimulate growth, while high concentrations of *Oscillatoria amphibia* have a negative effect on the paramecia population. *Chlorella vulgaris* can be effective in small doses to stimulate growth and short-term productivity, while *Oscillatoria amphibia*, in high concentrations, can negatively impact reproduction and cell division. The importance of these findings lies in understanding the use of algae as a food source for ciliates, with implications for the ecological status of aquatic ecosystems and the health of protozoan populations.

Keywords: *microalgae, Chlorophyta, Chlorella vulgaris, Cyanophyta, Oscillatoria amphibia, Paramecium caudatum, population density, reproduction rate.*

Introducere

Posibilitățile utilizării eficiente a biomasei algale în acvacultură este un subiect de interes constant pentru hidrobiologi, care își concentrează atenția asupra modului în care producția primară algală poate fi utilizată în mod optim de către consumatorii din diferite verigi trofice superioare. Hidrobiologii sunt preocupați de identificarea modalităților optime de utilizare a producției primare algale de către organisme consumatoare din diverse niveluri trofice. Această preocupare se axează pe optimizarea utilizării biomasei algale în domeniul acvaculturii, în care interacțiunile dintre organisme animale și vegetale joacă un rol decisiv [1]. În ecosisteme, interacțiunile dintre specii sunt variate, incluzând aspecte precum reproducerea, răspândirea, apărarea și nutriția. În acest context, legăturile trofice sunt considerate cele mai importante, deoarece sunt fundamentale pentru circuitul materiei în ecosisteme. Aceste relații influențează densitatea organismelor și reglează echilibrul din ecosistem. Testările utilizării culturilor de microalge în calitate de hrană pentru organismele acvatice reprezintă o gamă vastă de metode esențiale de cercetări ecologice [2]. Prin intermediul acestor teste, se evaluează efectul speciilor de microalge asupra altor organisme, cum ar fi protozoarele dintre care *Paramecium caudatum* Ehrenberg 1833. În studiu au fost utilizate două specii de microalge *Chlorella vulgaris* Beijerinck 1890 (din filumul *Chlorophyta*, alge verzi) și *Oscillatoria amphibia* C. Agardh

ex Gomont 1892 (din filumul *Cyanophyta* (*Cyanobacteria*)). Aceste studii reprezintă eforturi importante pentru înțelegerea și gestionarea eficientă a resurselor biologice acvatice în acvacultură.

Aceste microalge au o importanță semnificativă în ecosistemele acvatice, influențând ciclurile nutrienților, intensitatea producției primare, nivelul de troficitate și calitatea apei în ecosisteme acvatice. Culturile de microalge din filumuri diferite (*Chlorophyta* și *Cyanophyta* (*Cyanobacteria*)) pot oferi o gamă variată de substanțe nutritive, cum ar fi proteine, carbohidrați, grăsimi, vitamine și minerale consumatorilor primari [3].

Chlorella vulgaris Beijerinck 1890 este o microalgă verde, răspândită global, care colonizează atât mediile acvatice, cât și terestre. Aceste alge tolerează temperaturi mai mari și condiții de lumină intensă. La 25°C, are un raport mai mare între fotosinteză și respirație. Poate reveni complet la performanța fotosintetică după deshidratarea la 84% umiditate relativă și are conținut ridicat de aminoacizi [4].

Oscillatoria amphibia C.Agardh ex Gomont 1892 este o cianobacterie care se găsește în mediile acvatice. Celulele sale sunt filamentoză și se mișcă într-un mod oscilatoriu. Conțin pigmenți fotosintetici, inclusiv clorofila-a și ficobiliproteine. *Oscillatoria amphibia* poate fixa azotul din atmosferă și este importantă pentru ciclul global al azotului [5].

Este cunoscut că parameciul se hrănește cu o varietate de organisme, inclusiv microorganisme precum algele. Testarea efectului nutriției cu speciile menționate de microalge asupra protozoarelor permite evaluarea potențialului lor în calitate de hrană naturală pentru protozoare.

Scopul studiului este de a determina modul în care nutriția cu microalge influențează parametrii reproductivi și dinamica populației speciei *Paramecium caudatum* [6]. Rezultatele obținute reprezintă informații valoroase privind dinamica populațiilor naturale de protozoare și relațiile trofice ale acestora cu alte organisme acvatice și pot contribui la dezvoltarea strategiilor de conservare și gestionare a resurselor naturale acvatice.

Materiale și metode

Cultivarea speciilor de alge

Pentru studiu au fost selectate culturile de *Chlorella vulgaris* din filumul *Chlorophyta* și de *Oscillatoria amphibia* din filumul *Cyanophyta* (*Cyanobacteria*). Culturile pure au fost obținute în laboratorul de Hidrobiologie și Ecotoxicologie al Institutului de Zoologie, USM de către profesorul, doctor habilitat Laurenția Ungureanu și doctorul în științe biologice Daria Tumanova, brevetate și depozitate în Colecția Națională de Microorganisme Neapatogene a Institutului de Microbiologie și Biotehnologie al Universității Tehnice a Moldovei.

Algele au fost cultivate în eprubete sterile sau baloane închise cu dopuri de bumbac. După inoculare, cultura a fost expusă la lumină (instalații de iluminat, echipate cu lămpi fluorescente DS-40 sau DS-80). Pentru studiu s-au folosit culturi de alge tinere, în proces de creștere intensă, în mediul Gromov [7].

Mediul Gromov (mg/l, mediu universal utilizat în diferite diluții):

KNO ₃ – 100	(NH ₄) • Mo ₇ O ₂₄ • 4H ₂ O - 1
K ₂ HPO ₄ — 66,7	FeSO ₄ • 7H ₂ O — 9,3
MgSO ₄ • 7H ₂ O — 33,3	CaCl • 2H ₂ O — 1,2
ZnSO ₄ • 7H ₂ O — 0,022	Co (NO ₃) _a • H ₂ O — 0,02
MnSO ₄ • 7H ₂ O - 1,81	EDTA — 10
CuSO ₄ • 5H ₂ O — 0,079	Agar-agar — 1,5%
Na ₃ BO ₃ • 4H ₂ O – 2,63	

Cultivarea *Paramecium caudatum*

Pentru a forma o cultură de infuzori, se folosesc 2-3 borcane, fiecare având o capacitate de aproximativ 700 ml -1 litru, care sunt umplute cu apă din unul dintre acvariile de creștere. Se pregătește un mediu alcătuit din apă dechlorată și fiartă, la care se adaugă drojdia *Saccharomyces cerevisiae* (1 g/l) pentru a stimula dezvoltarea bacteriilor. În acest mediu se introduc câțiva infuzori prelevați dintr-o altă cultură, care servesc ca inoculul. Borcanele cu mediul pregătit și cultura de infuzori se păstrează la o temperatură de 18-20°C. După câteva zile, prin peretele transparent al borcanului se pot observa infuzorii dispersați în întregul

volum de apă. Pentru recoltarea infuzoriilor, se folosesc pipete de sticlă, transferându-i în fiole pregătite în prealabil pentru probele de cercetare și control. Este recomandat să se pregătească 2-3 astfel de borcane, deoarece la o frecvență de 5-6 hrăniri pe zi, cultura se epuizează rapid. Metodele clasice de cultivare au fost propuse de Садчиков А. П (2009) [8], Кокова В. (1982) [9], Яшин Я. (2017) [10].

Paramecii au fost expuși la acțiunea culturilor de microalge în concentrații de 0,1 mg/l, 0,5 mg/l, 1 mg/l și 10 mg/l, timp de 24, 48, 72, 76, 120 și 144 h și monitorizat răspunsul lor. A fost înregistrată densitatea, rata specifică de reproducere și alte aspecte relevante. Cultura a fost preparată și întreținută în recipiente sterilizate. Pentru a menține condiții optime de creștere, probele au fost incubate în incubator cu condiții de temperatură și lumină constantă.

Analize statistice

Au fost evaluați așa parametri relevanți, cum ar fi efectivul numeric (-în continuare Nt) al ciliatelor, rata specifică de reproducere (-în continuare Cw, (h⁻¹)) cu media (M) și deviația standard (ES). Diferența față de martor a fost calculată pentru ambele măsurători și exprimată în valori absolute (d) și procentuale (%). Semnificația sau lipsa de semnificație a două valori medii sau procentuale, obținute pe eșantioane, s-a stabilit pe calea testului „t” Student (t_d) [11].

Au fost determinate diferențele semnificative în rezultatele diferitelor grupuri, valorile P < 0,05 (S); P < 0,01 (S); P < 0,001 (HS) au fost considerate semnificative, iar valorile P > 0,05 (NS) nesemnificative [11, 12].

A fost efectuată o analiză descriptivă asupra numărului de diviziuni celulare (n), constantei vitezei de dividere (v) și timpului unei generații (g) pe parcursul perioadei de incubație de la 24 la 144 de ore.

Pentru a calcula timpul de generare a celulei, s-a utilizat ecuația, ținând cont de progresia geometrică a creșterii [13].

$$N = N_0 2^n, \text{ de unde } \lg N = \lg N_0 + n \lg 2 \quad (1).$$

unde N este numărul de celule.

Prin urmare, formula pentru numărul de diviziuni celulare (n) este:

$$n = \lg N - \lg N_0 / \lg 2 \quad (2).$$

Constanta vitezei de divizare sau numărul de diviziuni celulare pe unitate timp, t-t₀ se calculează folosind formula:

$$v = n/t \quad (3).$$

și timpul unei generații (g), după formula:

$$g = t/n = 1/v \quad (4).$$

Parametrii au fost analizați statistic folosind programele Excel și Statistica pentru Windows.

Rezultate și discuții

În lucrare sunt expuse rezultatele testării culturilor de microalge *Chlorella vulgaris* din filumul *Chlorophyta* și *Oscillatoria amphibia* din filumul *Cyanophyta* (*Cyanobacteria*) în hrana ciliatelor *Paramecium caudatum* pentru diferite concentrații ale acestora (0,1 mg/l, 0,5 mg/l, 1 mg/l, 10 mg/l) în comparație cu un grup martor (fără substanță testată).

Efectul algei verzi, *Chlorella vulgaris*, utilizată ca hrană pentru ciliate - *Paramecium caudatum* a fost evaluat prin compararea rezultatelor grupurilor expuse la diferite concentrații de alge (0,1 mg/l, 0,5 mg/l, 1 mg/l, 10 mg/l) cu rezultatele grupului martor (Tabelul 1).

După 24 h de expunere a probelor în termostat, rezultatele indică o diferență semnificativă în efectivul numeric al parameciului și în rata de reproducere în grupul expus la 10 mg/l de alge, în comparație cu grupul martor. Efectul negativ este evidențiat prin diferența semnificativă (d) și procentul de diferență (%), care indică o scădere înalt semnificativă a Nt (60%) și a Cw (50,84%), având valori ale P < 0,001 (HS). Aceasta sugerează că o concentrație de 10 mg/l poate inhiba creșterea și reproducerea parameciului. Efect negativ s-a evidențiat și la concentrația de 0,1 mg/l, cu o scădere procentuală (d,%) a Nt (43,33%) și a Cw (31,84%) având valori ale P < 0,01 (S).

În grupurile expuse la 0,5 mg/l și 1 mg/l de clorela, Nt și Cw a ciliatelor au fost mai mici decât în grupul martor, dar diferențele nu au fost semnificative și procentele de diferență (d și %) au indicat că efectele au

fost minore. În grupul expus la 0,1 mg/l de clorela, nu s-au observat diferențe semnificative ale Nt și Cw în comparație cu grupul martor.

Tabelul 1. Rezultatele testării culturii de microalge *Chlorella vulgaris* în hrana ciliatelor *Paramecium caudatum*.

Loturile experimentale	N	Chlorella vulgaris							
		Efectivul numeric (Nt) M ± ES	Diferența față de martor			Rata de reproducere (Cw) M ± ES	Diferența față de martor		
			d	%	t _d		d	%	t _d
24 h									
Martor	10	6,00±0,67				1,79±0,11			
0,1 mg/l	10	3,40±0,55	-2,60	43,33	3,00**	1,22±0,18	-0,57	31,84	2,70**
0,5 mg/l	10	4,90±0,53	-1,10	18,33	1,29	1,59±0,12	-0,20	11,17	1,23
1 mg/l	9	5,89±1,10	-0,11	1,83	0,09	1,77±0,17	-0,02	1,12	0,10
10 mg/l	10	2,40±0,17	-3,60	60,00	5,21***	0,88±0,07	-0,91	50,84	6,98***
72 h									
Martor	9	109,00±18,69				1,56±0,05			
0,1 mg/l	10	157,60±35,38	+48,60	44,59	1,21	1,69±0,09	+0,13	8,33	1,26
0,5 mg/l	10	178,40±18,80	+69,40	63,67	2,62**	1,73±0,03	+0,17	10,90	2,92**
1 mg/l	10	187,40±30,00	+78,40	71,93	2,22*	1,74±0,05	+0,18	11,54	2,55*
10 mg/l	10	136,00±24,71	+27,00	24,77	0,87	1,64±0,08	+0,09	5,77	0,95
120 h									
Martor	10	199,40±27,14				1,06±0,04			
0,1 mg/l	10	354,90±80,94	+155,50	77,98	1,82	1,17±0,06	+0,07	6,60	0,97
0,5 mg/l	10	437,30±101,26	+237,90	119,31	2,27*	1,22±0,06	+0,11	10,38	1,53
1 mg/l	10	301,30±28,72	+101,90	51,10	2,58**	1,14±0,02	+0,09	8,49	2,01*
10 mg/l	9	223,33±44,06	+23,93	12,00	0,46	1,08±0,05	0,00	0,00	0,00
144 h									
Martor	10	160,30±15,78				0,85±0,02			
0,1 mg/l	10	343,90±45,68	+183,60	114,54	3,80***	0,97±0,03	+0,12	14,12	3,33***
0,5 mg/l	10	460,50±32,87	+300,20	187,27	8,23***	1,02±0,01	+0,17	20,00	7,60***
1 mg/l	10	285,60±42,72	+125,30	78,17	2,75**	0,94±0,05	+0,09	10,59	1,67
10 mg/l	9	222,78±36,18	+62,48	30,98	1,58	0,90±0,05	+0,05	5,88	0,93

Remarcă: * - P < 0,05 (S); ** - P < 0,01 (S); *** - P < 0,001 (HS); P > 0,05 (NS)

Astfel, după 24 h, concentrațiile 10 mg/l și 0,1 mg/l de clorela au un efect semnificativ inhibitor asupra creșterii și reproducției ciliatei *P. caudatum*, în timp ce concentrațiile medii (0,5 și 1 mg/l) au avut efecte minore sau nesemnificative.

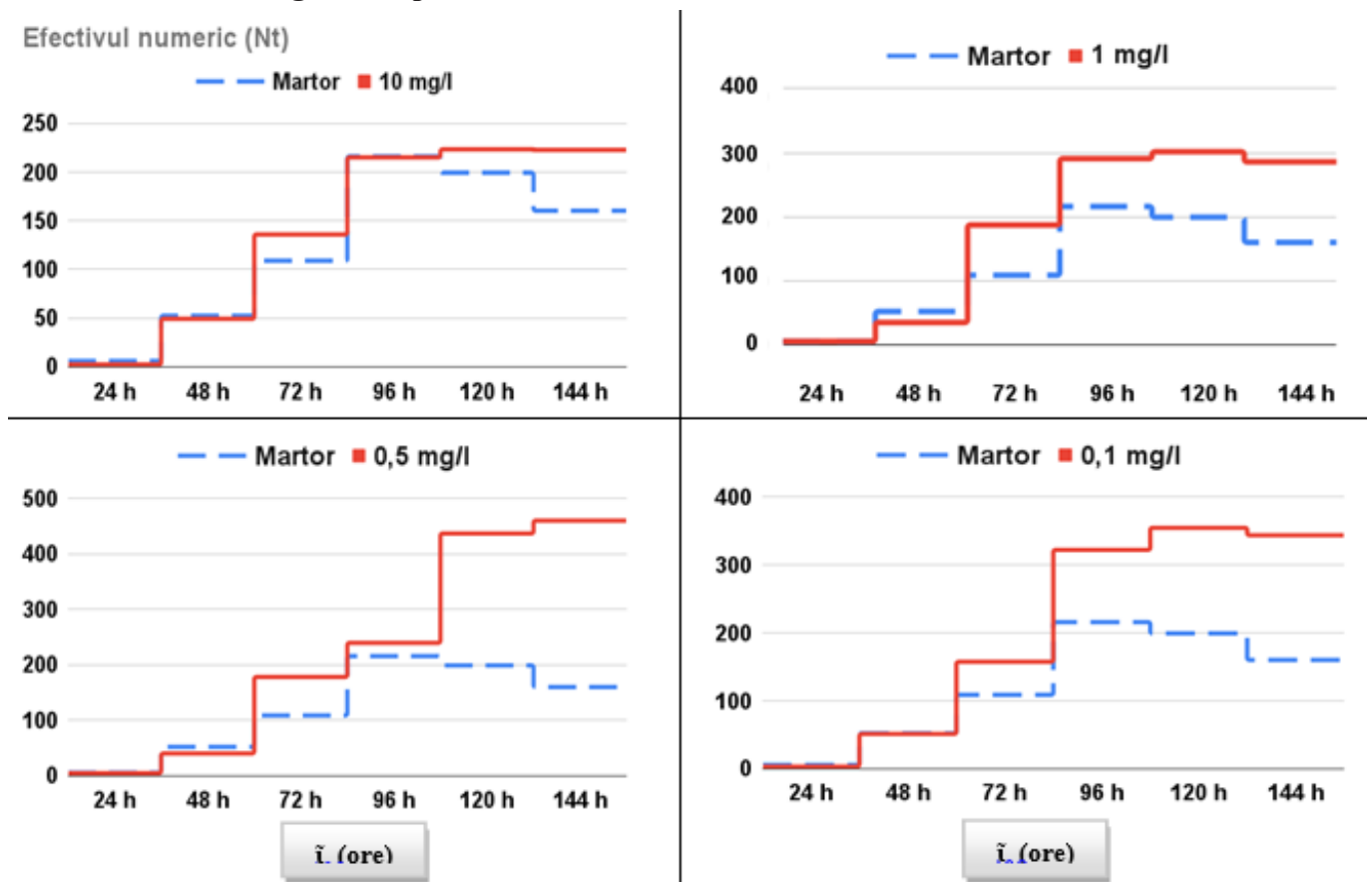
După 72 ore de incubare, pentru concentrația de 0,1 mg/l, înregistrăm o creștere a valorii medii de la 109,00 la 157,60, cu o diferență de +48,60 și o valoare procentuală de 44,59. Valoarea medie Cw a fost de 1,69 cu o diferență de +0,13 față de martor. Creșterea este nesemnificativă având P > 0,05 (NS).

Pentru concentrația de 0,5 mg/l, observăm o creștere a valorilor medii de la 109,00 la 178,40, cu o diferență de +69,40 și o valoare procentuală de 63,67. Valorile corespunzătoare Cw și diferențelor medii sunt de 1,73 și +0,17. Diferențele au fost semnificative cu P < 0,01 (S).

Pentru concentrația de 1 mg/l, înregistrăm de asemenea o creștere a valorilor medii de la 109,00 la 187,40, cu o diferență de +78,40 și o valoare procentuală de 71,93. Valorile corespunzătoare Cw și diferențelor medii sunt de 1,74 și +0,18. $P < 0,05$ (S) deci creșterea este semnificativă. Iar, pentru concentrația de 10 mg/l Nt și Cw a ciliatei au fost mai mari decât în grupul martor, dar diferențele nu au fost semnificative.

Astfel, putem spune că există o relație directă între concentrația culturii algale testate și creșterea valorilor înregistrate în martor. Cu cât concentrația crește, cu atât valorile înregistrate față de valorile martor sunt mai mari. Această relație este semnificativă statistic în cazul concentrațiilor de 0,5 mg/l și 1 mg/l, având valorile P mai mici de 0,05.

Figura 1. Efectivul numeric (Nt) al parameciului după administrarea a 10 mg/l, 1 mg/l, 0,5 mg/l, și 0,1 l de *Chlorella vulgaris* timp de 24...144 h.



După 120 h s-a observat că, pentru martor, media Nt a fost de 199,40 și media Cw de 1,06. Pentru concentrația de 0,1 mg/l, observăm o creștere a valorii medii Nt de 354,90, cu o majorare semnificativă față de martor, de 155,50 și o valoare procentuală de 77,98. Valoarea Cw a fost de 1,17, cu o diferență de 0,07, puțin mai mare decât cea a martorului.

Pentru concentrația de 0,5 mg/l, media Nt a fost de 437,30, cu o creștere elocventă față de martor, de 237,90, cu circa 119,31%. $P < 0,05$ (S), deci creșterea este semnificativă. Valoarea medie Cw a fost de 1,22 cu o diferență de +0,11, demonstrând o creștere puțin mai mare decât la concentrația de 0,1 mg/l. La concentrația de 1 mg/l, media Nt crește cu o diferență de 51,10 % (101,90), având valori mai mari, de 301,30. Creșterea este semnificativă cu $P < 0,01$ (S). Valoarea Cw a fost de 1,14, mai mare decât martorul și mai mică decât la concentrațiile de 0,1 și 0,5 mg/l, unde $P < 0,05$ (S). Pentru concentrația de 10 mg/l, media Nt a fost de 223,33, cu o creștere ușoară față de martor, de 23,93, cu $t_d = 0,46$. Valoarea Cw a fost de 1,08, similară cu cea a martorului.

În concluzie, concentrațiile culturii analizate, după 120 h de incubare, au avut o influență semnificativă asupra parameciului. În general, concentrațiile de 0,5 mg/l și 1 mg/l au avut un impact pozitiv, care s-a manifestat prin creșterea valorilor măsurate.

După 144 ore, pentru concentrația de 0,1 mg/l, s-a înregistrat o creștere de cca 2 ori a valorii Nt, de la 160,30 (martorul) la 343,90, cu diferența înregistrată de +183,60. De asemenea, s-a observat o creștere a Cw de la 0,85 (martorul) la 0,97, cu o diferență de +0,12. Valorile Nt cât și Cw sunt înalt semnificative din punct de vedere statistic, având $P < 0,001$ (HS).

Pentru concentrația de 0,5 mg/l a culturii algale de clorela, s-a înregistrat o creștere a valorii Nt la 460,50, cu diferența de +300,20. Cw, de asemenea, a crescut până la 1,02, cu diferența de +0,17. Diferențele înregistrate sunt înalt semnificative statistic ($P < 0,001$). Pentru concentrația de 1 mg/l, Nt crește până la 285,60. Diferența înregistrată este de 125,30 și este semnificativă statistic ($P < 0,01$). Cw înregistrează o creștere ușoară de la 0,85 (martorul) la 0,94, însă această creștere nu este semnificativă statistic.

La concentrația de 10 mg/l, valoarea Nt crește până la 222,78, cu diferența înregistrată de 62,48. De asemenea, s-a observat o creștere a Cw până la 0,90, cu diferența de 0,05. Creșterile Nt și Cw nu sunt semnificative statistic.

Rezultatele experimentale atestă faptul că concentrațiile de 0,1 mg/l, 0,5 mg/l și 1 mg/l au stimulat creșterea efectivului numeric și al ratei de reproducere la paramecii cu valori semnificative din punct de vedere statistic.

Totodată a fost evaluat efectul concentrațiilor de 0,1 mg/l, 0,5 mg/l, 1 mg/l și 10 mg/l de clorela asupra numărului de diviziuni celulare (n , formula 2), constantei vitezei de dividere (v , formula 3) și timpului unei generații (g , formula 4) pe parcursul perioadei de incubație de la 24 la 144 de ore (Tab. 2).

Tabelul 2. Efectul culturii de *Chlorella vulgaris* asupra numărului de diviziuni celulare (n), constantei vitezei de dividere (v) și a timpului unei generații (g) în populația de *P. caudatum*.

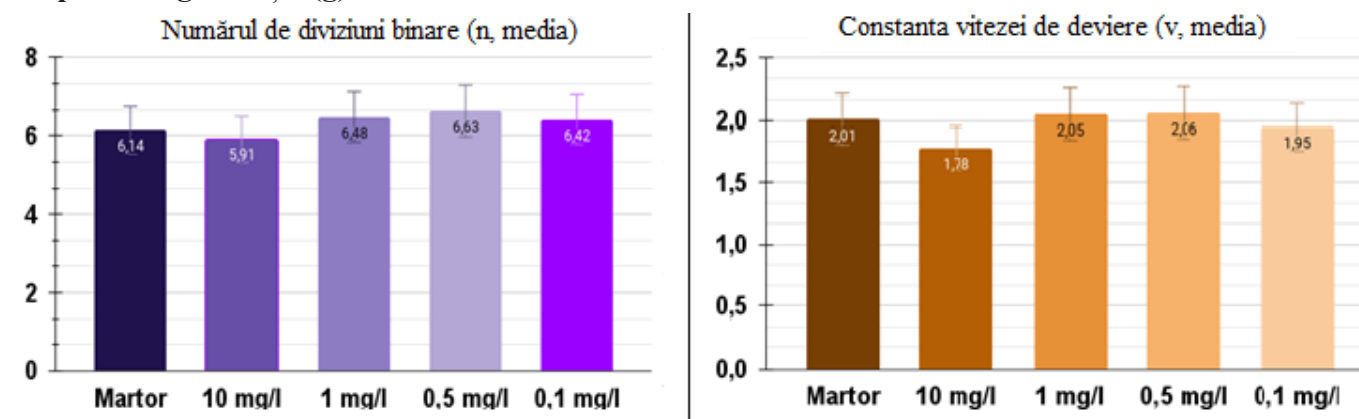
Parametrii	Martor	10 mg/l	1 mg/l	0,5 mg/l	0,1 mg/l
Numarul de diviziuni celulare n (M±ES)	6,14±0,65	5,91±0,81	6,48±0,78	6,63±0,83	6,42±0,87
Constanta vitezei de dividere v (M±ES)	2,01±0,20	1,78±0,19	2,05±0,16	2,06±0,15	1,95±0,17
Timpul unei generatii g (M±ES)	0,54±0,06	0,61±0,06	0,52±0,05	0,51±0,04	0,54±0,04

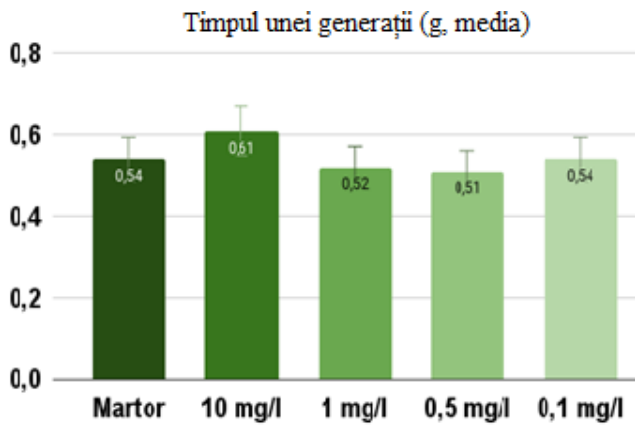
Efectele observate la concentrațiile de 0,5 mg/l și 1 mg/l de clorelă prezintă o tendință de creștere a diviziunii celulare (n) și a constantei vitezei medii de dividere (v) a parameciului. Această creștere este confirmată de $n=6,63$ (pentru 0,5 mg/l) și $n=6,48$ (pentru 1 mg/l), iar $v=2,06$ (pentru 0,5 mg/l) și $v=2,05$ (pentru 1 mg/l), în comparație cu grupul martor care avea valori de $n=6,14$ și $v=2,01$.

Timpul mediu al unei generații, notat cu g , prezintă o variație ușoară de scădere. Astfel, pentru formarea unei generații, este necesară o perioadă mai mică de timp, de 0,51 (pentru 0,5 mg/l) și 0,52 (pentru 1 mg/l), comparativ cu grupul martor care are un timp mediu necesar pentru o generație mai mare (0,54).

La parameciile expuse la concentrația de 0,1 mg/l a culturii de *Chlorella vulgaris*, s-a demonstrat că, în decursul a 144 de ore de incubație, au loc în medie aproximativ 6,42 diviziuni celulare, cu o viteză de dividere de 1,95. Pe durata întregii perioade experimentale, o nouă generație de paramecii s-a format la fiecare 0,54 ore (Fig. 2).

Figura 2. Influența *Chlorella vulgaris* asupra diviziunii celulare (n), vitezei de dividere (v) și timpului de generație (g) la *P. caudatum* în decursul a 144 de ore de incubare.





Sub acțiunea clorelei cu concentrația de 10 mg/l valorile medii n , v și g sunt mai mici decât valorile martorului, fapt care ne indică despre acțiunea nefavorabilă a compusului în concentrația majoră asupra parametrilor studiați la paramecii.

În concluzie, concentrațiile de 0,5 mg/l și 1 mg/l de clorele au avut un efect benefic asupra diviziunii celulare la paramecii, accelerând viteza de divizare și crescând valorile n și g .

În condiții de laborator a fost cercetată acțiunea microalgei *Oscillatoria amphibia* din filumul *Cyanophyta* (*Cyanobacteria*), în calitate de hrană,

asupra ciliatelor *Paramecium caudatum*. Acest studiu a furnizat informații interesante privind interacțiunea dintre aceste organisme.

Rezultatele arată că, după 24 h de incubare, concentrațiile de 0,1 mg/l, 0,5 mg/l, 1 mg/l și 10 mg/l de *O. amphibia* au efecte variate asupra ciliatelor. De exemplu, concentrațiile de 0,5 mg/l și 1 mg/l au avut cele mai pronunțate efecte negative față de martor în ceea ce privește efectivul numeric și rata de reproducere a parameciilor.

La concentrația de 0,1 mg/l a fost înregistrată o rată de reproducere similară cu cea a martorului, cu o mică diferență negativă de doar 0,18. Totuși, acest lot a avut o diferență mai mare în efectivul numeric față de martor, de 4,76%.

Concentrațiile mai mari de 0,5 mg/l, 1 mg/l și 10 mg/l au provocat reduceri semnificative atât ale efectivului numeric, cât și ale ratei de reproducere față de martor. Diferențele au fost mai mari odată cu creșterea concentrației de microalge, cu valori între 0,28 și 0,56 pentru efectivul numeric și între 0,06 și 0,16 pentru rata de reproducere.

Cele mai mari diferențe față de martor au fost înregistrate la concentrația de 0,5 mg/l atât în efectivul numeric (14,81%), cât și în rata de reproducere (12,03%).

Concentrația de 0,1 mg/l înregistrează un efect nepronunțat sau chiar ușor pozitiv asupra ciliatelor, în timp ce concentrațiile mai mari au dus la scăderi semnificative în populația acestora.

Concentrația de 10 mg/l influențează negativ populația de paramecii, însă nu afectează puternic rata lor de reproducere în acest interval scurt de timp.

Tabelul 3. Testarea culturii de microalge *Oscillatoria amphibia* în hrana ciliatelor *Paramecium caudatum*.

Loturile experimentale	N	Oscillatoria amphibia							
		Efectivul numeric (Nt) M ± ES	Diferența față de martor			Rata de reproducere (Cw) M ± ES	Diferența față de martor		
			d	%	t_d		d	%	t_d
24 h									
Martor	10	3,78±0,68				1,33±0,16			
0,1 mg/l	10	3,60±0,42	-0,18	4,76	0,23	1,28±0,12	-0,05	3,76	0,25
0,5 mg/l	10	3,22±0,61	-0,56	14,81	0,61	1,17±0,17	-0,16	12,03	0,69
1 mg/l	9	3,44±0,56	-0,34	8,99	0,39	1,27±0,16	-0,06	4,51	0,27
10 mg/l	10	3,50±0,40	-0,28	7,41	0,35	1,24±0,16	-0,09	6,77	0,40
72 h									
Martor	9	91,78±46,03				1,51±0,16			
0,1 mg/l	10	88,11±45,54	-3,67	4,00	0,06	1,49±0,12	-0,02	1,32	0,10
0,5 mg/l	10	64,38±29,93	-27,40	29,85	0,50	1,39±0,12	-0,12	7,95	0,60

1 mg/l	10	73,56±24,26	-18,22	19,85	0,35	1,43±0,12	-0,08	5,30	0,40
10 mg/l	10	23,20±3,34	-68,58	74,72	1,49	1,05±0,04	-0,46	30,46	2,79**
120 h									
Martor	10	114,40±36,98				0,95±0,07			
0,1 mg/l	10	81,80±19,80	-32,60	28,50	0,78	0,88±0,04	-0,07	7,37	0,87
0,5 mg/l	10	69,90±15,08	-44,50	38,90	1,11	0,85±0,05	-0,10	10,53	1,16
1 mg/l	10	65,80±15,67	-48,60	42,48	1,21	0,84±0,05	-0,11	11,58	1,28
10 mg/l	9	39,11±7,38	-75,29	65,81	2,00*	0,73±0,04	-0,22	23,16	2,73**
144 h									
Martor	10	66,44±8,02				0,70±0,02			
0,1 mg/l	10	64,80±9,48	-1,64	2,47	0,13	0,70±0,03	0,00	0,00	0,00
0,5 mg/l	10	56,78±12,13	-9,66	14,54	0,66	0,67±0,04	-0,03	4,29	0,67
1 mg/l	10	61,33±7,27	-5,11	7,69	0,47	0,69±0,02	-0,01	1,43	0,35
10 mg/l	9	65,63±6,12	-0,81	1,22	0,08	0,70±0,02	0,00	0,00	0,00

Remarcă: * - $P < 0,05$ (S); ** - $P < 0,01$ (S); *** - $P < 0,001$ (HS); $P > 0,05$ (NS)

Analiza datelor experimentale la 72 h demonstrează că, grupurile tratate cu concentrații de *Oscillatoria amphibia* (0,1 mg/l, 0,5 mg/l, 1 mg/l, 10 mg/l) au înregistrat în continuare scăderi ale parametrilor măsurați (de la -3.67% la -68.58%) în comparație cu grupul martor.

Concentrația de 0,1 mg/l a avut valori asemănătoare cu ale martorului cu cea mai mică diferență de -3,67, și aproximativ 4,00%. Concentrațiile de 0,5 mg/l și 1 mg/l, de asemenea, au provocat scăderi atât ale efectivului numeric cu -27,40 (29,85%) și cu -18,22 (19,85%), cât și ale ratei de reproducere cu -0,12 (7,95%) și cu -0,08 (5,30%) față de martor. Pe când, concentrația de 10 mg/l are cel mai mare impact. Astfel, s-a înregistrat o scădere semnificativă a parametrului măsurat Cw, în comparație cu celelalte concentrații de 0,1 mg/l, 0,5 mg/l și 1 mg/l, iar diferența a fost considerată extrem de semnificativă statistic ($P = 2.79^{**}$).

Valorile P pentru diferențele semnificative ale Nt între grupul martor și grupurile tratate cu diferite concentrații (0,1 mg/l, 0,5 mg/l, 1 mg/l, 10 mg/l) sunt destul de mici (între 0,06 și 1,49), indicând că aceste diferențe sunt ne semnificative statistic.

Concentrațiile crescute de *Oscillatoria amphibia* reduc drastic populația de protozoare și afectează negativ rata lor de reproducere în acest interval de timp mai lung.

După 120 h de incubare, analiza detaliată a rezultatelor demonstrează că toate concentrațiile testate reduc numărul de paramecii în comparație cu martorul. Concentrația de 0,1 mg/l a avut o diferență a numărului total de paramecii (Nt) față de martor de -32,60 (28,50%), iar coeficientul de creștere (Cw) a fost de -0,07, reprezentând 7,37 %.

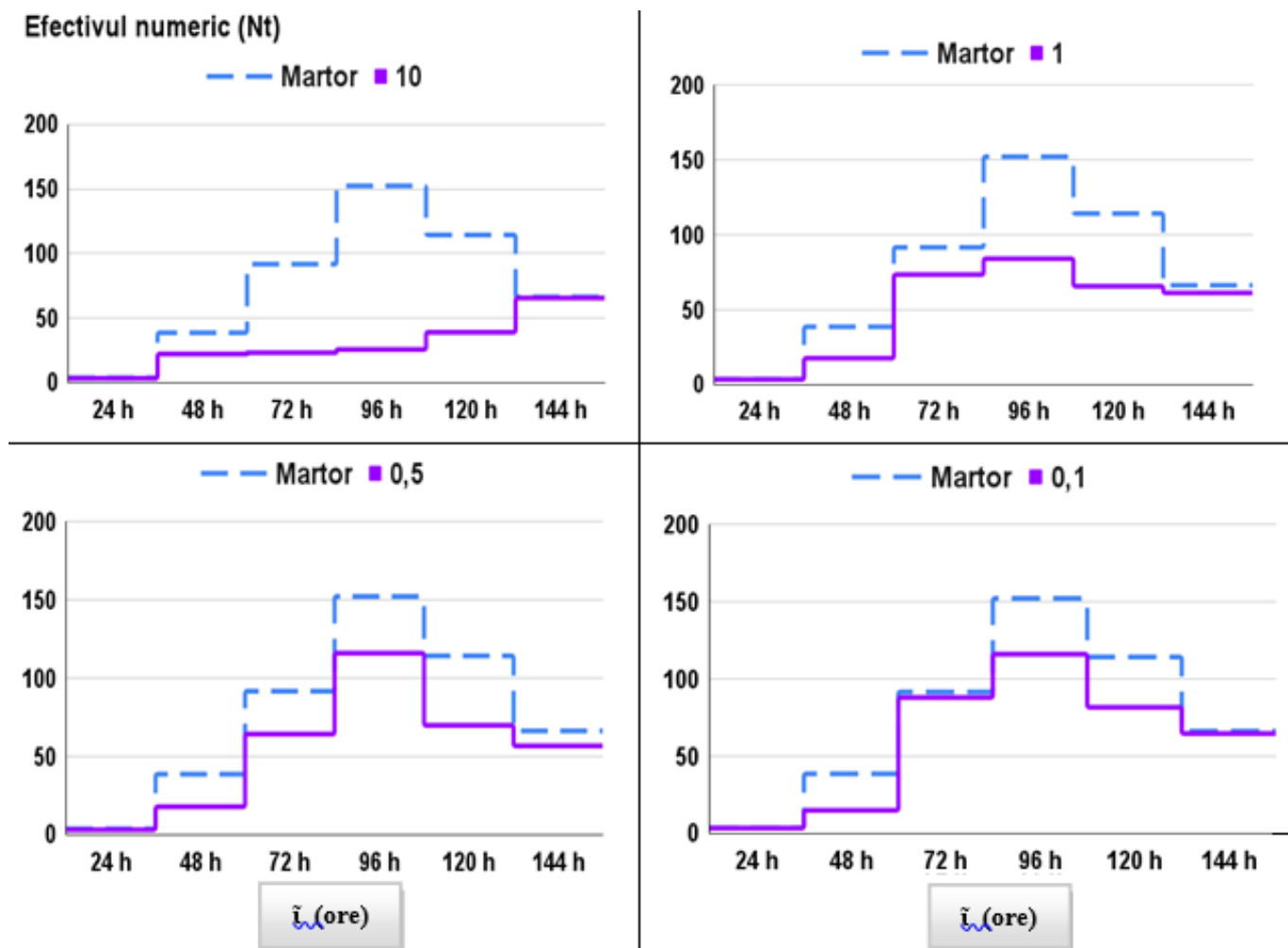
Concentrațiile de 0,5 mg/l și 1 mg/l au avut un efect negativ mai pronunțat, cu o diferență a Nt față de martor de -44,50 (38,90% pentru 0,5 mg/l) și de -48,60 (42,48% pentru 1 mg/l), iar Cw a fost de -0,10 (10,53% pentru 0,5 mg/l) și de -0,11 (11,58% pentru 1 mg/l) respectiv.

Concentrația de 10 mg/l are cel mai puternic efect negativ, cu o diferență a Nt față de martor de -75,29, reprezentând 65,81%, și o diferență semnificativă statistică $P < 0,05$ (S) ($P=2,00^*$). Parametrul Cw a înregistrat o diferență de -0,22 (23,16%), diferență considerată semnificativă statistic $P < 0,01$ (S) ($P=2,73^{**}$).

Efectul negativ al concentrațiilor crescute de alge asupra numărului și ratei de reproducere al parameciilor devine mai accentuat pe măsură ce timpul de incubație crește. De asemenea, variabilitatea datelor a crescut odată cu creșterea concentrațiilor în mediul de testare.

La timpul de incubare de 144 de ore, concentrațiile medii au redus efectivul numeric al ciliatelor. Efectele negative notabile au fost observate la concentrațiile de 0,5, și 1 mg/l. Concentrațiile de 0,1 mg/l și 10 mg/l au prezentat valori similare cu martorul, indicând absența unor efecte semnificative. Rata de reproducere a rămas relativ constantă în toate loturile experimentale.

Figura 3. Efectivul numeric (Nt) al parameciei după administrarea a 10 mg/l, 1 mg/l, 0,5 mg/l, și 0,1 mg/l de *Oscillatoria amphibia* timp de 24...144 h.



Efectul redus al concentrațiilor mai mari asupra numărului de paramecii în acest interval de timp sugerează o posibilă adaptare sau stabilizare a populației de paramecii în fața expunerii îndelungate la cultura de *Oscillatoria amphibia*.

Analiza detaliată a tabelului 4 prezintă date referitoare la numărul de diviziuni celulare (n) în funcție de mator, constanta vitezei de dividere (v) și timpul unei generații (g) a populației de parameciului hrănit cu *Oscillatoria amphibia*. Concentrația de 10 mg/l prezintă cel mai mare efect redus, având o medie de $n=4,23$, $v=1,38$, și $g=0,79$, indicând o inhibare semnificativă a parametrilor respectivi. Concentrațiile mai mici, de 1 mg/l, 0,5 mg/l, și 0,1 mg/l, au, de asemenea, efecte negative asupra numărului de diviziuni celulare (n), constantei vitezei de dividere (v) și timpului unei generații (g), dar cu valori mai mari comparativ cu concentrația de 10 mg/l și valori mai mici comparativ cu matorul.

Tabelul 4. Efectul culturii de *Oscillatoria amphibia* asupra numărului de diviziuni celulare (n), constantei vitezei de dividere (v) și a timpului unei generații (g) a populației de *P. caudatum*.

Parametrii	Mator	10 mg/l	1 mg/l	0,5 mg/l	0,1 mg/l
Numarul de diviziuni celulare n (M±ES)	5,01±0,797	4,23±0,65	4,68±0,75	4,67±0,77	4,83±0,78
Constanta vitezei de dividere v (M±ES)	1,59±0,18	1,38±0,21	1,49±0,16	1,47±0,17	1,53±0,16
Timpul unei generatii g (M±ES)	0,67±0,09	0,79±0,11	0,72±0,08	0,72±0,09	0,69±0,08

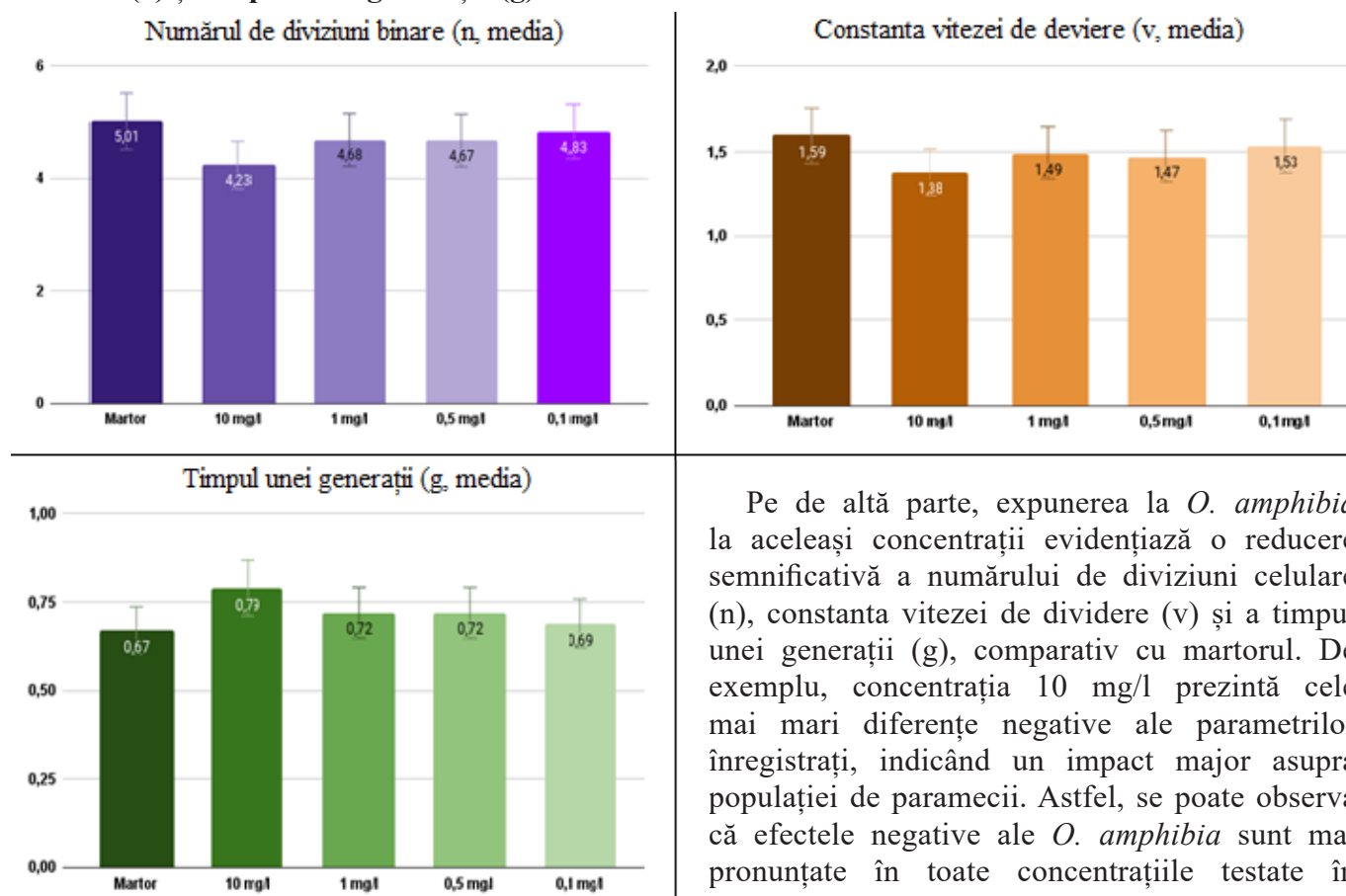
Astfel, concentrațiile crescute de *Oscillatoria amphibia* au un impact negativ semnificativ asupra

numărului de diviziuni celulare (n), a constantei vitezei de dividere (v) și a timpului unei generații (g) în populația de *P. caudatum* (Fig. 4).

Analiza comparativă a tabelelor 2 și 4 relevă diferențe semnificative în efectele exercitate de *Chlorella vulgaris* și *Oscillatoria amphibia* asupra populației de *P. caudatum*.

Expunerea cu cultura de *Chlorella vulgaris* la diferite concentrații indică o variație relativ mică a numărului de diviziuni celulare (n), a constantei vitezei de dividere (v) și a timpului unei generații (g) în comparație cu martorul. De exemplu, concentrația de 0,5 mg/l prezintă cele mai mici diferențe a acestor parametri, înregistrând un efect mai puțin semnificativ în comparație cu celelalte concentrații testate.

Figura 4. Influența culturii de *Oscillatoria amphibia* asupra diviziunii celulare (n), vitezei de dividere (v) și timpului de generație (g) a *P. caudatum* în decursul a 144 de ore de incubare.



Pe de altă parte, expunerea la *O. amphibia* la aceleași concentrații evidențiază o reducere semnificativă a numărului de diviziuni celulare (n), constanta vitezei de dividere (v) și a timpului unei generații (g), comparativ cu martorul. De exemplu, concentrația 10 mg/l prezintă cele mai mari diferențe negative ale parametrilor înregistrați, indicând un impact major asupra populației de paramecii. Astfel, se poate observa că efectele negative ale *O. amphibia* sunt mai pronunțate în toate concentrațiile testate în comparație cu efectele *C. vulgaris*, care prezintă

variații mai mici și mai inconsistente în funcție de concentrație.

Ambele studii au demonstrat că algele pot influența diviziunea celulară, constanta vitezei de dividere (v) și timpul unei generații (g), cu toate că efectele pot varia în funcție de specia de alge și concentrația utilizată. Există o necesitate continuă pentru cercetări suplimentare pentru a înțelege mai bine interacțiunile dintre diferite specii de alge și *P. caudatum*, precum și efectele pe termen lung asupra parameciei și ecosistemelor în care aceste organisme interacționează.

Concluzii

1. Efectul culturii de *Chlorella vulgaris* asupra populației de ciliate *Paramecium caudatum* indică că concentrațiile de 0,1 mg/l, 0,5 mg/l și 1 mg/l determină creșterea N_t și C_w a populației de paramecii, în timp ce concentrația de 10 mg/l înregistrează valori asemănătoare martorului. Aceste concluzii sunt valabile după 24, 72, 120 și 144 ore de expunere la cultura de *Chlorella vulgaris*.

2. Se observă că cele mai semnificative diferențe față de grupul martor se înregistrează pentru *Chlorella vulgaris* testată la concentrațiile de 0,5 mg/l și 1 mg/l, în special timp de 72 și 120 de ore.

3. Efectul *Oscillatoria amphibia* asupra ciliatelor arată că expunerea la concentrații crescute a dus la scăderea parametrilor măsuțați în mod dependent de concentrație. Concentrațiile de 0,5 mg/l, 1 mg/l și 10 mg/l au determinat scăderea ratei de reproducere a ciliatelor în comparație cu martorul. La concentrația de 0,1 mg/l, efectul a fost mai puțin pronunțat, însă totuși s-a observat o diferență față de martor.

4. Pe măsură ce timpul de expunere a crescut (de la 24 de ore la 144 de ore), efectul concentrațiilor culturii de *O. amphibia* asupra ciliatelor a devenit mai pronunțat. La 72 de ore și 120 de ore, concentrația de 10 mg/l a avut cel mai mare impact negativ și cele mai semnificative efecte asupra ratei de reproducere a ciliatelor.

5. Studiile au demonstrat că *Chlorella vulgaris* la concentrațiile de 0,5 mg/l și 1 mg/l a avut un efect benefic asupra diviziunii celulare la paramecii, accelerând viteza de dividere și crescând valorile n și g , în timp ce *Oscillatoria amphibia* la concentrațiile de 10 mg/l, 1 mg/l și 0,5 mg/l a avut un impact negativ semnificativ, reducând viteza de dividere și crescând valorile n și g .

6. A fost demonstrată activitatea biologică înaltă a tulpinii de alge planctonice *Chlorella vulgaris*, care ne dă posibilitatea de a utiliza această hrană pe termen scurt și în doze mici, pentru menținerea la un nivel înalt a ritmurilor de creștere și productivitatea parameciilor.

Referințe:

1. ZUBCOV, E., MIRON, L. D. *Ghid metodologic pentru piscicultori/Programul Operațional Comun România-Republica Moldova 2014-2020*. Institutul de Zoologie. Universitatea de Științele Vieții „Ion Ionescu de Brad” din Iași. 2020, 95 p. ISBN 978-5-88554-098-8.
2. PENESCU, A. *Ecologie și Protecția Mediului. Obiectul și Istoricul Ecologiei. Dezvoltarea Ecologiei în Tara Noastră. Noțiuni Generale în Ecologie*. Notă de curs. București, 2010. 215 p.
3. FABRIS, M., ABBRIANO, R.M., PERNICE, M., SUTHERLAND, D. L., COMMAULT, A. S., HALL, C. C., LABEEUW, L., MCCAULEY, J. I., KUZHIUPARAMBIL, U., RAY, P., KAHLKE, T. AND RALPH, P. J. *Emerging Technologies in Algal Biotechnology: Toward the Establishment of a Sustainable, Algae-Based Bioeconomy*. In: *Frontiers in Plant Science. Sec. Plant Biotechnology*. Volume 11, 2020, 22 p. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00279>
4. MD GUIRY IN GUIRY, M. D. & GUIRY, G. M. 08 November 2023. *AlgaeBase. World-wide electronic publication*, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>. https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=27676
5. GM GUIRY IN GUIRY, M. D. & GUIRY, G. M. 21 November 2023. *AlgaeBase. World-wide electronic publication*, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>. https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=24845
6. VAN HOUTEN, J. A. *Review for the Special Issue on Paramecium as a Modern Model Organism. Microorganisms*, 2023, 11, 937. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11040937>
7. ВАСЦЕР, С. П., КОНДРАТЬЕВА, Н. В., МАСЮК, Н. П. и др. *Водоросли. Справочник*. Киев: Наук. Думка, 1989. 608 с. ISBN 5-12-000486-5.
8. САДЧИКОВ, А. П. *Культивирование водных и наземных беспозвоночных: принципы и методы: учеб. Пособие*. МАКС Пресс, 2009, 271 с. ISBN 5317029317, 9785317029319.
9. КОКОВА, В. *Непрерывное культивирование беспозвоночных*. Новосибирск «Наука». Сибирское отделение, 1982, 168 с.
10. ЯШИН, Я. *Биотехнологии выращивания парameций*. В: *Старт в науке*, 2017, № 4 (часть 3), с. 435-439. <https://science-start.ru/ru/article/view?id=792>
11. SPINEI, L., LOZAN, O., BADAN, V. *Biostatistica*. Univ. de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”. *Școala de Management în Sănătate Publică*. 2009. 186 p. ISBN 978-9975-78-743-7
12. ЗАЙКА, В. Е. *Способы математического описания связи между скоростью роста животных и уровнем их питания*. Зоол. журн., 52(6), 1973, pp. 811 - 821.
13. БЛАЖЕВИЧ, О. В. *Культивирование клеток: Курс лекций*. Минск: БГУ, 2004, 78 с. ISBN 985-485-293-8.

Acknowledgment: *The cost for this study were covered by Subprogram 010701: „Evaluation of the structure and functioning of animal world and aquatic ecosystems under the influence of biotic and abiotic factors in the context of ensuring ecological security and the well-being of the population” within the Institute of Zoology, MSU.*

Date despre autori:

Elena ROȘCOV, doctor în științe biologice, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-3356-151X

E-mail: elena.arcan@gmail.com

Ion TODERAȘ, doctor habilitat, profesor universitar, doctor „Magne cum Laude”, academician, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-1599-838X

E-mail: iontoderas@yahoo.com

Laurenția UNGUREANU, membru corespondent al AȘM, profesor cercetător, doctor habilitat în științe biologice, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-4576-2810

E-mail: ungur02laura@yahoo.com

Daria TUMANOVA, doctor în științe biologice, Institutul de Zoologie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0002-3589-8933

E-mail: dariatumanova@gmail.com

Prezentat la 10.09.2024

ВЛИЯНИЕ СЕЗОННЫХ И ШИРОТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СИНТЕЗ ПЛАСТИДНЫХ ПИГМЕНТОВ

Ирина КОЛОМИЕЦ,

Государственный университет Молдовы

În lucrarea prezentată, folosind exemplul carotenoidelor și tetrapiroloilor, este fundamentată condiționalitatea de mediu a sintezei pigmentilor plastidieni. În seria omologică genului *Viola*, se arată că sinteza determinată genetic de carotenoide și tetrapiroli este o adaptare la ritmurile circadiene ale radiației solare și la variațiile caracteristicilor sale cantitative și calitative. Se încearcă extinderea ariei de predicție a legii seriei omologice a variabilității ereditare: cunoscând severitatea factorului de formare a morfologice pentru seria omologică a unei specii, se poate presupune timpul și locația formelor paralele în alte specii înrudite.

Cuvinte-cheie: carotenoizi, tetrapiroli, radiații, adaptare, radicali, duble legături, spectru.

INFLUENCE OF SEASONAL AND LATITUDE CHANGES IN SOLAR RADIATION ON THE SYNTHESIS OF PLASTID PIGMENTS

In the presented work, using the example of carotenoids and tetrapyrroles, the environmental conditionality of plastid pigment synthesis is substantiated. In the homologous series of the genus *Viola*, it is shown that the genetically determined synthesis of carotenoids and tetrapyrroles is an adaptation to the circadian rhythms of solar radiation and to variations in its quantitative and qualitative characteristics. An attempt is made to expand the area of prediction of the homological series law in hereditary variability, namely, knowing expression of the morph-forming factor for the homological series of one species, one can assume the time and location of parallel forms in other related species.

Keywords: carotenoids, tetrapyrroles, radiation, adaptation, radicals, double bonds, spectrum.

Введение

Высшие растения, насчитывающие по данным Международного союза охраны природы (IUCN) [1] около 280 тысяч видов, демонстрируют удивительное многообразие как по форме, так и по окраске цветков. В современной научной литературе по антропоэкологии нет единого мнения по поводу ведущего цветообразующего фактора у высших растений. Учитывая тот факт, что форма и окраска венчика играют большую роль в привлечении опылителей, многие считают, что зрительный диапазон опылителя служит ведущим фактором цветообразующего признака венчиков у высших растений [2,3]. При этом иногда упускается тот факт, что опылители, зачастую, сами являются холоднокровными, чей жизненный цикл зависит от солнечной активности, а взаимовыгодная связь цветков – опылитель есть, по сути, продукт коэволюции. К тому же для некоторых видов опыляемых цветковых растений не установлена связь между цветом, формой и типом опылителя [4,5]. С другой стороны, имеются данные указывающие на то, что вариации пигментации венчиков внутри одного таксона и среди близкородственных таксонов могут быть обусловлены варьированием абиотических факторов: освещенности, засухи, температуры, засоленности, кислотности, обогащенности почвы азотом [6-9]. Легко заметить, что перечисленные факторы являются производными от фактора солнечной радиации. Следовательно, можно предположить, что солнечное излучение обуславливает абсорбционный диапазон природных пигментов и создает широкий ассортимент для отбора опылителям. В представленной работе делается попытка расширить доказательную базу данного утверждения. Чтобы проверить истинность данного высказывания предлагается:

- 1) проиллюстрировать зависимость между длиной волны поглощения и структурными особенностями молекулы пигмента (количеством сопряженных двойных связей и функциональных групп);
- 2) показать связь между синтезом пигментов высшими растениями, и максимумами солнечного излучения;

3) проверить, соответствует ли периоду зацветания растений с детерминированной окраской венчика максимум солнечного излучения в цветовом диапазоне, комплементарном диапазону отражения пигментов, определяющих окраску венчика.

Методы и материалы

Для определения среднедневных спектров солнечного излучения для ясного неба на 20 число каждого месяца использовали таблицу солнечного склонения (таб.1), составленную на основе усредненного значения 4-летнего цикла [10]

Таблица 1. Склонение Солнца в течение года на 20 число каждого месяца.

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
угол, °	-20	-11	-0	+11	+19	+23	+20	+12	+1	-10	-19	-23

Легенда: (+) - Солнце севернее (выше) небесного экватора; (-) – Солнце южнее (ниже) небесного экватора.

Для вычисления оптической массы атмосферы использовали таблицу Бемпорада [11]. Сезонное распределение качественных и количественных характеристик солнечного спектра на экваторе (0°) и в Молдове (48°) проводили на основе данных Технического Меморандума 82021 NASA для абсолютно чистого неба ($\alpha = 1.3$, $\beta = 0.02$) при давлении водяного пара $H_2O = 20$ мм и озона $O_3 = 3.4$ мм [12].

Распределение солнечного излучения УФ-, видимого и ближнего ИК- диапазонов по месяцам (I–XII) на экваторе и в Молдове проводили на основе пакета программ Microsoft - Excel. Спектральные свойства природных пигментов определяли на основе метаанализа [13–16].

Результаты и обсуждени

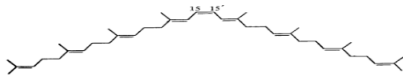
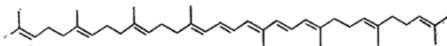
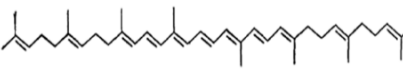
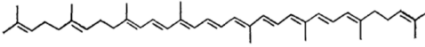
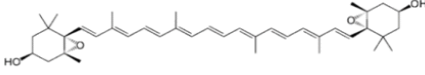
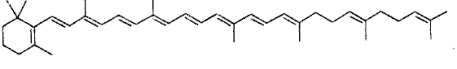
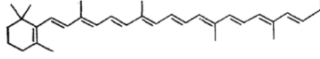
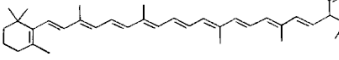
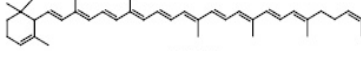
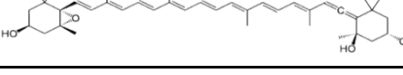
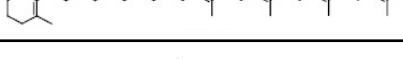
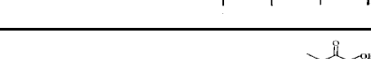

1. Влияние структурных особенностей молекулы пигмента на его спектральные характеристики.

К числу наиболее широко распространенных природных пигментов принадлежат, в первую очередь, каротиноиды, хиноны, меланины, флавоноиды, тетрапирролы, а также менее многочисленные флавины: пурины, птерины, феназины, феноксазины, беталаины и другие N-гетероциклические пигменты. По локализации и происхождению пигменты делятся на пластидные и вакуолярные. Типичными представителями пластидных пигментов являются каротиноиды и тетрапирролы. Каротиноиды представляют собой тетратерпены (C_{40} -соединения или их производные). Основная структура молекулы тетратерпенов симметрична и состоит из двух C_{20} -половин, каждая из которой построена из четырех C_5 -изопреновых фрагментов (таблица 2). Триггером синтеза каротиноидов, чей трехпиковый спектр поглощения повторяет трехпиковый спектр солнечного излучения в сине-зеленом диапазоне, является криптохром - светочувствительный белок. Криптохромы обладают значительным поглощением в ультрафиолетовой (320—390 нм), синей и зеленой (390—500 нм) областях спектра солнечного излучения. Хромофор, ответственный за поглощение каротиноидами видимого света, представляет собой систему сопряженных двойных связей. Он имеет типичный трехпиковый каротиноидный спектр поглощения с четко выраженными максимумами и минимумами.

Основная структура каротиноидов может быть модифицирована за счет присутствия на одном или обоих концах молекулы, как пятичленного, так и шестичленного кольца. Например, у группы каротиноидов: α -, β -каротина, нео-, виола-, астаксантина на обоих концах молекулы присутствует шестичленное кольцо (таблица 2.). При этом на поглощение хромофора влияет стереометрия молекулы пигмента, а именно, очень важно, чтоб все сопряженные двойные связи лежали в одной плоскости, т.е. были компланарными. При нарушении принципа компланарности, сопровождающегося изгибом молекулы (цис-изомеризация, циклизация линейных каротинов), уменьшается степень перекрытия π -орбиталей и эффективная длина хромофора уменьшается. Это приводит к смещению максимумов поглощения в более коротковолновой диапазон. Изгиб молекулы приводит также к ос-

лаблению тонкой структуры, т.е. к менее выраженным максимумам и минимумам в спектре пигмента. Базовые спектры поглощения каротиноидов могут в разной степени смещаться за счет присоединения к основной полиеновой π -электронной системе кислородсодержащих функциональных групп: гидрокси-, метокси-, эпокси-, кето-, альдегидной и карбоксильной. При этом метильная группа смещает спектр поглощения в коротковолновую область, карбонильная в длинноволновую. Остальные группы, например гидроксильная группа, несущественно влияют на спектр поглощения каротиноидов. Мультивариантность спектров поглощения каротиноидов усиливается и за счет процессов этерификации и гликолиза. Однако спектры поглощения каротиноидов *in vivo* и *in vitro* значительно отличаются. Белково – каротиноидные комплексы *in vivo* сдвигают спектр поглощения свободных каротиноидов *in vitro* с $\lambda_{\max} = 470$ нм до $\lambda_{\max} = 530$ -630 нм. Подобного порядка смещения наблюдаются и при использовании различных растворителей в процессе выделения каротиноидов.

Таблица 2. Влияние числа сопряженных двойных связей на длину волны поглощения и окраску каротинов.

Окраска пигмента	Структурная формула	с.д.с.	λ_{\max} поглощения, нм		
15-цис фитоин*		3	275	285	296
Фитофлуин*		5	331	348	367
ζ -каротин*		7	378	400	425
нейроспорин**		9	414	439	467
неоксантин*		9	416	440	470
зеакаротин*		9	430	452	479
α -каротин*		10	424	448	476
β -каротин*		10	429	452	478
δ -каротин****		10	431	456	489
виолаксантин**		10	420	450	490
γ -каротин****		11	437	462	494
ликопин*		11	444	470	502
астаксантин***		13	480	525	570

Легенда : * - [13] ; ** - [14] ; ***- [15]; ****- [16].

Упорядочив приведенный ряд каротинов (таб. 2.) по числу сопряженных двойных связей видим, что с ростом длины хромофора, увеличивается длина волны поглощения пигментов. В приведенном ряду каротиноидов наблюдается рост длины волны поглощения в направлении: 15-цисфитоин < фитофлуин < ζ-каротин < нейроспорин < неоксантин < зеакаротин < α – каротин < β – каротин < виолаксантин < ликопин < астаксантин. Такой возрастающий батохромный эффект (сдвиг максимума поглощения в длинноволновую сторону) объясняется тем, что с увеличением длины полиеновой π-электронной системы стабильность первого возбужденного состояния повышается, при этом электронное возбуждение происходит легче, оно требует меньше энергии и осуществляется светом с большей длиной волны [13].

По мере увеличения длины волны поглощения, уменьшается длина волны отражения пигмента. Такой эффект может быть проиллюстрирован спектрами поглощения каротиноидов с возрастающей длиной хромофора (таб.1). Так фитоин (3 с.д.с.) и фитофлуин (5 с.д.с.), имеющий λ_{\max} при 275, 285, 296 и 331, 348, 367 нм соответственно, бесцветны; ζ-каротин (7 с.д.с.) имеет слабое поглощение в фиолетовом участке спектра ($\lambda_{\max} = 378, 400$ и 425 нм) и потому выглядит слегка желтоватым, а нейроспорин ($\lambda_{\max} = 414, 439, 467$ нм), неоксантин ($\lambda_{\max} = 416, 440, 470$ нм) и зеакаротин ($\lambda_{\max} = 430, 452, 479$ нм) имеют 9 с.д.с., поглощают в фиолетово-синем диапазоне и принимают комплементарный к фиолетово-синему цвету насыщенный желто-оранжевый цвет. Спектры поглощения α – β – каротина и виолакسانтина (10 с.д.с.) лежат в сине-голубом диапазоне и отражают в оранжево-красном диапазоне, ликопин (11 с.д.с.) сильно поглощает в сине-зеленом диапазоне при $\lambda_{\max} = 444, 470, 502$ нм и обладает характерной оранжево-красной окраской. Астаксантин, поглощающий в сине - желтом диапазоне при $\lambda_{\max} = 480, 525, 570$ нм, может приобретать оранжевую, пурпурную и фиолетовую окраску.

Таким образом, на примере каротиноидных пигментов можно пронаблюдать зависимость между длиной волны поглощения и структурными особенностями молекулы пигмента (количеством сопряженных двойных связей и функциональных групп). По мере увеличения количества сопряженных двойных связей в молекулярной структуре пигмента, увеличивается длина волны поглощения и уменьшается длина волны отражения пигмента.

В ряду пластидных пигментов, помимо астаксантинподобных каротиноидов (таб. 1), пики поглощения в длинноволновом диапазоне имеют и тетрапирролы (таб. 3).

Тетрапирролы представляют собой пигменты состоящие из четырех пиррольных N-гетероциклических соединений. К ним относятся такие важные вещества, как хлорофиллы – зеленые светоулавливающие пигменты растений, цитохромы-ферменты аэробной дыхательной цепи, ответственный за перенос электронов с цитохрома с на кислород с образованием воды, а также билины – линейные тетрапирролы - хромофоры фитохрома - фоторегуляторного пигмента растений. Периферические углеродные атомы различных природных пигментов несут добавочные боковые цепи (таб.3). У природных циклических тетрапиррольных пигментов N-атомы пиррольных колец образуют хелатные комплексы с ионами металлов, например, с Mg^{2+} в хлорофиллах. Делокализация электрона распространяется по всему макроциклу, представляющему собой высокосопряженную электронную систему. На спектры поглощения тетрапирролов влияет протяженность макроцикла, поляризация, степень гидрирования и расположение заместителей в пиррольных кольцах, а также среда ионизации (кислотная или щелочная). Таким образом, на широтах, где максимум солнечного излучения смещен в длинноволновую область, как на широте Молдовы в октябре, ноябре, декабре, январе и феврале месяцах, окраску венчиков в ряду пластидных пигментов обуславливают тетрапирролы и в частности хлорофиллы. Поэтому для данных широт характерными представителями являются злаковые, растения с редуцированным венчиком, так как его функцию полностью выполняют вегетативные листья и цветковые чешуи, окрашенные в зеленый цвет. В связи с чем, возможно ветроопыляемость у злаковых появляется не только как следствие адаптации растений к пониженному количеству осадков, но и как адаптация к смещению максимума солнечного излучения в длинноволновую область диапазона. Следовательно, правомочно допущение, что генетически детерминированный синтез пигмента является адаптацией к циркадным ритмам солнечного излучения, к варьированию его количественных и качественных характеристик.

Таблица 3. Влияние числа сопряженных двойных связей (с.д.с.) и функциональных групп на длину волны поглощения и окраску тетрапирролов.

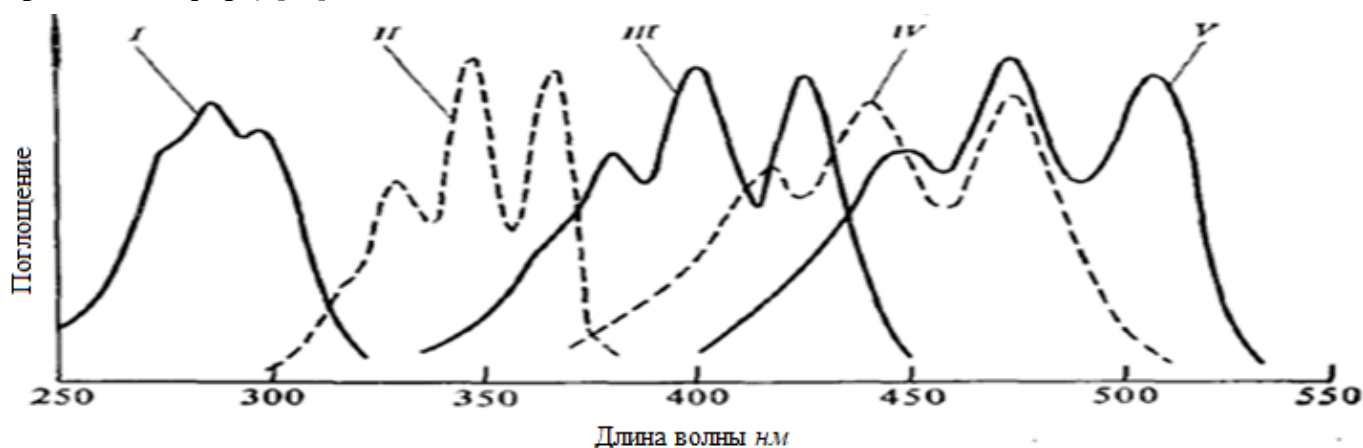
Окраска пигмента	Структурная формула	Функциональная группа	Поглощение λ_{\max} , нм	
Хлорофилл b		$R^1 = \text{CH} = \text{CH}_2$, $R^2 = \text{CHO}$, $R^3 = \text{C}_2\text{H}_5$, $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}^*$	455	641
Хлорофилл a		$R^1 = \text{CH} - \text{CH}_2$, $R^2 = \text{CH}_3$, $R^3 = \text{C}_2\text{H}_5$, $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}^*$	430	662
Хлорофилл d		$R^1 = \text{CHO}$, $R^2 = \text{CH}_3$, $R^3 = \text{C}_2\text{H}_5$, $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}^*$	447	682
Фитохром I		-	-	660
Фитохром II		-	-	730

(Y)* - эфирная группа, остаток спирта фитола $(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3) = \text{CHCH}_2\text{OH}$.

2. Экологическая обусловленность синтеза каротиноидов у высших растений.

Детальное рассмотрение спектров поглощения ациклических каротиноидов с увеличивающейся длиной хромофора (таб. 2, рис. 1.) позволяет заметить, что с ростом числа сопряженных двойных связей в хромофоре происходит не только смещение максимумов поглощения, но и расширяется диапазон поглощения пигментов. Таким образом, что, чем длиннее хромофор, тем шире диапазон его поглощения.

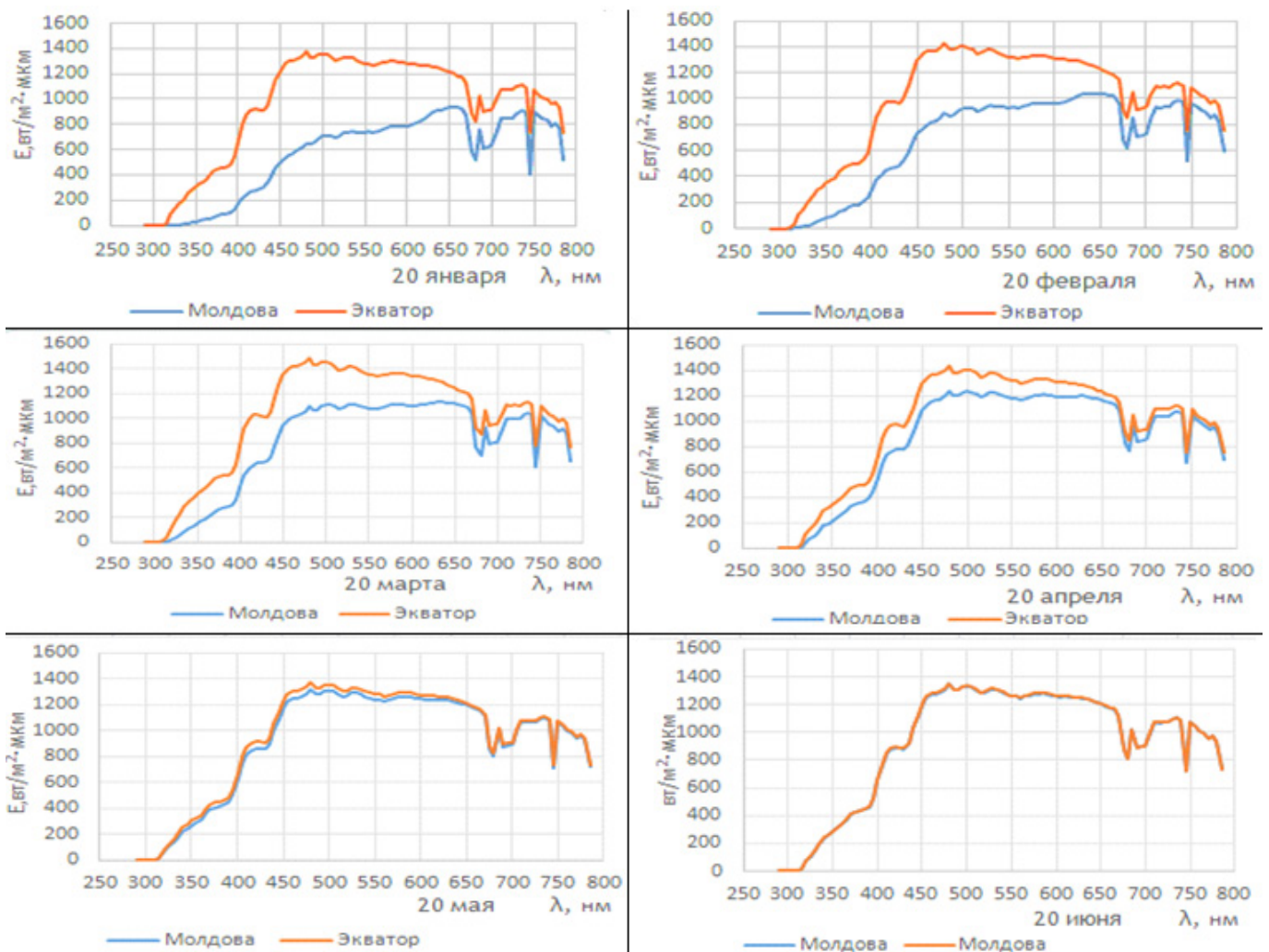
Рис. 1. Спектры поглощения света ациклическими каротиноидами с увеличивающейся длиной хромофора. I-фитоин, II-фитофлуин, III- ζ-каротин, IV-нейреспорин, V-ликопин (в петролейном эфире) [13].

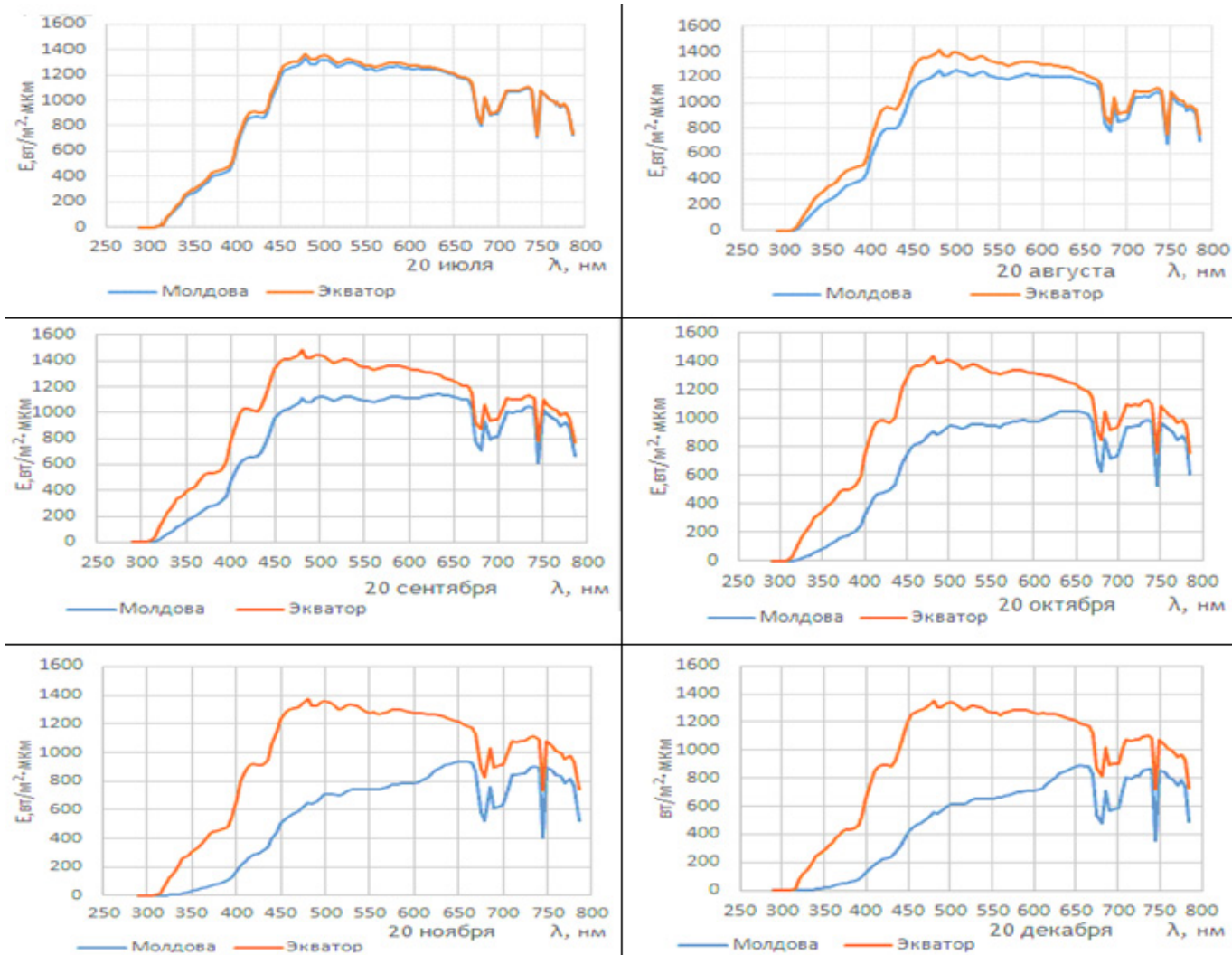


Возможно, это явление связано с энергетическим запросом растительного организма, для реализации которого нужно детерминированное количество энергии. Чем меньше энергия фотонов, тем больше их количество потребляется, тем больше интегральная площадь под спектром поглощения, шире диапазон и наоборот.

Анализ спектров распределения солнечной энергии (рис.2) на 20 число октября, ноября, декабря, января и февраля месяцев отражает смещение максимума энергии солнечного излучения (E) в длинноволновую часть видимого спектра на широте 48° (Молдова) по отношению к нулевой широте 0° (экватор), где максимум излучения находится в коротковолновом диапазоне. Поэтому, в то время как на экваторе складываются благоприятные экологические условия для синтеза пигментов, поглощающих в УФ-, фиолетовом, синем, циановом и зеленом диапазонах (рис. 1), на широте 48° благоприятные условия для синтеза складываются для пигментов, поглощающих в желтом, оранжевом, красном, маржентовом и ИК - диапазонах. В марте – апреле и августе - сентябре на широте 48° происходит выравнивание коротковолнового и длинноволнового пиков излучения солнечного спектра за счет увеличения интенсивности коротковолнового диапазона, который в мае и июле приближается, а в июне совпадает с экваториальным распределением качественных и количественных характеристик солнечного спектра. Соответственно в этот период на широте 48° складываются благоприятные экологические условия для синтеза пигментов, поглощающих в УФ -, фиолетовом, синем, циановом и зеленом диапазонах, как у каротиноидов.

Рис. 2. Распределение солнечного излучения УФ -, видимого и ближнего ИК - диапазонов по месяцам (I-XII) на экваторе и в Молдове.





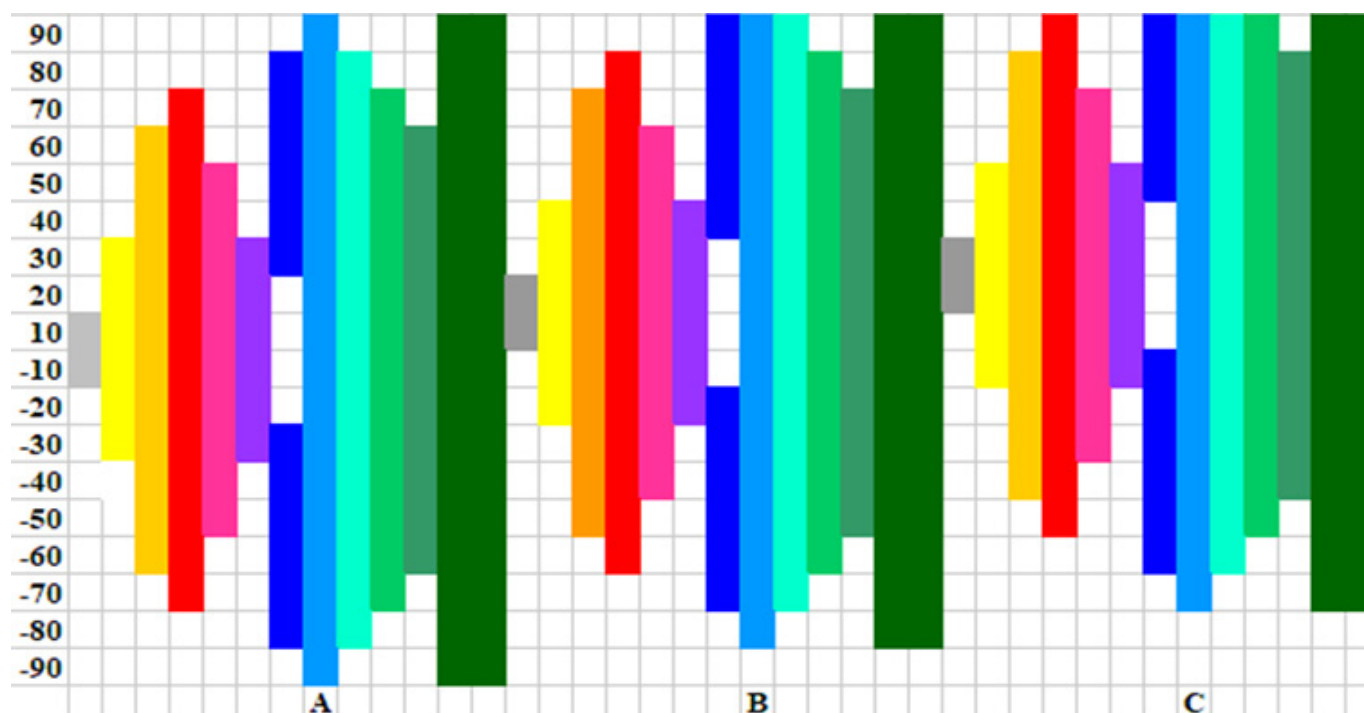
Вавилов 1935 [17], в своем учении о гомологических рядах наследственной изменчивости писал, что виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов. Область предвидения закона гомологических рядов наследственной изменчивости можно значительно расширить следующим дополнением: зная выраженность формообразующего фактора для ряда форм в пределах одного вида, можно предположить время и место нахождения параллельных форм у других близкородственных видов и родов. Следовательно, зная положение максимума на электромагнитной шкале солнечного излучения в данной астрономической и географической точке, мы можем с большой долей вероятности предсказать и синтез природных пигментов с соответствующей длиной волны поглощения у доминирующих видов данной фитоцены. Хорошим примером вышесказанного служит гомологический ряд рода *Viola*. Хотя, безусловно, окраска фиалок определяется не только виолаксантинем и даже не только каротиноидами.

3. Сезонная предпочтительность биосинтеза каротиноидных пигментов на примере рода *Viola*.

Согласно теоретически ожидаемому распределению окраски венчиков цветковых растений (рис. 3), границы ареала вида с монохромным венчиком могут смещаться относительно экватора в пределах 23° , при этом сроки цветения будут охватывать период, за который происходит данное смещение - с 20 марта (точнее точка весеннего равноденствия) по 20 июня (ближе к точке летнего солнцесто-

яния) для Северного полушария и с 20 июня по 20 сентября (точке осеннего равноденствия) для Южного полушария. Аналогичная картина распределения окраски происходит и относительно даты 20 декабря (точнее точки зимнего солнцестояния), за исключением того, что в Северном полушарии в точке зимнего солнцестояния желтый и фиолетовый цвет встречается только вблизи экватора пурпурный доходит до 20° северной широты, оранжевый до 30°, а красный до 40°. Превалирующая окраска венчиков, если бы температурный фактор не зависел от солнечной энергии, начиная от 40° и выше был бы синего, голубого и зеленого цвета. Такую картину мы и наблюдаем на широте 48° в периоды аномально теплых зим, связанных с глобальным потеплением. (В Молдове самое раннее зацветание *V. palustris* за последние 22 года наблюдалось в декабре 2002 года).

Рис. 3. Теоретически ожидаемое распределение окраски венчиков в роде *Viola* за период А - с 20 марта по 20 апреля, В - с 20 апреля по 20 мая, С - с 20 мая по 20 июня.



Таким образом, теоретически предполагаемое время и место цветения вида определяется сезонным расположением максимумов солнечного излучения на электромагнитной шкале. Понятно, что границы ареала не могут быть сплошными, так как материковая часть планеты разграничена океаническими водами, горными массивами, пустынями, ледниками, то есть в той или иной степени малопригодными для произрастания территориями. Поэтому при сопоставлении теоретически ожидаемого и фактически установленного распределения, истинным считался результат, когда фактическое распределение вида принадлежит области теоретически ожидаемого распределения (таб. 3).






Таблица 3. Проверка принадлежности фактического широтного диапазона видов рода *Viola* теоретически предполагаемому диапазону географических широт.

N	Вид	Широты северного полушария, °								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
Цвет	Белый									
1	<i>V. epipsila</i> Ledeb.									
2	<i>V. acuminata</i> Ledeb.									
3	<i>V. pacifica</i> Juz.									
4	<i>V. rupestris</i> F.W.Schmidt,									

5	<i>V. patrinii</i> DC. ex Ging.	■							■	■
6	<i>V. canadensis</i> L.	■								■
7	<i>V. uliginosa</i> Besser	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	<i>V. ambigua</i> Waldst., Kit	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9	<i>V. chelmea</i> Boiss., Heldr.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10	<i>V. yunnanensis</i> Becker, Boiss	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11	<i>V. sacculus</i> W.Becker	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12	<i>V. cornuta</i> L.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
13	<i>V. hypoleuca</i> Hayata	■	■	■	■	■	■	■	■	■
14	<i>V. alba</i> Besser	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Цвет	Желтый									
15	<i>V. altaica</i> Ker., Gawl.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
16	<i>V. tenuissima</i> Chang.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
17	<i>V. praemorsa</i> Douglas ex Lindl.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
18	<i>V. arsenica</i> Beck.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
19	<i>V. cornuta</i> L.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Цвет	Оранжевый									
20	<i>V. coronifera</i> W.Becker	■	■	■	■	■	■	■	■	■
21	<i>V. arvensis</i> Murray	■	■	■	■	■	■	■	■	■
22	<i>V. biflora</i> L.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
23	<i>V. persicifolia</i> Schreb.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
24	<i>V. lutea</i> Huds.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
25	<i>V. caucasica</i> Kolen. ex Rupr.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
26	<i>V. aurea</i> L.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
27	<i>V. kusnezowiana</i> Becker	■	■	■	■	■	■	■	■	■
28	<i>V. uniflora</i> L.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
29	<i>V. pedunculata</i> Torr., A.Gray	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Цвет	Пурпурный									
30	<i>V. rupestris</i> F.W.Schmidt	■	■	■	■	■	■	■	■	■
31	<i>V. irtutiana</i> Turcz.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
32	<i>V. lactea</i> Sm.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
33	<i>V. betonicifolia</i> Sm.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
34	<i>V. chelmea</i> Boiss., Heldr	■	■	■	■	■	■	■	■	■
35	<i>V. alaica</i> Vved.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
36	<i>V. selkirkii</i> Pursh ex Goldie	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Цвет	Фиолетовый									
37	<i>V. lactea</i> Sm.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
38	<i>V. mirabilis</i> L.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
39	<i>V. raunsiensis</i> Becker, Košanin	■	■	■	■	■	■	■	■	■
40	<i>V. odorata</i> L.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
41	<i>V. altaica</i> Ker., Gawl.,	■	■	■	■	■	■	■	■	■
42	<i>V. ambigua</i> Waldst., Kit.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
43	<i>V. bertolonii</i> Merxm., Lippert.	■	■	■	■	■	■	■	■	■

44	<i>V. brachyceras</i> Turcz																		
45	<i>V. chelmea</i> Boiss., Heldr																		
46	<i>V. hirtipes</i> S.Moore.																		
47	<i>V. hispida</i> Lam.																		
48	<i>V. incisa</i> Turcz.																		
49	<i>V. riviniana</i> Rchb.																		
50	<i>V. alaica</i> Vved.																		
51	<i>V. allchariensis</i> Beck.																		
52	<i>V. arsenica</i> Beck.																		
53	<i>V. cornuta</i> L.																		
54	<i>V. alba</i> Besser.																		
55	<i>V. abyssinica</i> Steud.ex Oliv.																		
Цвет	Синий																		
56	<i>V. uliginosa</i> Besser.																		
57	<i>V. collina</i> Besser.																		
58	<i>V. phalacrocarpa</i> Maxim.																		
59	<i>V. sachalinensis</i> H.Boissieu																		
60	<i>V. dissecta</i> Ledeb.																		
61	<i>V. cucullata</i> Aiton																		
62	<i>V. acuminata</i> Ledeb.																		
63	<i>V. dactyloides</i> Schult																		
64	<i>V. altaica</i> Ker Gawl.																		
65	<i>V. bertolonii</i> Merxm., W.Lippert																		
66	<i>V. chelmea</i> Boiss., Heldr																		
67	<i>V. hirtipes</i> S.Moore																		
68	<i>V. hispida</i> Lam																		
69	<i>V. cornuta</i> L.																		
70	<i>V. hirta</i> L.																		
Цвет	Голубой																		
71	<i>V. adunca</i> Sm.																		
72	<i>V. palustris</i> L																		
73	<i>V. acuminata</i> Ledeb																		
74	<i>V. elatior</i> Fr.																		
75	<i>V. persicifolia</i> Schreb.,																		
76	<i>V. cornuta</i> L.																		
77	<i>V. abyssinica</i> Steud.ex Oliv.																		
Цвет	Зеленый																		
78	<i>V. persicifolia</i> Schreb.,																		

Легенда:

	- теоретически разрешенный диапазон широт;		- теоретически запрещенный диапазон широт;
			- фактический диапазон видов с различной окраской венчиков.

В составе группы растений с белой окраской венчика можно выделить две подгруппы: первая с широтной амплитудой от 20 до 80°, а вторая подгруппа от 20° до 50° южной широты. Сравнивая эти две подгруппы по правой границе широтного интервала, находим, что первая подгруппа имеет амплитудный диапазон сходный с голубой, циановой группой рода *Viola*, а вторая подгруппа сходна по правой границе диапазона с желтой группой. По данным Насимовича [18], белый цвет лепестков может быть обусловлен незначительным количеством пигмента. Помимо недостаточности выработки растением пигмента, обусловленной рядом стрессовых факторов, появление белоцветковости объясняется 1) альбилизмом (отсутствие пигмента); 2) полихромизмом (окраска цветка, как правило, варьирует от белой или почти белой до какой-либо другой); 3) пигментной белоцветковостью, обусловленной поглощением пигмента в ультрафиолетовом или инфракрасном диапазоне (15 - цис фитоин, фитофлуин) Таким образом, несоответствие видов с белыми венчиками теоретически предполагаемому распределению может объясняться рядом объективных причин.

В ряду представленных видов обращает на себя внимание факт отсутствия экземпляров с красными венчиками. Это явление может быть обусловлено тем, что максимум солнечного излучения на экваторе находится на границе между синим (440-485нм) и голубым (485-500нм) диапазонами (рис. 2). Дополнительный цвет к синему – оранжевый, а дополнительный к голубому – красный. Поэтому адаптация происходит к обоим диапазонам и как результат – синтез пигментов, максимум поглощения которых лежит в диапазоне от 440нм до 500нм. Такими пигментами могут быть виолаксантин с длиной волны поглощения 420,450,490нм; γ -каротин, с максимумами поглощения 437,462,494нм и ликопин с пиками поглощения при 440, 470 и 502нм. Доля видов с оранжевым цветом венчика в нерандомизированной выборке видов рода *Viola* составляет около 7%, а доля видов с красными венчиками равна 0%. Для видов с желтой, оранжевой, голубой и зеленой окраской венчиков фактические широтные и сезонные границы распространения вида 100% принадлежат области их теоретически ожидаемого распределения, для пурпурного цвета на 95%, для синего цвета на 94%, для фиолетового на 86% (таб. 3). Малочисленность представителей рода *Viola* в интервале от 0° до 20° южной широты объясняется климатическими условиями пустыни Сахары, а в интервале от 80° до 90° - климатическими условиями Заполярья. Существенным недостатком выполненной работы является отсутствие конкретных данных пигментного состава представленного списка видов. Устранение данного недостатка возможно при проведении исследований широкого географического охвата.

Выводы

1. Структурные особенности каротиноидов и тетрапирролов позволяют растению избирательно поглощать солнечную энергию. Рост количества сопряженных двойных связей и функциональных групп в молекуле пигмента смещает пики поглощения в длинноволновый диапазон. Установленный факт позволяет предположить, что генетически детерминированный синтез каротиноидов и тетрапирролов является адаптацией к циркадным ритмам солнечного излучения, к широтному варьированию его количественных и качественных характеристик.

2. Анализ структурных формул произвольного ряда тетрапирролов показал, что на их спектры поглощения влияет протяженность макроцикла, поляризация, степень гидрирования и расположение заместителей в пиррольных кольцах, а также среда ионизации (кислотная или щелочная). В ряду каротиноидных пигментов прослеживается зависимость между длиной волны поглощения и структурными особенностями молекулы пигмента (количеством сопряженных двойных связей и функциональных групп).

3. На примере рода *Viola* было показано, что сезонные и географические изменения качественных характеристик солнечного спектра (смещение коротковолновой границы и распределение максимумов излучения) соответствуют изменениям в спектре отражения венчиков цветковых растений. Фактическое распределение видов рода *Viola* по широтному градиенту и периоду цветения подтвердило состоятельность теоретически ожидаемых результатов. Вероятность соответствия возрастает в ряду: для видов с фиолетовым венчиком < синим < пурпурным < желтым, оранжевым и голубым.

Литература:

1. IUCN - *International Union for Conservation of Nature. The program of the union's activities is regulated by the Code, adopted in 1979.* Available: <https://www.zoospravka.ru/article/iucn.htm>
2. WESTER, P., LUNAU, K. *Plant–Pollinator Communication.* In book: *How Plants Communicate with their Biotic Environment* v. 82, 2017, p. 225-257. DOI:10.1016/bs.abr.2016.10.004
3. NARBONA, E., WANG, H., ORTIZ, P., ARISTA, M., IMBERT, E. *Flower colour polymorphism in the Mediterranean Basin: occurrence, maintenance and implications for speciation.* *Plant Biology* nr. 10, 2016. p. 1-13. DOI: 10.1111/plb.12575 ISSN 1435-8603
4. BINKENSTEIN, JU., RENOULT JU., SCHAEFER H. *Increasing land-use intensity decreases floral colour diversity of plant communities in temperate grasslands.* *Oecologia* 2013, 173(2), p. 463- 471. DOI:10.1007/s00442-013-2627-6
5. BERGAMO, P., WOLOWSKI, M., MARUYAMA, P., K., VIZENTIN-BUGONI, J. *Flower colour and visitation rates of Costus arabicus support the „bee avoidance” hypothesis for red-reflecting hummingbird-pollinated flowers.* *Functional Ecology*, 2016, 30(5), p. 710-720. DOI: 10.1111/1365-2435.12537
6. SCHAEFER, H., RUXTON, G. *Plant–Animal Communication*, Oxford: Oxford University Press, 2011, 296 pp. DOI: 10.1016/j.baee.2011.12.001
7. LACEY, E., LOVIN, M., RICHTER, S., HERINGTON, D. *Floral reflectance, color and thermoregulation: what really explains geographic variation in thermal acclimation ability of ectotherms?.* *The American Naturalist*, 2010, volume 175, nr. 3, p. 335-349. <https://www.researchgate.net/publication/282309038>
8. STAVENGA, D., LEERTOUWER, H., DUDEK, B., KOOI, C. *Coloration of flowers by flavonoids and consequences of pH dependent absorption.* *Front Plant Sci.*, 2020, 11: 600124. DOI: 10.3389/fpls.600124
9. TYSHKEVICH N. *How to change the color of garden hydrangea flowers.* *Belarus today*, 2019. Available: <https://www.sb.by/articles/igra-tsvetom.html>
10. Исмагилов, Н. *Методические указания к практическим занятиям по курсу «Метеорология и климатология»* – Казань: КФУ, 2019, 71 с.
11. ЧЖИН Е. *Методы расчета прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиации. Инновационные научные исследования: теория, методология, практика.* XXIV Международная научно-практическая конференция. Пенза Из-во Наука и просвещение, 30, 2021, с. 14-17.
12. MECHELIKUNNEL, A., RICHMOND, J. *Spectral Distribution of Solar Radiation.* NASA–TM – 82021, 41 p.
13. БРИТТОН, Г. *Биохимия природных пигментов.* М.: Мир, 1986, 442 с. Доступно: <http://sci-lib.com/book000127.html>
14. СОЛОВЧЕНКО, А. *Экранирование видимого и УФ-излучения как фотозащитный механизм растений:* дис. доктор биологических наук: 03.00.12. 2009, 410 с. Доступно: <https://www.dissercat.com/content/ekranirovanie-vidimogo-i-uf-izlucheniya-kak-fotozashchitnyi-mekhanizm-rastenii>
15. КУЛИКОВА, А. *Особенности выделения каротиноидов болгарского перца.* 74-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов : тезисы докладов, 17-22 апреля 2023. Минск: БГТУ, ч. 2, 2023, с. 148-149. Доступно: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/63246>
16. КОЛДАЕВ, В. *Числовые показатели спектров поглощения каротинсодержащих экстрактов из растений.* *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 2021, № 2, с. 5-10. Доступно: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173> „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”appliedHYPERLINK „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”-HYPERLINK „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”researchHYPERLINK „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”.HYPERLINK „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”ruHYPERLINK „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”/HYPERLINK „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”ruHYPERLINK „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”/HYPERLINK „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”articleHYPERLINK „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”/HYPERLINK „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”viewHYPERLINK „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”?HYPERLINK „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”idHYPERLINK „https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13173”=13173

17. ВАВИЛОВ Н. И. *Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости*. Тр. Всерос. съезда по селекции и семеноводству в г. Саратове, 1920, вып. 1, с. 41-56. Доступно: <https://ru.wikipedia.org/wiki>
18. НАСИМОВИЧ, Ю. *Об альбинизме цветка и других случаях белоцветковости*, обзор. ВНИИ охраны природы Минприроды РФ. М., N 1839-В94, 1994, 56 с. Доступно: <http://temnyjles.ru/cvetok/cvet1.shtml>

Данные об авторе:

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

ORCID: 0009-0009-5185-435

E-mail: ikolomic71@gmail.com

Prezentat la 23.09.2024

CZU: 633.15:631.527:632.111.6

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_10](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_10)

EFFECTUL STRESULUI DE TEMPERATURĂ NEGATIVĂ ASUPRA MOBILIZĂRII REZERVELOR DIN SEMINȚE PENTRU GERMINARE ȘI CREȘTEREA TIMPURIE A PLANTULELOR DIFERITOR HIBRIZI DE PORUMB

*Maria CAUȘ,**Universitatea de Stat din Moldova*

A fost studiat efectul stresului de temperatură negativă (STN) de -4°C cu durata de 16 ore aplicat semințelor a 14 hibrizi de porumb înainte de germinare asupra mobilizării și translocării substanțelor de rezervă din endospermul semințelor în germinare și creștere a plantulelor.

S-a stabilit că STN a avut un impact semnificativ asupra ratei de masă a endospermului (RME) consumată în formarea unei unități de masă de rădăcină, epicotil și respirație, prin inhibarea mobilizării masei endospermului în procesele de germinare și creștere a plantulelor. În baza datelor obținute, în funcție de % RME utilizată în germinare și creștere au fost evidențiați hibrizi cu valorile RME: (i) $\approx 24\%-27\%$; (ii) $\approx 15\% - 17\%$ și (iii) $\approx 5\%-8\%$ mai mică, față de valorile variantelor martor.

Cuvinte-cheie: hibrizi de porumb, semințe, stres, temperatură negativă, mobilizarea rezervelor, germinare, creștere.

THE EFFECT OF NEGATIVE TEMPERATURE STRESS ON THE MOBILIZATION OF SEED RESERVES FOR GERMINATION AND EARLY SEEDLING GROWTH OF DIFFERENT MAIZE HYBRIDS

The effect of negative temperature stress (NST) of -4°C for 16 hours applied to the seeds of 14 maize hybrids before germination on the mobilization and translocation of reserve substances from the seed endosperm to germination and seedling growth was studied. It was established that NTS had a significant impact on the endosperm mass rate (RME) consumed in the formation of a unit mass of root, epicotyl and respiration, by inhibiting the mobilization of endosperm mass in the processes of germination and seedling growth. Based on the data obtained, depending on the percentage of RME used in germination and growth, hybrids were identified with RME values: (i) $\approx 24\%-27\%$, (ii) $\approx 15\% - 17\%$ and (iii) $\approx 5\% - 8\%$ lower, compared to the controls.

Keywords: maize hybrids, negative temperature stress, seed reserves mobilization, germination, growth.

Introducere

Porumbul (*Zea mays* L), una dintre cele mai importante culturi de cereale din lume este pe larg folosită ca sursă de hrană atât pentru oameni, cât și pentru animale, ca materie primă energetică, utilizat în diferite ramuri industriale și farmaceutice. Porumbul ca și majoritatea culturilor tropicale și subtropicale este susceptibil la efectele factorilor climatici, inclusiv al stresului temperaturilor extreme [1, 2, p. 252, 3]. Datorită lipsei de aclimatizare la frig în timpul evoluției [5] cultura porumbului este foarte predispusă la temperaturi scăzute, inclusiv al stresului de temperaturi joase pozitive [4, 6] și stresului de îngheț [7, 8]. Creșterea și randamentul culturilor de porumb sunt de obicei limitate din cauza fluctuațiilor de temperatură, care apar primăvara, mai ales dacă aceste fenomene au loc în timpul fazei de germinare [2, p. 252, 9]. Efectele negative ale fluctuațiilor extreme de temperatură apar din ce în ce mai frecvent pe măsură ce schimbările climatice devin mai intense. De aceea, devine din ce în ce mai important să se studieze rezistența porumbului la temperaturi scăzute, adică capacitatea plantelor de a supraviețui în condiții de temperaturi pozitive scăzute și înghețuri. Aprecierea corectă a rezistenței porumbului la temperaturi scăzute este deosebit de importantă în practica agricolă, deoarece de aceasta depinde utilizarea rațională a soiurilor și hibrizilor, precum și optimizarea metodelor de ameliorare pentru obținerea de noi genotipuri. Datorită faptului că clima devi-

ne mai extremă, impactul condițiilor meteorologice asupra productivității plantelor va crește și mai mult, necesitând producerea de linii hibride care să se adapteze cu succes la condițiile mediului ambiant. Noii hibridi de porumb pot fi clasificați cu ajutorul cunoștințelor exacte despre cerințele și răspunsurile plantelor la fluctuațiile de temperatură. Rezultatele cercetărilor recente [8] au demonstrat că aplicarea stresului de temperatură negativă semințelor diferitor hibridi de porumb înainte de germinare a determinat ulterior o scădere a procentului de germinare a semințelor la temperatura optimală de 26°C. În același timp, datele obținute la evaluarea creșterii plantulelor în condiții optime nu au coincis cu rezultatele obținute în timpul germinării, ceea ce poate fi explicat probabil prin proprietățile formelor parentale utilizate pentru selecție [9], rolul fitohormonilor endogeni [10] implicați în procesele relevante, sau prin rata substanțelor de rezervă alocate în germinare și creșterea plantulelor în stadiile incipiente ale ontogenezei.

Pentru înțelegerea proceselor impactului stresului de temperatură negativă și pentru a dezvălui amploarea influenței acestuia asupra desfășurării germinării și creșterii plantulelor este important de a determina ratele substanțelor de rezervă cheltuite în evoluția formării componentelor principale ale creșterii și dezvoltării plantulelor.

Scopul acestui studiu a constat în evaluarea comparativă a substanțelor de rezervă din semințele diferitor hibridi de porumb, ce se deosebesc după toleranța lor la stresul de temperatură negativă, alocate pentru supraviețuirea semințelor, germinarea lor și creșterea plantulelor.

Materiale și metode

Ca material de cercetare au fost folosite semințele a 14 hibridi de porumb oferite de către Instituția Publică „Centrul Național de Cercetare și Producere a Semințelor”, Republica Moldova. Au fost investigați următorii hibridi: Porumbeni (P.) 427, P. 310, P. 374, P. 180, P. 176 MRf, P. 220, P. 221, P. 230, P. 243, P. 305, Bemo (B.) 203, B. 235, Alimentar (Alim.) și Farmec. Înainte de a fi plasate pentru germinare, semințele variantelor martor și experimentale au fost selectate pentru uniformitate și scufundate în apă la temperatura de +4°C timp de 36 de ore. Preventiv, s-a demonstrat că după această operație, semințele de porumb sunt uniforme și bine pregătite pentru germinare. Semințele variantelor experimentale eliberate de apă au fost expuse acțiunii stresului de temperatură negativă (STN) prin incubare timp de 16 ore într-o cameră climatică RUMED - 3401 (Germania) la temperatura de -4°C. În timp ce semințele variantelor martor, de asemenea eliberate de apă, au fost păstrate la frigider la temperatura de +4°C. Ulterior, semințele martor și cele experimentale au fost semănate simultan în recipiente pe discuri de bumbac umede și setate pentru germinare și creștere în termostat, la întuneric, la temperatură optimă de 26°C și umiditatea relativă a aerului de 70-85%. Incubația a durat 120 de ore. Înainte de plasarea semințelor pentru germinare a fost determinată masa uscată a acestora (MUS0). La sfârșitul perioadei de incubare plantulele de porumb de 5 zile au fost colectate, secționare prin separarea rădăcinilor, epicotilelor (partea aeriană) și semințelor după germinare (rămășița semințelor după germinare și creștere). Apoi componentele individuale au fost cântărite și introduse într-un cuptor la 105°C ± 2°C timp de 72 de ore pentru a determina greutatea uscată. Masa uscată a rădăcinilor (MUR), masa uscată a epicotilelor (MUE), masa uscată a semințelor până la germinare (MUS0) și masa endospermului semințelor uscate după germinare și creșterea plantulelor (rămășița semințelor) (MUSr) au fost determinate pentru toate variantele. Pentru a determina rata de biomasă de endosperm translocată în formarea biomasei rădăcinilor, epicotilelor, biomasă de endosperm neutilizată după germinare și masa de endosperm utilizată pentru respirație, în primul rând, a fost determinată cantitatea de masă de endosperm consumată în respirație (MRE) după formula:

$MRE = MUS0 - (MUR + MUE + MUSr)$; unde, MUS0 - biomasă uscată a semințelor înainte de germinare, MUR - biomasă uscată a rădăcinilor, MUE - masa uscată a epicotilelor, MUSr - biomasă uscată a semințelor după germinare (reziduu de endosperm de semințe după 120 de ore de la momentul plasării semințelor în termostat pentru germinare). Apoi, ratele de biomasă ale endospermului alocate creșterii rădăcinilor (RMER), epicotilelor (RMEE) și endospermului neutilizat (RMEN), precum și consumată pentru respirație (RMRE) au fost determinate conform formulelor [11].

Experimentele au fost efectuate în trei repetări. La fiecare repetare s-au folosit 50 de semințe. Fiecare experiment a fost repetat de cel puțin trei ori. Datele au fost prelucrate statistic prin determinarea valorii medii, iar abaterea standard a mediei a fost calculată cu ajutorul programului „Statistica 7”.

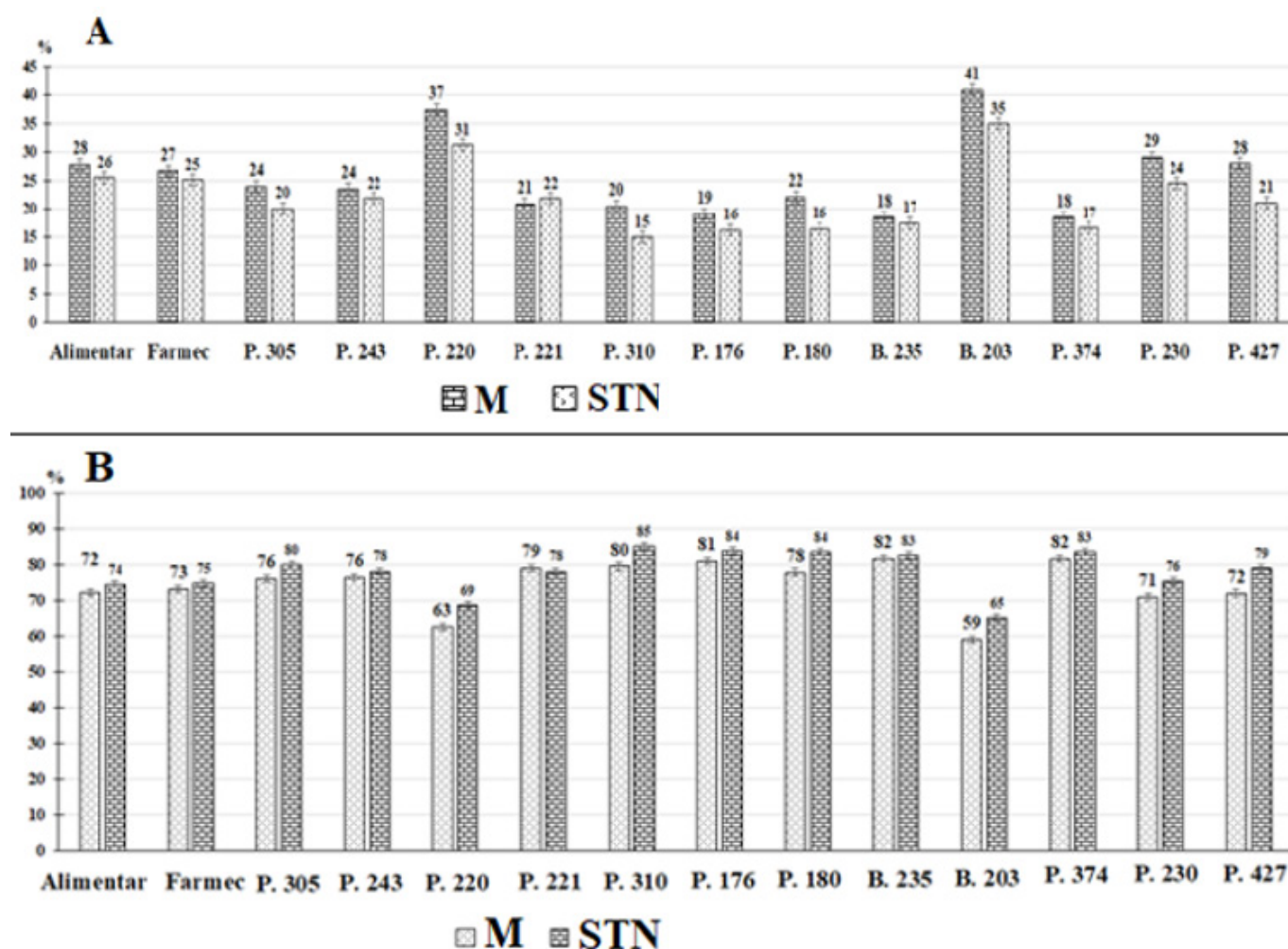
Rezultate și discuții

Mobilizarea rezervelor din semințe este un proces esențial în ciclul de viață al plantelor, asigurând procesele de germinare și creștere timpurie a plantulelor. Acest fenomen biologic complex depinde de condițiile mediului ambiant și implică mobilizarea substanțelor de rezervă stocate în endosperm prin hidroliza enzimatică, utilizarea și translocarea produselor hidrolizate la embrion în formarea structurilor celulare noi, inclusiv a creșterii rădăcinilor și a părții aeriene. Totodată, o parte din rezervele hidrolizate ale endospermului este consumată în respirație pentru a menține metabolismul energetic celular.

Desfășurarea proceselor metabolice induse în timpul germinării semințelor în stadiul inițial al ontogenezei, mobilizarea și translocarea rezervelor din semințe pentru formarea plantulelor este influențată, în primul rând, de cantitatea substanțelor de rezervă depozitate în endosperm, specie, genotip și de condițiile de cultivare [1, 3, 4, 11].

Pe Fig. 1 sunt prezentate datele obținute la studierea influenței STN asupra ratei de utilizare a substanțelor de rezervă din endospermul boabelor de porumb în germinare și creșterea ulterioară a plantulelor. Rezultatele prezentate pe această figură demonstrează că STN de -4°C cu durata de

Fig. 1. Rata masei endospermului boabelor diferitor hibridi de porumb utilizată (A) și neutilizată (B - rezide de endosperm de semințe după 5 zile de la momentul plasării semințelor în termostat pentru germinare și creștere) în procesele de creștere a unei plantule de porumb, ce a germinat în condiții optime (M, martor), precum și rata de biomasă a endospermului celor expuse înainte de germinare stresului hipotermic de -4°C pe parcursul a 16 ore (STN).



16 ore, aplicat boabelor de porumb înainte de germinare, care a provocat șocul hipotermic, rata substanțelor de rezervă consumate din endosperm pentru germinarea semințelor și creșterea plantulelor a

scăzut (Fig. 1A), pe când cea a substanțelor rămase în endosperm, neutilizate, dimpotrivă, a crescut (Fig. 1B). Aceste date arată, că procesele de acumulare a biomasei plantulelor în variantele experimentale au fost inhibitate la un nivel relativ mai înalt în comparație cu consumul substanțelor endospermului alocate pentru germinarea, menținerea viabilității și creșterea biomasei acumulate de către plantulele martor. Așadar, aplicarea STN la tratarea semințelor de porumb înainte de germinare a cauzat diminuarea procentului de masă a endospermului alocat pentru formarea unei plantule de porumb.

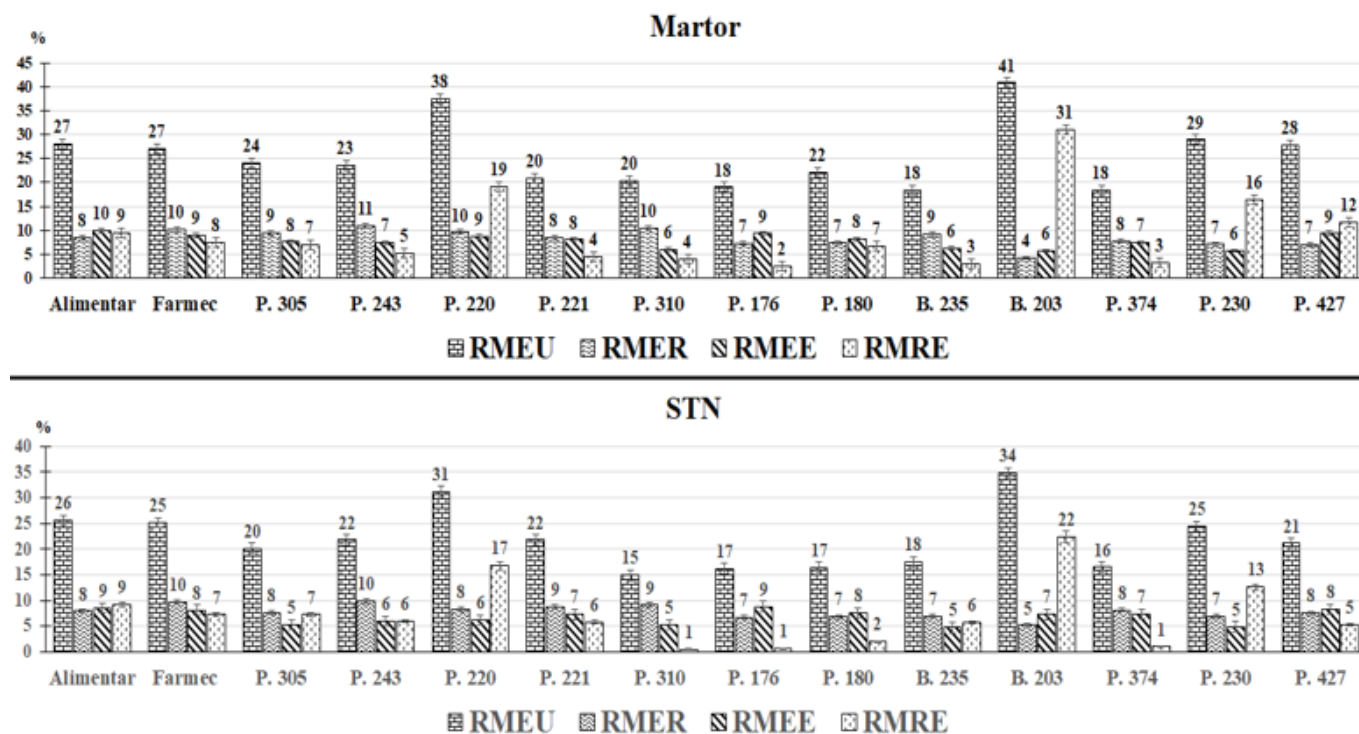
Ca și în cazul investigațiilor efectuate cu diferiți hibridi de porumb la temperaturi ridicate [3], a fost studiată reacția rezistenței hibridilor de porumb la acțiunea temperaturilor negative, cu determinarea ratei substanțelor de rezervă alocate de endosperm pentru creșterea plantulelor, inclusiv al formării rădăcinilor, părții aeriene, precum și cheltuită în respirație, denumită și costul alocat de semințe pentru aceste procese. Datele prezentate în Fig.2 demonstrează că la valoarea temperaturii de stres negativ (STN, -4°C , 16 ore), rata substanțelor de rezervă consumate din endosperm la formarea biomasei rădăcinilor, epicotilelor și consumată pentru respirație la creșterea unei plantule a scăzut. Biomasa eliminată prin respirație a fost utilizată pentru menținerea energetică a germinării semințelor, creșterii și viabilității plantulelor. Rezultatele prezentate pe Fig. 2, de asemenea, denotă că în variantele cu aplicarea STN acumularea sumei biomasei de către rădăcini și epicotile a diminuat mai pronunțat, în comparație cu cea care caracterizează diminuarea ratei masei endospermului alocate pentru respirație.

În cercetările precedente [8] noi am determinat rezistența constitutivă a hibridilor de porumb studiați la stresul de temperatură negativă (STN) de -4°C cu durata de 16 ore prin procentul de germinare a semințelor, după aplicarea căruia 50% de semințe au rămas viabile. În baza datelor obținute hibridii de porumb luați în studiu au fost distribuiți în 3 grupe, inclusiv I, II și III, care pot fi considerați, respectiv, hibridi cu rezistență constitutivă înaltă (I), medie (II) și joasă (III) la acțiunea STN [8].

Datele menționate mai sus au servit drept premisă a cercetărilor pentru evaluarea comparativă a ratei de masă a endospermului cheltuită în respirație pentru a forma o unitate de masă uscată a unei plantule (rădăcini și epicotil), în vârstă de 5 zile în variantele martor și experimentale la setul de hibridi cu diferit nivel de rezistență la STN. Rezultatele prezentate în Fig.2 demonstrează că cea mai mare parte a endospermului boabelor de porumb cheltuită în respirație se observă la hibridii cu rezistență joasă de germinare la temperatura extremă negativă, inclusiv B. 203, P. 230, P. 427, precum și la hibridul cu rezistență înaltă P. 220, atât în varianta martor, cât și cea experimentală. Procentul ratei masei endospermului cheltuită în respirație pentru hibridii respectivi atât în varianta martor (M), cât și cea experimentală (STN) - M-STN a fost de: 31-22% (B. 203), 16-13% (P. 230) și respectiv 12-5% (P. 427). De menționat, că un nivel înalt de masă a endospermului alocată în respirație a fost observată și la hibridul cu rezistență înaltă, P. 220, procentul ratei masei a endospermului din variantele M și STN cheltuite în respirație fiind de 19 și respectiv 17%. Aceste rezultate, probabil, se asociază cu sporirea resurselor energetice eliberate prin respirație, alocate pentru asigurarea atât a creșterii, cât și a proceselor de restabilire în variantele cu STN.

La hibridii din zona cu rezistență înaltă [8] cum sunt Alimentar, Farmec, P. 305 și P. 243 rata masei endospermului cheltuită în respirație la formarea unei unități de masă a unei plantule atât în varianta martor, cât și cea experimentală este aproximativ la același nivel: M-STN – 9-9% (Alimentar), 8-7% (Farmec) , 7-7% (P.305) și respectiv 5-6% pentru P. 243 (Fig. 2). În același timp, la hibridii cu rezistență moderată [8], rata masei endospermului alocată în procesele energetice implicate în formarea unei unități de masa uscată a unei plantule este la cel mai mic nivel atât în variantele martor, cât și experimentale, constituind: M-STN - 2-1% (P. 176), 7-2% (P. 180) și respectiv 3-6% pentru B. 235 (Fig. 2). Totodată, unii hibridi din grupa cu rezistență înaltă, inclusiv P. 221, P. 310, și preponderent hibridii din zona cu rezistență moderată, cum sunt P. 176, P. 180 și B. 235 [8] demonstrează cel mai mic nivel al ratei masei endospermului utilizate în respirație, în special în variantele cu STN (Fig. 2). La hibridii respectivi rata masei endospermului alocată în procesele energetice implicate în formarea unei unități de masă uscată a unei plantule este la cel mai mic nivel atât în variantele martor, cât și experimentale, constituind: M-STN – 4-6% (P.221), 4-1% (P. 310), 2-1% (P. 176), 7-2% (P. 180) și respectiv 3-6% pentru B. 235 (Fig. 2).

Fig. 2. Influența stresului de temperatură negativă (STN) asupra Costului intrinsec alocat de semințele diferitor hibrizi de porumb pentru germinare și creștere a plantulelor în dependență de expunerea semințelor înainte de germinare acțiunii STN de -4°C cu durata de 16 ore și creșterii ulterioare la temperatura optimă de 26°C timp de 5 zile.



Prin urmare, STN de -4°C cu durata de 16 ore a avut un impact semnificativ asupra ratei de masă a endospermului cheltuite în formarea unei unități de masă a unei plantule (rădăcină, epicotil și respirație), prin inhibarea mobilizării masei endospermului în procesele de germinare și creșterea timpurie a plantulelor diferitor hibrizi de porumb. Rezultatele obținute sugerează, că primăvara prin intervenirea alternanței perioadelor de scurtă durată a temperaturilor scăzute negative pot avea loc efecte dăunătoare asupra germinării și creșterii plantelor de porumb, datorită inhibării proceselor de mobilizare și translocare a substanțelor de depozitare din semințe în procesele corespunzătoare în perioada timpurie de dezvoltare a plantelor.

Concluzii

S-a stabilit că aplicarea stresului de temperatură negativă (STN) de -4°C cu durata de 16 ore semințelor a 14 hibrizi de porumb înainte de germinare a avut un impact semnificativ asupra ratei de masă a endospermului semințelor consumată în formarea unei unități de masă de rădăcină, epicotil și respirație, prin inhibarea mobilizării masei endospermului în procesele de germinare și creștere a plantulelor în stadiile incipiente ale ontogenezei.

Rezultatele obținute au demonstrat că nivelul de influență a STN asupra mobilizării substanțelor de rezervă ale endospermului în germinare și creștere a fost diferit în cadrul sortimentului de 14 de hibrizi de porumb folosiți ca material biologic în acest studiu.

Referințe:

1. SIKDER, S., HASAN, M. A., HOSSAIN, M. S. *Germination characteristics and mobilization of seed reserves in maize varieties as influenced by temperature regimes*. În: *Journal of Agriculture & Rural Development*. 2009, nr. 7(1-2), p. 51-56. <http://www.banglajol.info/index.php/jard>.
2. MURARIU, M. *Rezistența plantulelor de porumb la temperaturi scăzute*. În: MURARIU, M., MURARIU, D., HAȘ, V. at al. *Conservarea și utilizarea germoplasmei locale de porumb din România*. Editura Pim, Iași, 2012, 490 p. ISBN: 978-606-13-1011-1.

3. CAUȘ, M., DASCALIUC, A., BOROZAN, P. *Identification of changes in the metabolic processes of germination and growth of maize seedlings under the influence of heat stress and the use of Reglalg*. În: *Ann. Univ. Craiova, Ser. Biol. Hortic. Food Prod. Process. Environ. Eng.* 2022, vol. 27, (63), p. 119-124. ISSN–L: 1453 – 1275. DOI: 10.52846/bihpt.v27i63.20.
4. CAUȘ, M., DASCALIUC, A., BOROZAN, P. *Responses of seed germination and seedling growth of different maize hybrids to low positive temperature stress*. În: *Ann. Univ. Craiova, Ser. Biol. Hortic. Food Prod. Process. Environ. Eng.* 2022, vol. 27, (63), p.113-118. ISSN–L: 1453 – 1275. DOI: 10.52846/bihpt.v27i63.20.
5. DING, Y. SHI, Y., YANG, S. *Advances and challenges in uncovering cold tolerance regulatory mechanisms in plants*. În: *New Phytol.* 2019, nr. 222, p. 1690–1704. DOI: 10.1111/nph.15696.
6. MURARIU, D., MURARIU, M., PLACINTA, D. *Field and laboratory screening of Romanian maize landraces very resistant to low temperatures*. În: *Maydica*. 2016, vol. 60, nr. 3. M 23. ISSN: 0025-6153.
7. RITONGA, F. N., CHEN, S. *Physiological and molecular mechanism involved in cold stress tolerance in plants*. *Plants*, 2020, vol. 9, nr. 5, p. 560. DOI: 10.3390/plants9050560.
8. CAUȘ, M., DASCALIUC, A., BOROZAN, P. *Effect of negative temperature shock on the primary resistance of maize hybrids*. În: *Ann. Univ. Craiova, Ser. Biol. Hortic. Food Prod. Process. Environ. Eng.* 2023, vol. 28 (64), p. 27-32. ISSN–L: 1453 – 1275. DOI: 10.52846/bihpt.v28i64.66.
9. BOROZAN, P., MUSTEATA, S., SPINU, V. *Evolution of elements in a maize breeding program*. În: *Geneticists and Breeders from the Republic of Moldova: materials XIth intern. congress, June 15-16, 2021*. Chișinău, p. 74. ISBN: 978-9975-933-56-8. DOI: 10.53040/cga11.2021.053.
10. KONG, D., FU, X., JIA, X. at al. *Identification of quantitative trait loci controlling ethylene production in germinating seeds in maize (*Zea mays L.*)*. În: *Scientific Reports*. 2020, vol. 10, nr. 1, p. 1677. DOI: 10.1038/s41598-020-58607-1.
11. DASCALIUC, A., JELEV, N., RALEA, T. at al. *Mobilization of reserve substances of seeds for germination and growth of seedlings in wheat varieties with different frost resistance*. În: *Journal of Academy of Sciences of Moldova. Life Sciences*. 2020, nr. 2(341), p. 54-66. <http://bsl.asm.md/article/id/121094>.

Notă: 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 autor:

Maria CAUȘ, doctor în științe biologice, cercetător științific coordonator, Laboratorul Biochimia Plantelor, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-7914-3482

E-mail: maria.caus@sti.usm.md

Prezentat la 26.08.2024

CZU: 582.949.25(478)

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_11](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_11)

PARTICULARITĂȚILE BIOLOGICE ALE SPECIEI SCUTELLARIA BAICALENSIS ÎN CONDIȚIILE REPUBLICII MOLDOVA

Nina CIOCĂRLAN,

Universitatea de Stat din Moldova,
Grădina Botanică Națională (Institut) „Al. Ciubotaru”

Lucrarea se referă la studiul particularităților biologice ale speciei medicinale *Scutellaria baicalensis* Georgi (scutelarie chinezească) în condițiile pedoclimatice ale Republicii Moldova. Sunt prezentate încadrarea sistematică, descrierea botanică și informații despre proprietățile și beneficiile terapeutice. Au fost evaluați indicii de calitate a semințelor, aspectele fenologice și procedeele de înmulțire. Condițiile locale de climă și sol sunt favorabile pentru creșterea și dezvoltarea plantelor de *S. baicalensis*. Începând cu primul an de viață plantele reușesc să realizeze toate fazele fenologice, iar perioada generativă culminează cu formarea semințelor viabile. Semințele cu o perioadă de păstrare de 6-12 luni au cea mai înaltă capacitate germinativă ($93,4 \pm 0,88\%$) și energie de germinare de $79,0 \pm 2,07\%$. Se recomandă înmulțirea plantelor pe cale generativă, prin semințe, cu producere de răsad sau semănate direct în câmp, primăvara.

Cuvinte-cheie: *Lamiaceae*, *Scutellaria baicalensis*, particularități biologice, Republica Moldova.

BIOLOGICAL PECULIARITIES OF THE SPECIES SCUTELLARIA BAICALENSIS IN THE CONDITIONS OF REPUBLIC OF MOLDOVA

The paper refers to the study on the biological peculiarities of the medicinal species *Scutellaria baicalensis* Georgi (Chinese skullcap) under conditions, specific to Republic of Moldova. The systematic classification, botanical description and information about the therapeutic properties and benefits are presented. The seed quality indices, phenological and propagation aspects were evaluated. The local pedoclimatic conditions are favourable for the cultivation of the species *S. baicalensis*. From the first year of life, the plants manage to achieve all the phenological phases and the generative period culminates with the formation of viable seeds. The seeds with a storage period of 6-12 months recorded the highest germination capacity ($93.4 \pm 0.88\%$) and germination energy of $79.0 \pm 2.07\%$. It is recommended the propagation of the plants in a generative way, by seeds, with seedling production and sowing directly in the field, in spring.

Keywords: *Lamiaceae*, *Scutellaria baicalensis*, biological peculiarities, Republic of Moldova.

Introducere

Scutellaria baicalensis este cea mai studiată și utilizată specie din genul *Scutellaria* L. Este o plantă medicinală valoroasă, cu o lungă istorie de utilizare în medicina alternativă, una dintre cele 50 de plante medicinale fundamentale ale medicinei tradiționale chineze, folosite încă din cele mai vechi timpuri. Este listată în Farmacopeea Chineză, Farmacopeea Japoneză și Farmacopeea Europeană. Multiple cercetări științifice cu privire la compoziția chimică și activitatea biologică a plantelor de *S. baicalensis* au fost realizate în ultimii ani. Cele mai recente studii [1] demonstrează prezența a 126 de substanțe bioactive (clasificate structural în flavonoide libere, glicozide flavonoidice și glicozide feniletanoide) în plantele de *S. baicalensis*. Dintre acestea, flavonoidele și glicozidele flavonoidice sunt compușii majori. Alte clase de compuși bioactivi izolați din *S. baicalensis* includ: diterpene, amide, compuși fenolici, uleiuri volatile, terpenoide, polizaharide, aminoacizi, steroli, amidon, alcaloizi, acizi organici și oligoelemente [2]. Uleiurile volatile, ca metaboliți secundari ai plantelor, se sintetizează în întreaga plantă, conținutul și compoziția fiind diferită în diferite părți ale plantei [3]. În plantele de *S. baicalensis* au fost identificați 14 tipuri de aminoacizi, dintre care prolina este în cantitatea

cea mai mare, reprezentând 80% [4]. Studii farmacologice relevă activități antiinflamatorii [5], antivirale [6], antitumorale [7], antibacteriene și antimicrobiene [4], antioxidante [8], hipoglicemizante [9], cardiovasculare [10], hepatoprotectoare [11] și neuroprotectoare [1, 12, 13] în extractele de *S. baicalensis*. Studii recente confirmă, de asemenea, efecte anti-îmbătrânire, anti-osteoporoză și anti-Alzheimer ale extractelor din *S. baicalensis* [2]. Cele două flavone majore baicalin și baicalein, izolate din rădăcinile plantei, posedă efecte citotoxice și citostatice, cu activitate anticancerigenă pronunțată împotriva multiplelor tipuri de cancer [14], prezentând, în același timp, o toxicitate extrem de scăzută pentru celulele normale.

Pentru obținerea materiei prime de calitate și în cantități suficiente au fost efectuate încercări de introducere a speciei *S. baicalensis* în cultură. La plantele spontane de *S. baicalensis* masa medie a unei rădăcini este în medie de 4 g, iar resursele de materie primă nu depășesc 80-120 kg/ha [15]. La plantele cultivate, însă, masa rădăcinii unui exemplar se mărește de 4-5 ori [16], fapt ce indică necesitatea introducerii speciei în cultură. În prezent doar unele specii din genul *Scutellaria* se cultivă industrial în China, SUA și Europa Centrală [16, 17].

Scopul prezentului studiu este evidențierea particularităților biologice de creștere și dezvoltare ale plantelor de *S. baicalensis* în condițiile climatice ale Republicii Moldova în vederea extinderii spectrului de plante noi cu potențial terapeutic și valorificării lor la nivel local.

Materiale și metode

Obiectul de studiu

Ca și obiecte de studiu au servit plantele de *Scutellaria baicalensis* de diferită vârstă. Primele plante au fost obținute din semințe primite prin schimb internațional (*Index Seminum*) în anul 2006, de la Grădina Botanică din Lodz, Polonia [18]. Plantele au fost menținute în culturi experimentale amplasate după modelul blocurilor randomizate și monitorizate, în decursul mai multor perioade de vegetație, conform metodelor și practicilor de lucru utilizate în laboratorul Resurse Vegetale.

Testarea capacității germinative

Au fost investigați indicatorii procesului de germinare care definesc vigoarea semințelor: rata de germinare, energia de germinare și coeficientul energiei de germinare. Materialul de studiu a fost reprezentat de mostrele de semințe prelevate în perioada 2015-2022, condiționate și păstrate în condiții similare. Experiențele s-au realizat în laborator și în condiții de seră. În laborator ($t^{\circ} = +18 - +20^{\circ}\text{C}$), facultatea germinativă și energia de germinare a semințelor s-a efectuat prin metoda determinării germinației pe suprafață de hârtie (SH). Pregătirea probelor de analiză a început cu numărarea a câte 100 semințe pentru fiecare repetare. Semințele au fost amplasate la germinat în vase Petri, pe un SH de filtru umectat corespunzător. Repartizarea semințelor pe substrat s-a realizat cu penseta, distanțat, astfel încât să asigure suficient spațiu pentru dezvoltarea rădăciniței. Ulterior au fost acoperite cu placa superioară a vasului pentru a împiedica evaporarea apei din substrat. Apa distilată egală cu pierderea medie de apă din vase a fost adăugată la fiecare două zile pentru a menține umiditatea pe toată perioada de germinare. Metoda de lucru a constat în determinarea germinației, în dinamică pe parcursul a zece zile, respectând protocolul de lucru utilizat pentru seturile experimentale anterioare în Laboratorul Resurse Vegetale. Germinarea semințelor a fost verificată zilnic, primele observații înregistrate au început la două zile după punerea semințelor la germinat. Determinarea capacității germinative în condiții de laborator a fost realizată prin calcularea numărului de semințe exprimat în procente din sămânța pură, capabile să producă germeni normali în condiții optime. Parametrii înregistrați au fost procentul final de germinare (valoarea medie \pm eroarea standard și coeficientul de variabilitate).

În substrat, semințele au fost încorporate în rânduri, a câte 100 de semințe în trei repetări. Experiențele s-au desfășurat în condiții de seră, la temperatura de $+19-21^{\circ}\text{C}$, cu menținerea umidității și temperaturii constante.

Înmulțirea plantelor s-a realizat prin 2 metode, cu producere de răsad și semănatul direct în câmp, utilizând doi termeni, toamna și primăvara.

Particularitățile biologice în condiții ex situ

Cercetările în vederea aclimatizării și introducerii speciei s-au efectuat în Sectorul Experimental al GBNI. Înființarea loturilor experimentale, studiul particularităților biologice și a mecanismelor de adaptare ale plantelor în condiții *ex situ* s-au realizat conform metodologiei general acceptate în domeniu [19]. Observațiile fenologice și măsurătorile biometrice au fost efectuate conform îndrumărilor metodologice [20, 21].

Rezultate și discuții

Încadrare sistematică și arealul de răspândire

Specia *Scutellaria baicalensis* Georgi aparține familiei Lamiaceae Martinov, subfamilia Scutellarioideae, genul *Scutellaria* L.; conform World Flora Online [22] are 6 sinonime (Tabelul 1).

Tabelul 1. Încadrarea sistematică și arealul de răspândire al speciei *Scutellaria baicalensis* Georgi.

	Regnul:	Plante	
	Filumul:	Angiospermae	
	Clasa:	Magnoliopsida (Dicotyledones)	
	Ordinul:	Lamiales	
	Familia:	Lamiaceae Martinov	
	Subfamilia:	Scutellarioideae	
	Genul:	<i>Scutellaria</i> L.	
	Specia:	<i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi	
	Sinonime:	<i>S. adamsii</i> A.Ham.	
		<i>S. baicalensis</i> f. <i>albiflora</i>	
		<i>S. davurica</i> Pall. ex Ledeb.	
		<i>S. lanceolaria</i> Miq.	
		<i>S. macrantha</i> Fisch. ex Rchb.	
		<i>S. speciosa</i> Fisch. ex Turcz.	

Adaptat de la <https://www.worldfloraonline.org/>

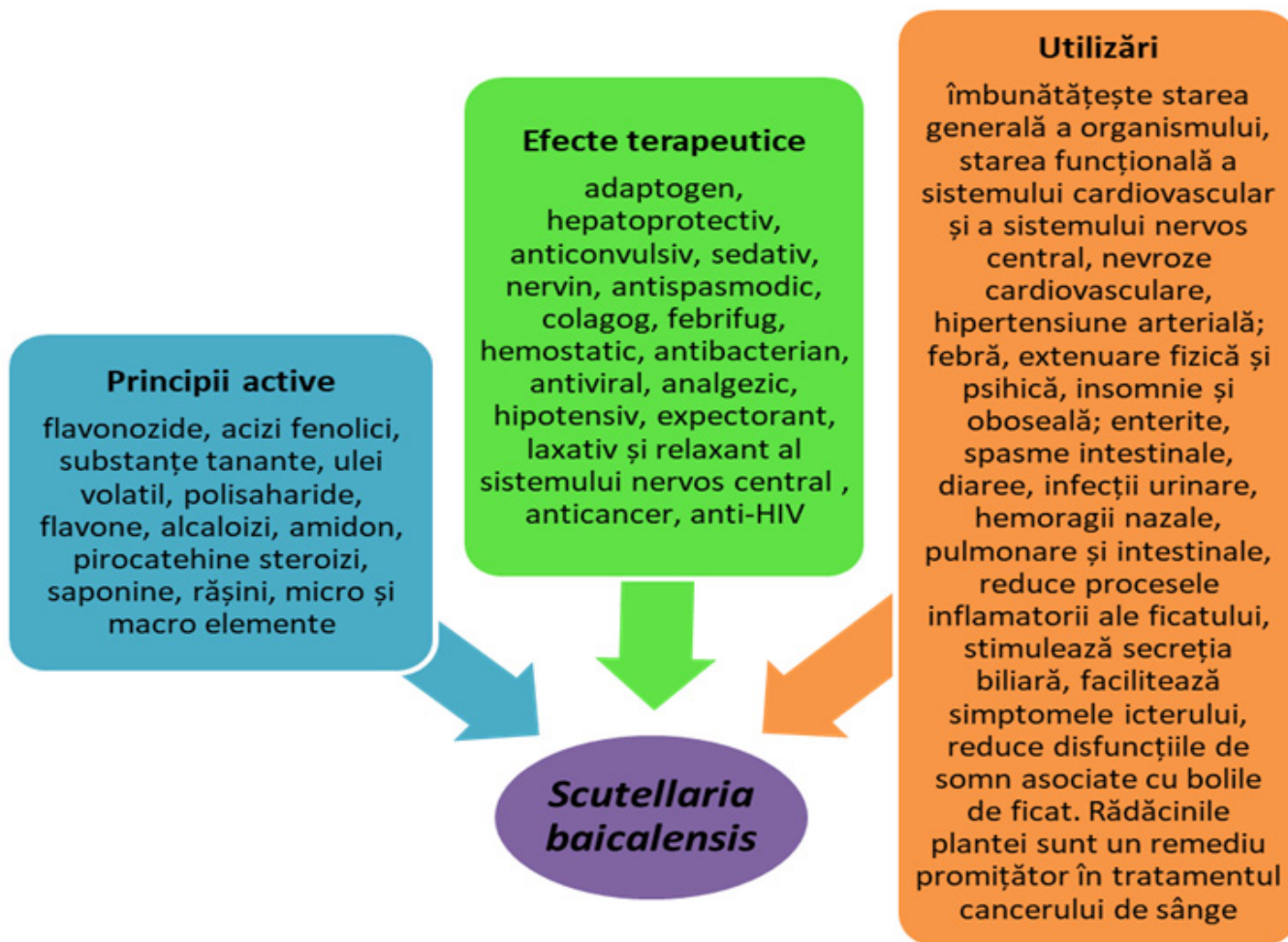
Arealul nativ de răspândire cuprinde Siberia de Sud până în Coreea de Nord și Vietnam, fiind larg distribuită în China, Rusia, Mongolia, Coreea de Nord și Japonia [22]. Rar se întâlnește în Europa și în Statele Unite.

Descriere botanică

Plantă erbacee, polycarpică, perenă cu rizom scurt multicapitat care treptat trece într-o rădăcină carnoasă poziționată vertical. La plantele adulte, rădăcini răsucite longitudinale, de culoare maro-închisă și galbenă intens la rupere. Tulpini erecte, numeroase, tetramuchiante, simple sau ramificate la bază, slab-pubescente, de 15-45 cm înălțime. Frunze opuse, îngust lanceolate, uneori ovat-lanceolate, scurt-pețiolate sau sesile, întregi, glabre, cu marginea ciliată, vârf acut. Flori unite în racem simplu unilateral, situat în axilele frunzelor superioare. Caliciul bilobat, de aproximativ 3 mm lungime, cu vârf fin-pubescent, violet, în formă de clopot, cu un apendice în formă de cupă („scutellum”) pe lobul superior. Corolă bilabiata, glandular-pubescentă la exterior, albastră, lungă de 2-2.5 cm, labiul superior concav, labiul inferior trilobat. Fruct – nuculă mică, de culoare neagră, plată, rotundă, prevăzută cu spini mici pe toată suprafața.

Compoziție chimică, efecte terapeutice și beneficii

Rădăcinile plantei sunt un remediu faimos numit în medicină tradițională chineză *Huang-Qin* și utilizate pentru efectul antibacterian, diuretic, antispastic și promotor al fluxului biliar. De asemenea, îmbunătățește starea generală a organismului, starea funcțională a sistemului cardiovascular și a sistemului nervos central. Wogon (*Scutellariae Radix*) este, de asemenea, un remediu cunoscut în medicina tradițională chineză încă din antichitate [23]. Se prepară din rădăcinile de *S. baicalensis*, fiind un remediu natural de bază în tratamentul hepatitei, bronșitei, diareei și a tumorilor [24]. În figura 1 sunt prezentate detaliat informații despre principiile active, efectele terapeutice și utilizările speciei *S. baicalensis* în medicina populară și modernă [25-27].

Fig. 1. Compoziția chimică, efectele terapeutice și beneficiile speciei *Scutellaria baicalensis*.

Procedee de înmulțire

În condițiile pedoclimatice ale Republicii Moldova plantele de *S. baicalensis* formează semințe viabile, fapt ce a permis propagarea cu succes a plantelor în variantele experimentale realizate pe terenul experimental al GBNI. Plantele de scutelarie nu formează un sistem de rădăcini adventive satisfăcător care ar asigura propagarea plantelor pe cale vegetativă, astfel înmulțirea prin semințe rămâne a fi prioritară. În acest fel, înmulțirea plantelor s-a realizat pe cale generativă, prin semințe, cu producere de răsad și semănatul direct în câmp.

Pentru *S. baicalensis* au fost determinate capacitatea germinativă, care indică numărul de semințe, exprimat în procente, din sămânța pură, capabile să germineze în condiții de laborator și energia de germinare ce reprezintă numărul maxim de semințe germinate într-un număr minim de zile. În condiții de laborator primele semințe germinate au fost observate în a patra zi de la începutul experiențelor. În decursul următoarelor zile au fost colectate date în dinamică până la încetarea apariției noilor germinări și în baza acestor date s-a calculat coeficientul de germinare. Facultatea germinativă a semințelor de *S. baicalensis* (cu durata de păstrare 6-12 luni) a înregistrat un coeficient de 92-95%. Cel mai mare număr de semințe germinate s-a notat în a treia zi de la inițierea germinării. Coeficientul energiei germinative a înregistrat valori cuprinse între 75-82%.

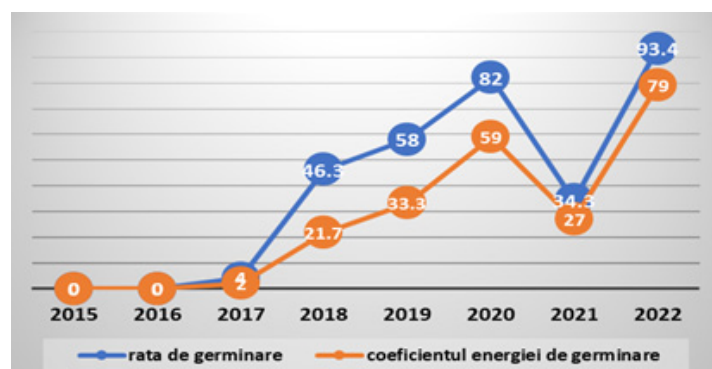
În substrat, apariția primelor plantule s-a înregistrat la a 5-a zi de la semănat. Coeficientul de germinare a semințelor (aceiași perioadă de păstrare) în substrat a constituit 86-91%.

Pentru introducerea cu succes în cultură a plantelor de interes economic un factor important este calitatea germinativă a semințelor dezvoltate în condiții noi. În acest context, s-a determinat capacitatea germinativă a semințelor în dependență de durata de păstrare. Facultatea germinativă a semințelor la *S. baicalensis* corelează cu perioada de păstrare. Semințele cu durata de păstrare de 6-12 luni au înregistrat cea mai înaltă capacitate germinativă ($93.4 \pm 0.885\%$) (Tab. 2).

Tabelul 2. Capacitatea germinativă a semințelor de *Scutellaria baicalensis* în dependență de durata de păstrare.

Anul colectării	R	Ziua inițierii germinării	Durata germinării, zile	Facultatea germinativă, %		Energia germinativă				
				M	Sx	ziua	%			
								M	Sx	
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2017	R I	13	12	4	2.3	±1.202	7	2	1.3	±0.662
	R II	10	9	2			9	2		
	R III	-	-	-			-	-		
2018	R I	9	9	56	46.3	±4.843	5	24	21.7	± 1.451
	R II	8	7	41			4	22		
	R III	8	9	42			5	19		
2019	R I	9	7	56	58.0	±2.512	4	35	33.3	±3.844
	R II	10	8	63			4	26		
	R III	9	8	55			4	39		
2020	R I	5	6	79	82.0	±2.084	3	59	59.0	±1.153
	R II	5	6	81			3	57		
	R III	6	7	86			3	61		
2021	R I	4	5	42	34.3	±4.092	4	27	27.0	±2.304
	R II	5	6	33			5	31		
	R III	4	5	28			3	23		
2022	R I	4	5	93	93.4	±0.885	3	82	79.0	±2.079
	R II	4	6	92			3	75		
	R III	4	5	95			3	80		

R – repetare, M – media, Sx – eroare standard

Fig. 2. Rata de germinare și coeficientul energiei de germinare a semințelor de *S. baicalensis*.

Păstrarea semințelor timp de 2 și 3 ani are ca urmare scăderea neesențială a facultății germinative ($82.0 \pm 2.084\%$ - la păstrarea timp de 3 ani). De menționat, că semințele colectate în anul 2021 au avut o rată de germinare foarte scăzută ($34.3 \pm 4.092\%$) (fig. 2). Acest fapt se datorează condițiilor meteorologice specifice din vara anului 2021, care a fost una neomogenă după regimul termic și precipitații, cu fenomene meteorologice extreme sub formă de ploi torențiale și grindină manifestate intens în perioada de formare și maturizare a semințelor, afectând calitatea lor. Semințele păstrate 4 și 5 ani își pierd gradual vitalitatea și acest indice scade aproximativ de două ori ($58.0 \pm 2.512\%$ și respectiv $46.3 \pm 4.843\%$). Astfel, longevitatea biologică a semințelor în cadrul experiențelor noastre este de șase ani. După șase și mai mulți ani de păstrare semințele nu mai sunt valabile pentru semănat. Energia germinativă la plantele păstrate 6-12 luni este de $79 \pm 2.079\%$. Coeficientul energiei de germinare, de asemenea, descrește în decursul păstrării semințelor. Rezultatele obținute corespund în mare parte cu cele din literatură; la

plantele de *S. baicalensis* cultivate în condițiile regiunii Saratov (Federația Rusă), semințele păstrează rate ridicate de germinare (până la 77%) timp de 6.5 ani [28]. În regiunea Ural (Rusia) cercetările au demonstrat o capacitate germinativă a semințelor în condiții de laborator de 89,7% și energia maximă de germinare de 82,3% [29]. La plantele cultivate în Belarus, energia germinativă este destul de mare (până la 78%) timp de 5.5 ani [30].

Înmulțirea prin semințe, cu producere de răsad

Înmulțirea prin răsad este o metodă sigură în scopul înființării culturilor de *Scutellaria baicalensis*. Răsadul se crește în substrat de cernoziom, turbă și nisip în raport de 1:1:1. Semănatul se efectuează la sfârșitul lunii februarie-începutul lunii martie. Coeficientul de germinare a semințelor încorporate în substrat, în condiții de seră variază între 78.5% și 87.7%. Primele plantule apar la a 5-7-a zi de la semănat. După 40-50 de zile plantele ating dimensiuni de 7-8(10) cm în înălțime (Fig. 3) și au un sistem radicular bine format. După călirea preventivă, răsadurile se transplantează în câmp, pe terenuri cu suficientă umiditate, în a doua-a treia decadă a lunii mai. Plantarea se efectuează conform schemei 40x30 cm, folosindu-se 1-2 fire de răsad în cuib. Pe timp secetos se asigură udarea abundentă a răsadului pentru o înrădăcinare mai bună. La 5-6 zile după plantare se verifică prinderea răsadului și se completează golurile. Rata de prindere a răsadului în câmp este foarte bună (coeficientul de prindere 80-90%), doar că necesită foarte mult efort la etapa de aclimatizare (forță de muncă și irigații repetate). Plantele crescute din răsad în primul an de vegetație, realizează întreg ciclul de dezvoltare, doar că la unele dintre ele, fazele fenologice sunt întârziate, astfel nu toate semințele reușesc să atingă perioada de maturitate deplină. Începând cu anul II și următorii ani, plantele încep să vegezeze în luna aprilie, trec prin cicluri complete de dezvoltare, cu formarea semințelor viabile.

Fig. 3. *Scutellaria baicalensis* (a – răsad; b – plante obținute din răsad, I-a perioadă de vegetație).



Înmulțirea prin semințe, semănat direct în câmp

La încorporarea semințelor direct în câmp s-a experimentat 2 termeni de semănat (toamna, ultima decadă a lunii noiembrie și primăvara, a treia decadă a lunii aprilie). Pentru înființarea culturilor epoca optimă de semănat este primăvara, rata de germinare a semințelor fiind de 70-75%. La semănatul toamna (ultima decadă a lunii noiembrie), rata de germinare a semințelor este de 45-50%). Semințele semănată primăvara încep să germineze semnificativ mai devreme (după 15-19 zile) și germinează mai repede decât cele semănată toamna. Conform Шилова (2012), la cultivarea plantelor în condițiile regiunii Ural (Rusia) cercetările arată, că atunci când semințele au fost semănată în decembrie, procesul de germinare a început mai târziu și a durat mai mult timp decât la cele semănată primăvara [28]. Se respectă o distanța dintre

rânduri de 40-45 cm și adâncimea de semănat – 2.0-2.5 cm. După Florea (2006), norma de semințe la hectar este de 5-6 kg [15]. Spre deosebire de plantele crescute din răsad, cele din culturile semămate direct în câmp reușesc în primul an de viață să realizeze toate fazele fenologice ale ciclului sezonier de dezvoltare, inclusiv perioada generativă (fig. 4), cu formarea semințelor viabile.

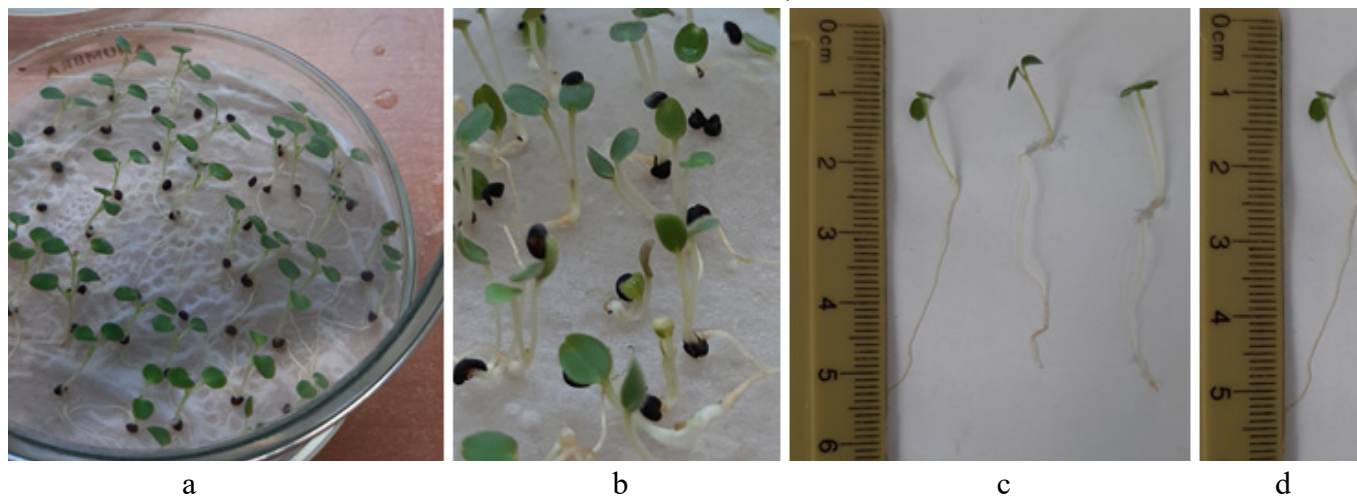
Particularitățile biologice

La plantele perene de *S. baicalensis* începutul perioadei de vegetație se notează la sfârșitul lunii martie-începutul lunii aprilie. Începând cu al II-lea an de viață fiecare plantă dezvoltă 4 lăstari supraterrani; 2 cresc de la axilele frunzelor bazale, iar alți 2 lăstari – din mugurii aflați în zona de tranziție dintre rădăcină și baza tulpinii. Concomitent cu creșterea lăstarilor principali de la axila fiecărei perechi de frunze se dezvoltă lăstari laterali de ordinul I, din care se dezvoltă lăstarii de ordinul II. Plantele juvenile pot avea unul sau doi lăstari ortotropi, neramificați, crescând simpodial, cu 4-7 perechi de frunze lanceolate. Sistemul radicular este reprezentat de rădăcina principală și numeroasele rădăcini adventive. În stadiul imatur, lăstarii laterali de ordinul II încep să se dezvolte din mugurii axilari ai celei de-a 3-4-a pereche de frunze inferioare, îngust-lanceolate. Indivizii la etapa de vârstă imatură se caracterizează prin creșterea intensivă a sistemului radicular, partea bazală a rădăcinii principale continuă să pătrundă în sol până la o adâncime de 2-3 cm. La etapa de vârstă virginală, plantele au lăstarii laterali bine dezvoltați. Din mugurii lăstarilor principali și laterali se dezvoltă noi lăstari. Frunzele rămân lanceolat-înguste, dar crește aria totală a lor (frunzele ating o lungime de până la 30 mm și lățimea până la 5 mm). La etapa de vârstă generativă, toți lăstarii plantelor (până la 12-15) sunt generativi, ramificându-se până la ordinul III. Perioada 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 înregistrează în prima decadă a lunii iulie. Peste 10-15 zile se observă apariția mugurilor florali pe lăstarii laterali. Faza de înflorire durează până la sfârșitul lunii august. Perioada de maturizare a semințelor începe în luna august și durează până în ultima decadă a lunii septembrie.

Fig. 4. Plante obținute din semințe semămate direct în câmp, I-a perioadă de vegetație (a – început de înflorire, b – înflorire deplină).



La plantele înmulțite pe cale generativă, după germinarea semințelor plantulele dezvoltă hipocotilul de culoare palid-violetă de 4-8 mm lungime care, treptat, trece în rădăcină pivotantă. Cotiledoanele de formă rotundă de 4-6 mm în diametru (fig. 5) au baza cordiformă și vârf retezat. Din centru cotiledonului se dezvoltă un lăstar ortotrop cu frunze opuse.

Fig. 5. *Scutellaria baicalensis* (a, b – germinarea semințelor; c, d – plantule).

Pe măsura dezvoltării frunzelor noi, rădăcina pivotantă se adâncește în sol, dezvoltând în același timp rădăcinile laterale. În următoarele 3-4 decade lăstarul ortotrop crește în înălțime, de asemenea, se mărește numărul și dimensiunile frunzelor. Odată cu adâncirea în sol a rădăcinii principale se mărește și diametrul părții bazale unde apar primele semne de apariție a lăstarilor vegetativi în zona inițială de regenerare. Începând cu a II-III-a decadă a lunii iunie din axila frunzelor caulinare inferioare se dezvoltă lăstarii laterali. Referitor la modificările în zonele subterane de regenerare, în această perioadă se observă creșterea intensă a sistemului radicular, baza rădăcinii principale se adâncește în sol, iar pe rizom se formează mugurii de regenerare din care se dezvoltă următoarea generație de lăstari. Spre sfârșitul lunii iulie, lăstarii ortotropi au înălțimea de 20-25(30) cm. La această etapă în axila frunzelor caulinare superioare apar primii muguri generativi. Spre sfârșitul I-ii an de viață toți lăstarii se termină cu inflorescențe și formează semințe viabile, cu rată înaltă de germinare. Se atestă muguri în zona superioară a rizomului, precum și pe sectoarele subterane ale lăstarilor aerieni, la diferite adâncimi de la suprafața solului. În a doua și următoarele perioade de vegetație plantele se dezvoltă intens, se măresc evident dimensiunile organelor aeriene, se mărește gradul de ramificare al lăstarilor laterali și se stabilizează ritmul fazelor de dezvoltare. Înălțimea plantelor atinge dimensiuni de până la 60-75(80) cm, aproximativ de două ori mai mari decât la plantele din habitate naturale. Modificări evidente se atestă și în regiunea sistemului subteran. Partea bazală a rădăcinii principale și rizomul se adâncesc în sol până la 4-5(7) cm. Pe părțile subterane ale lăstarilor aerieni se atestă câte 6-8 muguri de regenerare din care se dezvoltă noi lăstari, de la baza cărora se formează alți muguri. Astfel, prin repetarea acestor procese se complică structura sistemului subteran și respectiv creșterea intensă a părții supraterane cu formarea tufelor viguroase și bine dezvoltate (fig. 6). Durata ontogenezei la *S. baicalensis* în condiții *ex situ* (specifice Republicii Moldova) este de până la 9-11 ani și decurge după tipul biomorfelor monocentrice care dezintegrează parțial. Plantele realizează întreg ciclul ontogenetic. Patru perioade de vârstă (latentă, pregenerativă, generativă, postgenerativă) cu opt etape (plantulă, juvenilă, imatură, virginală, generativă timpurie, generativă mijlocie, generativă târzie, senilă) au fost descrise în ciclul de dezvoltare al speciei [31].

Ca urmare a observațiilor fenologice, stadiul de butonizare se observă în a doua decadă a lunii iunie, când se dezvoltă mugurii floralii la axilele frunzelor superioare situate pe lăstarii principali. Începutul fazei de înflorire se notează în prima decadă a lunii iulie. După 10-15 zile se observă apariția mugurilor floralii pe lăstarii laterali și debutează faza de înflorire în masă. În faza de înflorire deplină, partea supraterană a plantelor ajunge până la 60-70 cm înălțime și este formată din numeroși lăstari monocarpici, iar sistemul subteran este reprezentat de o rădăcină principală înglobată adânc în sol și numeroase rădăcini adventive. Faza de înflorire durează până la sfârșitul lunii august – începutul lunii septembrie. Semințele se maturizează eșalonat, etapa de maturizare a semințelor începe în august și durează până la sfârșitul lunii septembrie. În condiții *ex situ* la plantele de *S. baicalensis* se observă tendința de mărire a duratei de vegetație, plantele folosind la maxim condițiile favorabile din lunile de toamnă. După maturizarea semințelor aparatul asimilator se păstrează pe toți lăstarii și funcționează până la sfârșitul toamnei.

Fig. 6. *Scutellaria baicalensis* (a IV-a perioadă de vegetație).

a

b

Concluzii

Condițiile pedoclimatice ale Republicii Moldova sunt favorabile pentru creșterea și dezvoltarea speciei *Scutellaria baicalensis*, înălțimea plantelor în condiții *ex situ* atinge dimensiuni de până la 60-75(80) cm. Începând cu primul an de viață, plantele reușesc să realizeze toate fazele fenologice ale ciclului sezonier de dezvoltare, iar perioada generativă culminează cu formarea semințelor viabile. Semințele cu durata de păstrare de 6-12 luni înregistrează cea mai înaltă capacitate de germinare ($93,4 \pm 0.88\%$), longevitatea biologică fiind de șase ani. Plantele nu formează un sistem de rădăcini adventive satisfăcător care ar asigura propagarea plantelor pe cale vegetativă, astfel înmulțirea prin semințe rămâne a fi prioritară. Înființarea culturilor se poate realiza prin semințe, cu producere de răsad, sau semănat direct în câmp, respectând epocile de semănat și repicat, precum și condițiile specifice de germinare ale semințelor; epoca optimă de semănat este primăvara.

Referințe:

1. WANG, Z. L.; WANG, S.; KUANG, Y. et al. *A comprehensive review on phytochemistry, pharmacology, and flavonoid biosynthesis of Scutellaria baicalensis*. In: *Pharm Biol.* 2018, 56(1), p. 465-484.
2. SONG, J. W.; LONG, J. Y.; XIE, L. et al. *Applications, phytochemistry, pharmacological effects, pharmacokinetics, toxicity of Scutellaria baicalensis Georgi and its probably potential therapeutic effects on COVID-19: a review*. In: *Chin Med.* 2020, nr. 15, p. 102.
3. SONG, S. H.; WANG, Z. *Analysis of essential oils from different organs of Scutellaria baicalensis*. In: *J Chin Med Mater.* 2010, nr. 33, p.1265-1270.
4. YAN, B. F.; ZHU, S.Q.; SU, S. L. *Simultaneous determination of amino acids in Scutellaria baicalensis stem-leaf from different habitats by UPLC-TQ-MS*. In: *Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis.* 2018, nr. 38, p. 1165-1173.
5. PU, W. L.; BAI, R. Y.; ZHOU, K. et al. *Baicalein attenuates pancreatic inflammatory injury through regulating MAPK, STAT 3 and NF- κ B activation*. In: *Int Immunopharmacol.* 2019, nr. 72, p. 204-210.
6. Oo, A.; RAUSALU, K.; MERITS, A. et al. *Deciphering the potential of baicalin as an antiviral agent for Chikungunya virus infection*. In: *Antiviral Res.* 2018, nr. 150, p. 101-111.
7. ORZECHOWSKA, B. U.; WRÓBEL, G.; TURLEJ, E. et al. *Antitumor effect of baicalin from the Scutellaria baicalensis radix extract in B-acute lymphoblastic leukemia with different chromosomal rearrangements*. In: *Int Immunopharmacol.* 2020, nr. 79:106114
8. WANG, M. H.; LI, L. Z.; SUN, J. B. et al. *A new antioxidant flavone glycoside from Scutellaria baicalensis Georgi*. In: *Nat Prod Res.* 2014, nr. 28, p. 1772-1776.

9. XIAO, S.; LIU, C.; CHEN, M. et al. *Scutellariae radix and coptidis rhizoma ameliorate glycolipid metabolism of type 2 diabetic rats by modulating gut microbiota and its metabolites*. In: *Appl Microbiol Biotechnol*. 2020, nr. 104, p. 303-317.
10. SHANG, Y. Z.; ZHANG, H.; CHENG, J. J. et al. *Flavonoids from Scutellaria baicalensis Georgi are effective to treat cerebral ischemia/reperfusion*. In: *Neural Regen Res*. 2013, nr. 8, p. 514-522.
11. SHI, H.; ZHANG, Y.; XING, J. *Baicalin attenuates hepatic injury in non-alcoholic steatohepatitis cell model by suppressing inflammasome-dependent GSDMD-mediated cell pyroptosis*. In: *Int Immunopharmacol*. 2020, nr. 81:106195.
12. GAIRE, B. P.; KIM, Y.O.; JIN, Z. H. et al. *Neuroprotective effect of Scutellaria baicalensis favones against global ischemic model in rats*. In: *J Nepal Pharm Assoc*. 2015, nr. 27, p. 1-8.
13. 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, nr. 71(9), p. 1353-1369.
14. WANG, R.; WANG, Ch.; LU, L. et al. *Baicalin and baicalein in modulating tumor microenvironment for cancer treatment: A comprehensive review with future perspectives*. In: *Pharmacological Research*. 2024, nr. 199:107032.
15. FLOREA, V. *Cultura plantelor medicinale*. Chișinău: Agriga-Vis, Inst. de Genetică, 2006, p. 122-126. ISBN 978-9975-9814-1-5.
16. ПШЕНИЧКИНА, Ю. А. *Семенная продуктивность шлемника байкальского*. In: *Вторая республиканская конференция по медицинской ботанике*. Киев. 1988, стр. 155.
17. O'BRIEN, J. *Seed germination and seed bank of Scutellaria species*. Student Honors Thesis. 2013.
18. CIOCARLAN, N. *Contribuții la studiul particularităților biologice a unor specii din genul Scutellaria L. în condiții de cultură*. In: *Journal of Botany*, 2020, vol. XII, nr. 2(21), p. 165-166.
19. МАЙСУРАДЗЕ, Н. И.; ЧЕРКАСОВ, О. А.; ТИХОНОВА, В. Л. *Методика исследований при интродукции лекарственных растений*. In: *Сер. Лекарств. раст.* 1984. nr. 3, 33 стр.
20. SPARKS, T. H.; MENZEL, A.; STENSETH, N.C. *European Cooperation in Plant Phenology*. In: *Climate Research*. 2009, nr. 39, 12 p.
21. *Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР*. Бюл. ГБС АН СССР. 1979, Вып. 113, стр. 3-8.
22. *World Flora Online: Asteraceae Giseke*. Available: <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-7000000146>. [Accessed: 14 February 2024].
23. TANG, W.; EISENBRAND, G. *Chinese drugs of plant origin*. New York: Springer Verlag. 1992, p. 919-929.
24. JOSHEE, N.; PATRICK, T. S.; MENTREDDY, R.S.; YADAV, A.K. *Skullcap: Potential medicinal crop*. In: J. Janick and A. Whipkey (eds.), *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA. 2002, p. 580-586.
25. *Дикорастущие полезные растения России* /Отв. ред. Буданцев А.Л., Лесиовская Е.Е. СПб.: Издательство СПХФА. 2001. стр. 351-353.
26. *Plants for a Future Database*. Available: <https://pfaf.org/user/plantsearch.aspx> [Accessed: 05.09.2024].
27. *Энциклопедия лекарственных растений*. Available: <https://lektrava.ru/> [Accessed: 05.09.2024].
28. ШИЛОВА, И. В. *Особенности прорастания семян шлемника байкальского*. In: *Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета*. 2012, nr. 10, стр. 151-156.
29. АБРАМЧУК, А. В.; МИНГАЛIEB, С. К.; КАРПУХИН, М. Ю. *Влияние предпосевной обработки семян на рост и развитие рассады шлемника байкальского (Scutellaria baicalensis Georgi)*. In: *Аграрный вестник Урала*. 2018, nr. 5(172), стр. 5-9.
30. POLIKSENOVA, V.D.; GRIGALENOK, A.S.; KUHAREVA, L.V. *Baical skullcap (Scutellaria baicalensis Georgi) as promising medical plant in Belarus*. In: *Veget Growing*. 2020, nr. 28, p. 106-118.
31. CIOCARLAN, N. *Ontogenetic peculiarities of Scutellaria baicalensis Georgi under ex situ conditions*. In: *Journal of Botany*. 2022, vol. XIV, nr. 1(24), p. 44-51.

Notă: Cercetările sunt realizate în cadrul Subprogramului 010101 "Cercetarea și conservarea ex situ și in situ a diversității plantelor din Republica Moldova".

Date despre autor:

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

ORCID: 0000-0002-9477-5848

E-mail: nina.ciocarlan@yahoo.com

Prezentat la 19.09.2024

CZU: 582.788.1:502.1(478)

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_12](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_12)

**COLECȚIA GENULUI CORNUS L. DIN CADRUL
GRĂDINII BOTANICE NAȚIONALE
(INSTITUT) „ALEXANDRU CIUBOTARU” A REPUBLICII MOLDOVA**

Ion ROȘCA, Elisaveta ONICA, Alina CUTCOVSCHI-MUȘTUC, Natalia ONICA,
Universitatea de Stat din Moldova

Colecția genului *Cornus* L. al Grădinii Botanice Naționale (Institut) „Alexandru Ciubotaru” a fost completată cu 5 specii și 28 taxoni noi alohtoni ornamentali. Taxonii cercetați (*Cornus alba* ‚Elegantissima’, *Cornus alba* ‚Aurea’, *Cornus kousa* ‚Samaritan’, *Cornus florida* ‚Cherokee Brave’) sunt reprezentanți ai cornului cu grad ridicat de decorativitate după habitus, coronament, coloritul lujerilor, frunzelor, fructelor, durata îndelungată a înfloririi, fructificării fiind criterii determinante în arta peisageră. Ei sunt rezistenți la secetă, ger, noxe, nu cer îngrijiri speciale, doar tăieri de formare și respectarea tehnologiei pe toată perioada de vegetație. Sunt utilizați în amenajările spațiilor verzi în prim plan în grupuri mici, în amestecuri la lizieră și garduri vii de diferite înălțimi.

Cuvinte-cheie: *Cornus* L., taxoni, creștere, dezvoltare, particularități biologice, caractere specifice.

**THE COLLECTION OF THE GENUS CORNUS L. FROM THE
„ALEXANDRU CIUBOTARU” NATIONAL BOTANICAL GARDEN (INSTITUTE)
OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA**

The collection of the genus *Cornus* L. of the National Botanical Garden (Institute) „Alexandru Ciubotaru” was completed with 5 species and 28 new non-native ornamental taxa. The researched taxa (*Cornus alba* ‚Elegantissima’, *Cornus alba* ‚Aurea’, *Cornus kousa* ‚Samaritan’, *Cornus florida* ‚Cherokee Brave’) are representatives of corn with a high degree of decorativeness in terms of habitus, crown, color of stems, leaves, fruits, duration long flowering, fruiting being determining criteria in landscape art. They are resistant to drought, frost, frost, they do not require special care, only training cuts and compliance with the technology throughout the vegetation period. They are used in the arrangement of green spaces in the foreground in small groups, in border mixes and hedges of different heights.

Keywords: *Cornus* L., taxa, growth, development, biological peculiarities, specific characters.

Introducere

Odată cu dezvoltarea urbană accelerată, devine indispensabilă asigurarea spațiilor verzi cu un sortiment de plante cu grad ridicat de decorativitate pentru a putea oferi un microclimat favorabil bunăstării locuitorilor și condiții prielnice propice desfășurării activităților sociale. Îmbunătățirea standartelor de viață, inclusiv a peisagisticii urbane, trebuie să devină o prioritate a societății moderne, iar armonizarea peisajelor artificiale cu cele naturale poate fi realizată cu succes prin intermediul vegetației. Aspectul verde și luxuriant al spațiilor verzi, cât și priveliștea spațial volumetrică și expresivitatea iluminativ-coloristică a lor se datorează compoziției estetice vitalizante a speciilor de plante selectate, precum și asocierea reușită a acestora. Chiar dacă în componența vegetației spațiilor verzi ponderea plantelor alohtone este semnificativ mai mică comparativ cu cele autohtone, importanța alegerii și asocierii taxonilor cu grad ridicat de decorativitate după habitus, coronament, coloritul lujerilor, frunzelor, fructelor, durata îndelungată a înfloririi, fructificării este un criteriu determinant. Din multitudinea de specii lemnoase pot fi recomandați în acest scop taxonii din genul *Cornus* L. cu indici importanți de decorativitate, în special în timpul iernii pe fonul zăpezii. Familia Cornaceae Bercht. Ex J.Presl include 10 genuri cu cca 100 specii, răspândite în zonele temperată și sutropicală [1].

Genul *Cornus* L. include cca 70 specii și varietăți răspândite în regiunile temperate [2].

În Europa sunt răspândite 6 specii și multiple forme decorative [3].

În Republica Moldova sunt răspândite 3 specii și diverse varietăți [4].

Scopul acestei lucrări a inclus cercetarea particularităților bioecologice la 4 taxoni noi de *Cornus L.*, (*Cornus alba* ‘Elegantissima’, *Cornus alba* ‘Aurea’, *Cornus kousa* ‘Samaritan’, *Cornus florida* ‘Cherokee Brave’) în a IV-a perioadă de vegetație în condițiile Grădinii Botanice Naționale (Institut) „Alexandru Ciobotaru” (GBNI) a USM.

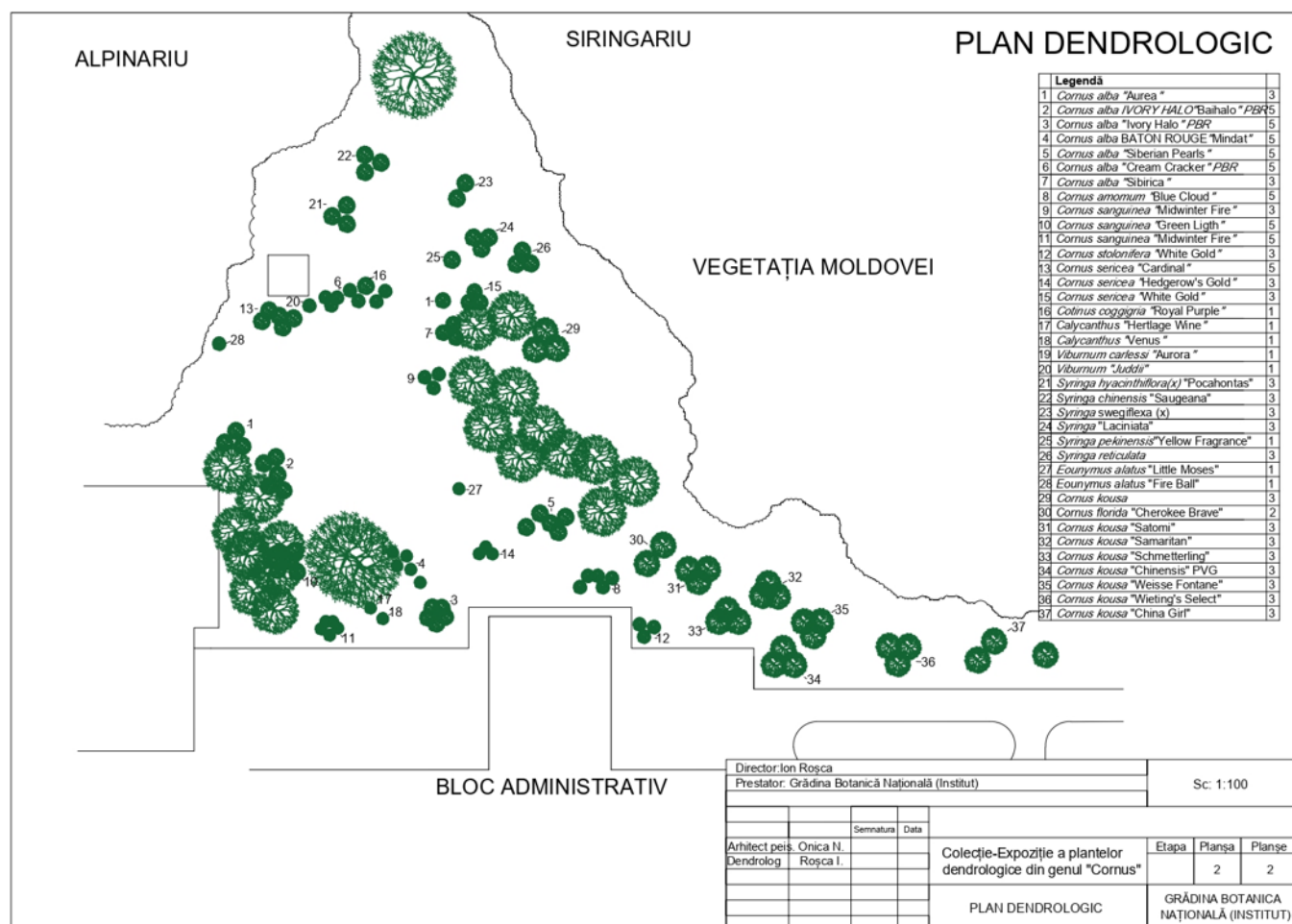
Material și metode

Investigațiile s-au efectuat în anii 2019-2024 în pepiniera de introducere a laboratorului de dendrologie. În calitate de material de studiu au servit 4 taxoni de *Cornus L.*, (*Cornus alba* ‘Elegantissima’, *Cornus alba* ‘Aurea’, *Cornus kousa* ‘Samaritan’, *Cornus florida* ‘Cherokee Brave’) în a IV-a perioadă de vegetație, care cresc și se dezvoltă în colecția GBNI. Parametrii morfologici au fost determinați la câte 3 plante, precum și pentru 100 de flori, frunze și lujeri. Observațiile fenologice au fost efectuate conform metodei elaborate de Grădina Botanică din Moscova [5] și perfectată de dr. hab. A. Palancean [4].

Rezultate și discuții

Contribuția Grădinilor Botanice la implementarea Strategiei Globale de Conservare a Biodiversității vizează o serie de direcții de importanță prioritară, una din ele fiind majorarea și diversificarea genofondului de colecții de plante vii, precum și pentru amenajarea spațiilor verzi urbane și rurale. Spațiile verzi sunt factori esențiali ai vieții omului și amenajării teritoriilor publice sau private, care contribuie la asigurarea condițiilor necesare creșterii calității vieții. De altfel, modul de amenajare, asociere a plantelor și ponderea pe care o au spațiile verzi în cadrul urbanismului, constituie un indicator al gradului de civilizație al unui popor. Din multitudinea de specii lemnoase recomandate în acest scop se enumără și taxonii din genul *Cornus L.* În ultimii ani (2019- prezent) în GBNI au fost introduși și aclimatizați 5 specii și 28 taxoni noi de corn (Figura 1).

Fig. 1. Planul dendrologic al colecției genului *Cornus L.*



Se descriu succint speciile și taxonii mobilizați și conservați în GBNI.

Cornus alba L. (*C. tatarica* Mill., *C. sibirica* Pall.) - sânger tătăresc este un arbust până la 3 m înălțime, răspândit în Europa, Siberia, Extremul Orient. Se distinge prin tulpini erecte, lujeri cu măduvă mare, albă, scoarță roșie-vie-sanguinee. Frunzele lat ovate până la eliptice, de 7-9 cm lungime, pe partea ventrală rugoase, verzi-închis, pe cea dorsală glauce cu perișori alipiți. Florile la ambii taxoni («Elegantissima» și «Aurea») sunt albe, sepale foarte scurte, petale ovate, ovar păros (Figura 3a, 3b). Inflorescența corimbiformă atinge 3,5- 5 cm lungime. Fructul este o drupă globuloasă albă sau albăstruie de 5 mm în diametru. Înflorește în mai-iunie, maturarea fructelor are loc în august. Este decorativ din categoria celor pe timp de iarnă, când frunzele lipsesc, iar pe fundalul zăpezii se „apriind” lujerii roșii ornamental valoroși.

C.a. ‘Elegantissima’ – cu frunze puternic striate cu alb (Figura 2a).

C.a. ‘Aurea’ – frunze striate cu galben (Figura 2b).

C.a. ‘Sibirica’ – cu lujeri roșii – aprins. Aceste forme valoroase sunt rezistente la factorii ecologici și se recomandă în toate tipurile de spații verzi în cele 3 raioane dendrologice ale republicii.

În GBNI sunt adaptați și aclimatizați taxonii de *Cornus alba* - ‘Elegantissima’, ‘Aurea’, ‘Sibirica’, ‘Ivory Halo’ PBR, ‘Baton Rouge’ Minbat, ‘Siberian Pearls’, ‘Cream Cracker’ PBR, *Cornus amomum* ‘Blue Cloud’, care se disting prin talia și habitusul plantei, culoarea lujerilor pe fundalul zăpezii, foliajului pe toată perioada de vegetație, în special la finele acesteia. Aceste caractere amplifică decorativitatea în amenajările peisagistice.

C. mas L. – arbore fructifer, melifer, decorativ de talie mică sau arbust răspândit în Europa Centrală și de Sud-Est, Asia Mică, Transcaucazia. În R. Moldova se întâlnește mai des în pădurile din zona centrală, mai rar în cele din nord și sud. Frunzele ovate sau ovat-eliptice, acuminate, întregi, de 7-8 cm lungime, pe față verzi-vii, pe dos verzi-deschis, pubescente. Flori galbene, tetramere grupate în umbelă din 6-10 (22) flori. Fructele comestibile sunt drupe eliptice, roșii, rar la unele soiuri galbene. Decorativ prin foliaj roșu toamna, florile galbene primăvara timpuriu, fructele în perioada maturării. Rezistent la secetă, praf și tundere.

În GBNI sunt aclimatizați 4 taxoni: «Eleganth», «Radost», «Nikolka», «Iantarny» și diverse biotipururi care se disting după forma, dimensiunile, masa, culoarea fructelor.

Cornus sanguinea L. (*Swida sanguinea* (L.) Opiz) – Sânger, este un arbust de 3-4 m înălțime, răspândit în Europa și Asia. În Republica Moldova se întâlnește în toate tipurile de pădure, ca component al etajului arbustiv, în condiții aride se întâlnește mai rar. Tulpini subțiri, flexibile, erecte sau aplecate spre sol, lujeri subțiri, rotunzi, glabri sau pubescenti, roșii purpurii pe partea dinspre soare, verzi-cenușii la umbră. Frunzele eliptice sau ovate, abrupt acuminate, întregi, de 5-6 cm lungime, pe față verzi-închis, dispers pubescente, pe partea dorsală cu peri mai îndesați, verzi-deschis. Florile albe-verzui, petale lanceolate, acuminate. Fructele sunt drupe sferice, de 5-8 mm în diametru, negre albăstrui. Înflorește în lunile mai-iunie, iar maturarea fructelor în septembrie-octombrie. Rezistent la ger, secetă, fum, gaze, crește bine pe toate tipurile de sol, chiar pe cele degradate și calcaroase. Toamna are o decorativitate deosebită prin frunzele roșii, iar iarna prin lujerii roșii.

În GBNI sunt adaptați și aclimatizați următorii taxoni de *Cornus sanguinea* ‘Midwinter Fire’, ‘Green Light’, *Cornus stolonifera* ‘White Gold’, *Cornus sericea* ‘Cardinal’, ‘Hedgerows Gold’, ‘White Gold’.

Cornus florida L. – arbust originar din America de Nord, ales ca emblemă a statului Virginia, crește cu ramurile divergente. Frunzele verzi închise, mari de 7-15 cm, ovate, acuminate își schimbă culoarea toamna în nuanțe vii de roșu. Florile sunt mici, verzui, frumusețea înfloririi este apreciată de cele 4 bractee petaloide mari, strălucitoare, alb-roșii, care înconjoară inflorescența mica (12 mm) centrală, simulând o floare de 8-10 cm în diametru. Apariția bracteelor la sfârșitul lunii mai amplifică decorativitatea. Caractere decorative suplimentare sunt fructele roșii, elipsoidale, de 1-1,5 cm lungime și structura interesantă a scoarței la maturitate. Fructele roșii strălucitoare sunt amare și necomestibile pentru oameni (unii autori spun că sunt otrăvitoare), dar sunt iubite de păsări. Fructele se maturizează la sfârșitul verii până la începutul toamnei și pot persista până la sfârșitul anului.

Se cunoaște taxonul *Cornus florida* ‘Rubra’ distinctiv prin bracteele roșii-roz.

Cornus florida ‘Cherokee Brave’ – arbust cu creștere lentă, cu coroana rotundă, destul de neregulată, densă cu mai multe tulpini. Ramurile devin pendente pe măsură ce planta înaintea în vârstă, coroana că-

pătând forma sferică. Frunza la începutul vegetației are nuanță roșiatică, devine verde închis vara (Figura 2d), iar toamna se colorează în stacojiu spre violet. Fiecare cap de floare este înconjurat de patru bractee: acestea sunt roșii roz (Figura 3d), cu o bază vizibil mai deschisă. Planta are înrădăcinare superficială, cu un sistem radicular fibros și necesită un sol umed. Dintre speciile de *C. florida*, acesta este unul dintre taxonii cel mai puțin sensibil la mucegai.

Cornus kousa ‘Samaritan’ este un arbust decorativ de dimensiuni mici până la mijlocii, care atinge 1,5 m înălțime la maturitate, crește cu ramurile etalate. Frunzele verzi (Figura 2c), oval-ascuțite devin bronz-roșcate toamna. Poate fi folosită ca plantă-solitară, în grupuri mici sau la lizieră în contrast cu alți arbuști. Se distinge prin duritatea lemnului. În funcție de vârsta cornului kousa, arbustul capătă un aspect diferit. Arbuștii tineri cresc într-un mod vertical și într-o formă oarecum conică, similar unei vase. Pe măsură maturizării, dezvoltă mai multe ramificații orizontale, forma coroanei devine rotunjită și se pretează ușor. Cornul kousa înflorește aproape o lună (mai-iunie). Inflorescențele mici sunt înconjurate de 4 bractee mari similar speciei *Cornus florida* L. Bracteele cremoase, albe apar la sfârșitul primăverii dându-i arbustului decorativitate senzațională (Figura 3c).

Fig. 2. Taxoni de *Cornus* L. în perioada a IV-a a vegetației.



a) *Cornus alba* 'Elegantissima'



b) *Cornus alba* 'Aurea'



c) *Cornus kousa* 'Samaritan'



d) *Cornus florida* 'Cherokee Brave'

Fructele cornului kousa sunt drupe roșiatică până la roz, de 2 cm în diametru, apar la sfârșitul verii și toamna, asemănătoare cu fructele de zmeură toamna, iar coaja decojită de pe trunchiurile plantelor mature conferă scoarței un aspect pestriț atractiv. Frunzele de culoare verde închis strălucitoare pe toată perioada de vegetație devin toamna roșiatic-violete până la stacojiu și se mențin de la 3 până la 5 săptămâni. Este decorativ pe toată perioada de vegetație. Planta are un ritm de creștere lent și preferă o locație însorită, dar este tolerantă la umbra moderată. Crește mai bine în zonele deschise, cum ar fi gazonul, dar tolerează o umbră ușoară, mai ales după-amiaza. Înflorește abundent plantat pe sol acid, fertil bine drenat și, deși tolerează un sol uscat, nu va supraviețui în soluri îmbibate cu apă. *Cornus kousa* comparativ cu *Cornus florida* este mai rezistent la problemele de secetă, frig și boli (inclusiv o susceptibilitate mai mică la antracnoza). Rădăcinile

puțin adânci face dificil transplantarea, totuși, cornul kousa poate fi transplantat cu ușurință toamna și la începutul primăverii cu rădăcina protejată (containerizată). *Cornus kousa* ar fi o completare grozavă pentru multe peisaje din Republica Moldova. Este decorativ în toate anotimpurile anului prin frunziș, abundența înfloririi, fructelor. Scoarța toamna și iarna la maturitate dezvoltă pete exfoliante de culoare bronză și maro.

Fig. 3. Taxoni de *Cornus* L în faza de înflorire.



a) *Cornus alba* 'Elegantissima'



b) *Cornus alba* 'Aurea'



c) *Cornus kousa* 'Samaritan'



d) *Cornus florida* 'Cherokee Brave'

Cornul kousa este în general imun la boli și dăunători. Nerespectarea tehnologiei poate provoca apariția unor pete pe frunze, flori (botrytis), arsuri bacteriene ale frunzelor, mușgaiul frunzelor. *Cornus kousa*, originar din Asia de Est, este cea mai importantă specie din punct de vedere economic din genul *Cornus* L. datorită polimorfismului trăsăturilor sale horticoale și capacității de a se hibridiza cu alte specii de corn nativi din America de Nord. Cornul asiatic (*Cornus kousa* F.Buerger ex Hance) este un omolog al *C. florida* L. originar din America de Nord. Datorită popularității soiurilor comerciale în industria de pepinieră și peisaj, ambele specii generează cea mai mare valoare economică dintre cele aproximativ 70 de specii și varietăți recunoscute în prezent în genul *Cornus* L. [2]. Cultivat pe scară largă ca ornamental, este naturalizat în statul New York. Similar altor specii de corn, *C. kousa* are frunze opuse, simple, lungi de 4–10 cm. Arbustul este extrem de uimitor în perioada înfloririi, dar ceea ce pare a fi patru petale albe sunt de fapt patru bractee răspândite sub grupul de flori discrete galben-verzi. Înflorirea are loc la sfârșitul primăverii, la câteva săptămâni după începerea vegetației. Se poate distinge de cornul înfloritor (*Cornus florida*) din estul Americii de Nord prin portul său mai vertical, care înfloreste aproximativ o lună mai târziu și prin bracteele ascuțite, mai degrabă decât rotunjite. Fructele sunt boabe compuse de culoare roz până la roșie, cu diametrul de 2–3 cm, deși aceste fructe de pădure tind să crească mai mari spre sfârșitul sezonului, uneori unele ciorchini de boabe care nu cad depășesc 4 cm. Este comestibil, cu o aromă dulce, cremoasă și este un plus delicios la valoarea ornamentală a arbustului. Fructul se poate utiliza la fabricarea vinului.

Recent în GBNI au fost introduși și aclimatizați *Cornus kousa* chinensis 'PVG', *C. k.* 'Weisse Fontäne', *C. k.* 'Wieting's Select', *C.k.* 'Samaritan', *C.k.* 'Satomi', *C.k.* 'Schmetterling', *C.k.* 'China Girl'.

Concluzii

1. Colecția genului *Cornus* L. din cadrul GBNI a fost completată diversificat cu 5 specii și 28 taxoni noi alohtoni ornamentali și însumează 8 specii și 28 taxoni. Introducții cercetați (*Cornus alba* ‘Elegantissima’, *Cornus alba* ‘Aurea’, *Cornus kousa* ‘Samaritan’, *Cornus florida* ‘Cherokee Brave’) sunt taxoni cu grad ridicat de decorativitate prin multiple caractere specifice.

2. Taxonii investigați de *Cornus* L. (*Cornus alba* ‘Elegantissima’, *Cornus alba* ‘Aurea’, *Cornus kousa* ‘Samaritan’, *Cornus florida* ‘Cherokee Brave’) sunt decorativi prin forma și mărimea habitusului, culoarea lujerilor în perioada iernii, nuanța foliajului pe toată perioada de vegetație, în special toamna târziu și abundența înfloririi.

3. Cultivarurile cercetate sunt rezistente la secetă, ger, noxe, nu cer îngrijiri speciale, doar tăieri de formare și respectarea tehnologiei pe toată perioada de vegetație.

4. Se recomandă pentru utilizare în amenajările spațiilor verzi în prim plan în grupuri mici, în amestecuri la lizieră, pentru garduri vii de diferite înălțimi.

Referințe:

1. *Деревья и кустарники СССР*. М.-Л. Изд-во АН СССР, 1960. Т.5. С. 200 -203.
2. <http://www.theplantlist.org/>
3. Iliescu Ana-Felicia. *Cultura arborilor și arbuștilor ornamentali*. București. Editura Ceres. 2002, 423 p. ISBN 973-40-0582.
4. Palancean A., Comanici I. *Dendrologie (Asortimentul de arbori, arbuști și liane pentru împăduriri și spații verzi)*. Chișinău: Tipografia Centrală, 2009, 519 p. ISBN 978-9975-78-727-7.
5. *Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР*. –Бюлл. ГБС. АН СССР.-М. Наука, 1979, Вып. 113, с. 3-8.

Notă: Cercetările au început în cadrul proiectului de cercetare și inovare Programe de Stat 2020-2023: „Introducerea și elaborarea tehnologiilor de multiplicare și cultivare prin tehnici convenționale și culturi in vitro a speciilor de plante lemnoase noi”, cu cifrul proiectului 20.80009.7007.19 și continuate în cadrul subprogramului 010101: „Cercetarea și conservarea ex situ și in situ a diversității plantelor din Republica Moldova”.

Date despre autori:

Ion ROȘCA, doctor în științe biologice, cercetător științific coordonator; director al Grădinii Botanice Naționale (Institut) „Alexandru Ciubotaru”.

ORCID: 0000-0002-1304-8033

E-mail: roscasilva@yahoo.com

Elisaveta ONICA, doctor în științe biologice, cercetător științific coordonator în laboratorul Dendrologie, Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru”.

ORCID: 0000-0001-6075-5518

E-mail: onicaelisaveta@yahoo.com

Alina CUTCOVSCHI-MUȘTUC, doctor în științe biologice, cercetător științific coordonator; secretar științific al Grădinii Botanice Naționale (Institut) „Alexandru Ciubotaru”.

ORCID: 0000-0002-9005-6977

E-mail: alinacutcovschi@mail.ru

Natalia ONICA, cercetător științific în laboratorul Dendrologie, Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru”.

ORCID: 009-006-0509-2153

E-mail: onica_natasha@mail.ru

CZU: 581.9:502.1(478)

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_13](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_13)

**ASOCIAȚIA GERANIO PRATENSI–CIRSIIETUM CANI PÎNZARU,
IONIȚA ET JARDAN 2019
(FILIPENDULION SEGAL EX WESTHAFF ET DEN HELD 1969)
ÎN REZERVAȚIA PEISAGISTICĂ „DOBRUȘA”, REPUBLICA MOLDOVA**

Victor SFECLĂ, Pavel PÎNZARU,

Universitatea de Stat din Moldova

Ca rezultat al cercetărilor efectuate în cadrul rezervației peisagistice „Dobrușa”, au fost descrise 5 relevee fitocenologice ce aparțin la asociația *Geranio pratensi–Cirsietum cani* Pînzaru, Ionița et Jardan 2019. Aceste fitocenozes vegetează pe soluri umede în valea râului Ciorna, la altitudine de 174-185 m. Acoperirea generală a învelișului ierbos este 100%. În structura verticală a fitocenozelor se observă 3 straturi, cel superior atinge înălțimea de 170-200 cm. Specii edificatoare sunt *Cirsium canum* (L.) All., *Geranium pratense* L. și *Inula helenium* L. Specii constante: *Eupatorium cannabinum* L. (V), *Potentilla reptans* L. (V), *Glechoma hederacea* L. (V), *Epilobium hirsutum* L. (IV), *Lythrum salicaria* L. (IV), *Lysimachia vulgaris* L. (IV), *Mentha longifolia* (L.) Huds. (IV), *Valeriana officinalis* L. (IV). Specii rare: *Caltha palustris* L., periclitată (EN) inclusă în Cartea Roșie a Republicii Moldova; *Galium rivale* (Sibth. & Sm.) Griseb. vulnerabilă (VU); *Sonchus palustris* L., vulnerabilă (VU) și *Selinum carvifolia* (L.) L., periclitată (EN).

Cuvinte-cheie: *As. Geranio pratensi–Cirsietum cani*, descrierea fitocenozelor, rezervația peisagistică „Dobrușa”, Republica Moldova.

**THE ASSOCIATION GERANIO PRANTENSI–CIRSIIETUM CANI PÎNZARU,
IONIȚA ET JARDAN 2019 (FILIPENDULION SEGAL EX WESTHAFF ET DEN
HELD 1969) IN THE „DOBRUȘA” LANDSCAPE RESERVE, REPUBLIC OF MOLDOVA**

As a result of the research, which was carried out within the landscape reserve „Dobrușa”, 5 phytocenological relevés, which belong to the association *Geranio pratensi–Cirsietum cani* Pînzaru, Ionița et Jardan 2019, have been described. This phytocenosis vegetate on wet soils, in the Ciorna river valley, altitude of 174-185 m. The overall grasscover is 100%. Three layers can be observed in the vertical structure, the upper one reaches the height of 170-200 cm. Edifying species are: *Cirsium canum* (L.) All., *Geranium pratense* L. și *Inula helenium* L. Constant species are: *Eupatorium cannabinum* L. (V), *Potentilla reptans* L. (V), *Glechoma hederacea* L. (V), *Epilobium hirsutum* L. (IV), *Lythrum salicaria* L. (IV), *Lysimachia vulgaris* L. (IV), *Mentha longifolia* (L.) Huds. (IV), *Valeriana officinalis* L. (IV). Rare species are: *Caltha palustris* L., endangered (EN); *Galium rivale* (Sibth. & Sm.) Griseb. vulnerable (VU); *Sonchus palustris* L., vulnerable (VU) și *Selinum carvifolia* (L.) L., endangered (EN).

Keywords: *Ass. Geranio pratensi–Cirsietum cani*, characteristics of phytocoenoses, “Dobrușa” landscape reserve, Republic of Moldova.

Introducere

Rezervația peisagistică „Dobrușa” (2634,0 ha) este amplasată pe Podișul Nistrului, la altitudinea de 174-350 m, în raionul Șoldănești, cuprinde trupurile de pădure „Dobrușa Mare”, „Dobrușa Mică” și „Rădi”, este ocrotită în conformitate cu *Legea privind fondul ariilor naturale protejate de stat* [1]. Cercetări fitocenologice de evidențiere a asociațiilor vegetale din cadrul acestei arii protejate, anterior nu au fost realizate. În urma cercetărilor efectuate în anii 2023-2024, a fost evidențiată asociația *Geranio pratensi–Cirsietum cani* Pînzaru, Ionița et Jardan 2019, cunoscută anterior din văile intercolinare de pe Podișul Moldovei Centrale, raioanele: Ungheni (Pojarna, Cornești), Călărași (Sipoteni) și Strășeni (Lozova) [2]. Prezenta lucrare cuprinde rezultatele cercărilor fitocenologice a vegetației ierboase din liziera trupului de pădure „Rădi”, în lunca unui afluent mic de dreapta a râului Ciorna, din preajma localității Olișcani, r-nul Șoldănești.

Material și metode

Studiul a fost realizat în vara anului 2023 și în primăvara anului 2024, cuprinde 5 relevee. Suprafața releveelor de 100 m², descrise conform metodologiei Școlii Central-Europene [3, 4]. Nomenclatura speciilor este prezentată în acord cu monografia „*Flora vasculară din Republica Moldova*” [5]. Speciile rare în conformitate cu *Cartea Roșie a Republicii Moldova* [6], *Legea privind fondul ariilor naturale protejate de stat* [1] și *Flora vasculară din Republica Moldova* (Lista speciilor și ecologia) [5]. Temperatura medie anuală a aerului și cantitatea medie de precipitații anuale conform atlasului „*Resurse climatice ale Republicii Moldova*” [7]. Tipul de sol – în acord cu monografia „*Solurile Moldovei*” [8].

Rezultate și discuții

Ca rezultat al cercetărilor fitocenologice efectuate în cadrul rezervației peisagistice „Dobrușa” trupul de pădure „Rădi” (fig. 1), au fost descrise 5 relevee fitocenologice cu specii edificatoare pentru asociația *Geranio pratensi–Cirsietum cani* Pînzaru, Ionița et Jardan 2019, și anume: *Cirsium canum* (L.) All., *Geranium pratense* L., *Inula helenium* L.

Fig. 1. Amplasarea stațiunii cu fitocenozele *As. Geranio pratensi–Cirsietum cani* Pînzaru, Ionița et Jardan 2019.



As. Geranio pratensi–Cirsietum cani Pînzaru, Ionița et Jardan 2019, *J. Plant Develop.*, vol. 26:147-159, tab. sintetic 1, 26 relevee
Syn.: Cirsietum cani auct. non Tx. 1951: Lazu, 2014, *Pajiștele de luncă din Republica Moldova*, p. 270-271 [9].
Holotypus: Pînzaru, Ionița et Jardan, 2019, tabelul 1, relev. 22.
Tabelul sintetic h. l.: tabelul 1, 5 relevee.

Fig. 2. As. *Geranio pratensi*–*Cirsietum cani* Pînzaru, Ionița et Jardan 2019 în Rezervația peisagistică „Dobrușa”, 29.07.2023.



Stațiunea: Altitudinea 174-185 m, cu expoziții Vestice, Nord-Vestice și Nord-Estice, înclinarea terenului studiat între 5° și 15°. Relief: vale intercolinară pe Podișul Nistrului. Climă temperat-continentală, temperatura medie anuală a aerului este de 9.0-9.5°C, cantitatea medie anuală de precipitații – 550-600 mm. Sol deluvial ocric, format pe contul solurilor cenușii erodate de pe coline. Suprafața totală a teritoriului studiat cuprinde 500 m².

Specii caracteristice: *Cirsium canum* (fig. 3), *Geranium pratense* (fig. 4), *Inula helenium* (fig. 5).

Specii constante: *Potentilla reptans* (V), *Glechoma hederacea* (V), *Lysimachia nummularia* (V), *Epilobium hirsutum* (IV), *Eupatorium cannabinum* (IV), *Galium rivale* (IV), *Lathyrus pratensis* (IV), *Mentha longifolia* (IV), *Symphytum officinalis* (IV), *Valeriana officinalis* (IV).

Fig. 3. *Cirsium canum* (L.) All.



Fig. 4. *Geranium pratense* L.



Specii rare pentru flora Republicii Moldova: *Caltha palustris periclitată* (EN) (fig. 6), inclusă în *Cartea Roșie a Republicii Moldova* (2015), *Galium rivale* vulnerabilă (VU), *Sonchus palustris* vulnerabilă (VU), și *Selinum carvifolia* periclitată (EN).

Fig. 5. Inula helenium L.



Fig. 6. Caltha palustris L. (31.03.2024).



Structura pe verticală: acoperirea generală a învelișului ierbos este de 100% (fig. 2). În structura verticală a fitocenozelor se observă 3 straturi:

1. Stratul superior cu înălțimea de 170-200 cm, format de *Cirsium canum*, *Inula helenium*, *Angelica sylvestris*, *Calystegia sepium*, *Carduus crispus*, *Epilobium hirsutum*, *Eupatorium cannabinum*, *Dipsacus fullonum*, *Filipendula ulmaria*, *Lysimachia vulgaris*, *Phragmites australis*, *Sium latifolium*, *Valeriana officinalis*, rar *Rosa villosa*, lăstăriș de *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Salix viminalis*.

2. Stratul mijlociu, înalt de 35-110 cm, constituit din *Geranium pratense*, *Galeopsis speciosa*, *Galium rivale*, *Carex hirta*, *Carex riparia*, *Cirsium arvense*, *Lathyrus pratensis*, *Lythrum salicaria*, *Mentha longifolia*, *Rubus caesius*, *Scirpus sylvaticus*, *Serratula tinctoria*, *Symphytum officinalis*.

3. Stratul inferior, înalt până la 25(30) cm, relevat de *Equisetum arvense*, *Glechoma hederacea*, *Lysimachia nummularia*, *Potentilla reptans*, *Ranunculus repens*, rar *Viola elatior*, *Caltha palustris*.

Compoziția floristică: În cele 5 relevee au fost identificate 79 specii de cormofite: 15 specii sunt caracteristice alianței *Filipendulion ulmariae* Segal ex Westhoff et Den Held 1969, 5 – ordinului *Molinietales caeruleae* Koch 1926, 9 – ordinului *Potentillo-Polygonetalia avicularis* Tx. 1947, 9 – clasei MOLINIO-ARRHENATHERETEA Tx. 1937, 13 – clasei PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA Klika in Klika et Novák 1941, 28 – *Varietate syntaxa*. Numărul speciilor în cadrul releveelor diferă de la 25 în releveul 49, până la 54 specii în releveul 47.

Răspândirea: Asociație vest-pontică, descrisă din Republica Moldova [2]. Fitocenozele acestei asociații se întâlnesc rar prin luncile de pe Podișul Moldovei Centrale, în raioanele: Ungheni (Pojarna, Cornești), Călărași (Sipoteni), Strășeni (Lozova), și în Podișul Nistrului, r-nul Șoldănești (Olișcani).

Starea de protecție: Teritorial, asociația dată este ocrotită în Rezervația științifică „Codrii” și în Rezervația peisagistică „Dobrușa”.

Tabelul 1. Tabelul sintetic al asociației Geranio pratensi-Cirsietum cani Pînzaru, Ionița et Jardan 2019.

Numărul releveului	45	46	47	48	49	K
Altitudine (m)	174	174	175	175	185	
Expoziție	NE	NE	V	V	NV	
Înclinarea (°)	5	5	10	5	15	
Acoperire generală (%)	100	100	100	100	100	
Suprafața releveului (m ²)	100	100	100	100	100	
Numărul de specii	28	31	54	41	25	
Caract. de as.						
<i>Cirsium canum</i>	1, 2	1, 2	1	1, 2	1	V
<i>Geranium pratense</i>	2, 3	1	2	1, 2	1	V
<i>Inula helenium</i>	1	+	+	+	+	V

<u>Filipendulion</u>						
<i>Epilobium hirsutum</i>	+	+	+	+	-	IV
<i>Eupatorium cannabinum</i>	+	+	+	-	r	IV
<i>Galium rivale</i>	1	1, 2	1	1	-	IV
<i>Mentha longifolia</i>	1	1, 2	+	2	-	IV
<i>Valeriana officinalis</i>	+	+	+	+	-	IV
<i>Calystegia sepium</i>	-	+	+	+	-	III
<i>Lythrum salicaria</i>	-	+	+	+	-	III
<i>Selinum carvifolia</i>	r	-	-	+	+	III
<i>Epilobium tetragonum</i>	-	-	+	+	-	II
<i>Filipendula ulmaria</i>	1, 2	+	-	-	-	II
<i>Chaerophyllum aromaticum</i>	-	-	+	-	-	I
<i>Lysimachia vulgaris</i>	-	-	+	-	-	I
<u>Molinieta</u>						
<i>Glechoma hederacea</i>	1	1	1	2	1	V
<i>Symphytum officinale</i>	+	+	+	+	-	IV
<i>Ranunculus repens</i>	+	-	1	1	-	III
<i>Serratula tinctoria</i>	-	-	-	-	3	II
<i>Angelica sylvestris</i>	+	-	-	-	-	I
<u>Potentillo–Polygonetalia</u>						
<i>Potentilla reptans</i>	+	1	1	+	1	V
<i>Althaea officinalis</i>	r	-	+	+	-	III
<i>Carex hirta</i>	-	-	1	1	1	III
<i>Galega officinalis</i>	-	+	+	+	-	III
<i>Juncus inflexus</i>	-	-	-	+	-	I
<i>Plantago major</i>	-	-	r	-	-	I
<i>Polygonum aviculare</i>	-	-	r	-	-	I
<i>Rumex conglomeratus</i>	+	-	-	-	-	I
<i>Trifolium elegans</i>	-	-	-	+	-	I
<u>Molinio–Arrhenatheretea</u>						
<i>Lysimachia nummularia</i>	+	1, 2	1	1	+	V
<i>Lathyrus pratensis</i>	1	1	1	+	-	IV
<i>Agrostis gigantea</i>	+	+	+	-	-	III
<i>Achillea pannonica</i>	-	-	+	+	-	II
<i>Agrostis capillaris</i>	-	-	-	+	-	I
<i>Centaurea jacea</i>	-	-	-	-	1	I
<i>Lotus corniculatus</i>	-	-	-	-	+	I
<i>Odontites vulgaris</i>	-	-	+	-	-	I
<i>Trifolium pratense</i>	-	-	+	-	-	I
<u>Phragmito–Magnocaricetea</u>						
<i>Phragmites australis</i>	1	1	+	1	-	IV
<i>Scirpus sylvaticus</i>	1, 2	1	1	1	-	IV
<i>Sium latifolium</i>	+	+	+	+	-	IV
<i>Carex riparia</i>	-	1, 2	1	1	-	III
<i>Equisetum arvense</i>	+	+	1	-	-	III
<i>Carduus crispus</i>	-	+	+	-	-	II
<i>Mentha aquatica</i>	-	+	-	+	-	II

<i>Stellaria aquatica</i>	-	-	+	+	-	II
<i>Caltha palustris</i>	r	-	-	-	-	I
<i>Epilobium parviflorum</i>	-	-	-	+	-	I
<i>Rumex aquaticus</i>	-	-	-	+	-	I
<i>Typha angustifolia</i>	-	-	-	r	-	I
<i>Viola elatior</i>	-	-	-	-	+	I
Variae syntaxa						
<i>Rubus caesius</i>	-	I	+	+	I	IV
<i>Cirsium arvense</i>	-	+	+	+	-	III
<i>Dipsacus laciniatus</i>	-	-	+	+	+	III
<i>Erigeron annuus</i>	-	-	+	r	I	III
<i>Galeopsis speciosa</i>	-	+	+	+	-	III
<i>Melilotus officinalis</i>	r	r	+	-	-	III
<i>Sonchus asper</i>	r	-	+	+	-	III
<i>Calamagrostis pseudophragmites</i>	+	I	-	-	-	II
<i>Cornus sanguinea</i>	-	-	r	-	+	II
<i>Daucus carota</i>	-	-	+	r	-	II
<i>Rumex patientia</i>	-	-	r	+	-	II
<i>Salix viminealis</i>	+	+	-	-	-	II
<i>Tanacetum vulgare</i>	-	-	r	-	r	II
<i>Aethusa cinapium</i>	-	-	r	-	-	I
<i>Agrimonia eupatoria</i>	-	-	-	-	+	I
<i>Artemisia vulgaris</i>	-	-	+	-	-	I
<i>Cichorium intybus</i>	-	-	-	-	+	I
<i>Crataegus monogyna</i>	-	-	-	-	+	I
<i>Coronilla varia</i>	-	-	r	-	-	I
<i>Elymus repens</i>	-	-	I	-	-	I
<i>Galium mollugo</i>	-	-	-	-	+	I
<i>Hypericum hirsutum</i>	-	-	-	-	r	I
<i>Jacobaea erucifolia</i>	-	-	-	-	+	I
<i>Rosa villosa</i>	-	-	-	-	r	I
<i>Silene chlorantha</i>	-	-	r	-	-	I
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	-	-	r	-	-	I
<i>Torilis arvensis</i>	-	-	+	-	-	I
<i>Urtica dioica</i>	-	-	+	-	-	I

Localitatea și data efectuării releveelor: 45-49, Tr. de pădure „Rădi”, s. Olișcani, raionul Șoldănești, 29-30.07.2023, 30-31.03.2024.

Concluzii

În concluzie considerăm justificată încadrarea fitocenozelor studiate în cenotaxonii adoptați: alianța – *Filipendulion ulmariae* Segal ex Westhoff et Den Held 1969, ordinul – *Molinietales caeruleae* Koch 1926, clasa – MOLINIO-ARRHENATHERETEA Tx. 1937.

Fitocenozele asociației *Geranio pratensis*-*Cirsietum cani* Pînzaru, Ionița et Jardan 2019, descrise din rezervația peisagistică „Dobrușa”, se află într-o stare bună, sunt rare și considerăm oportună propunerea de a fi incluse în viitoarea *Listă a asociațiilor rare din Republica Moldova*, cu statut mare de conservare.

Releveele nr. 45-48 prezintă fitocenoze mezo-higrofile, iar releveul nr. 49 – fitocenoză mezofilă.

Pe teritoriul Republicii Moldova prezența speciei *Caltha palustris* L., în comunitățile vegetale ale asociației din rezervația dată, se găsește la limita de sud a arealului.

Referințe:

1. *Legea privind fondul ariilor naturale protejate de stat*. Nr. 1538 din 25.02.1998. *Monitorul Oficial din* 16.07.1998, Nr. 066 art. Nr. 442.
2. PÎNZARU, P., IONIȚA, O., JARDAN, N. *Geranio pratensi–Cirsietum cani ass. nova Pinzaru, Ionița & Jardan (Filipendulion Segeal ex Westhaff et Den Held 1969), in the Republic of Moldova*. In: *J. Plant Develop.*, 2019, vol. 26, p. 147-160. ISSN 2065-3158 print /e-ISSN 2066-9917.
3. BRAUN-BLANQUET, J. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Ed. 3. Wien: Springer-Verlag. 1964, 865 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-8110-2>.
4. CRISTEA, V., GAFTA, D., PEDROTTI, F. *Fitosociologie*. Cluj-Napoca: Presa Universitară Clujeană, 2004. 394 p. ISBN 973-610-192-4.
5. PÎNZARU, P. *Flora vasculară din Republica Moldova: (lista speciilor și ecologia)*. Ed. a 3-a, rev. și compl. Vol. I. *Plante vasculare spontane*. Chișinău: CEP UPSC, 2023, 226 p. ISBN 978-9975-46-807-7.
6. *Cartea Roșie a Republicii Moldova = The Red Book of the Republic of Moldova*, ed. 3. Col. red. Duca Gh. & al. Chișinău: Știința, 2015 Part. I: 11-231. ISBN 978-9975-67-998-5.
7. *Atlas. Resursele climatice ale Republicii Moldova*. /Colectiv de aut. Maria Nedealcov, Valentin Răilean, Lazăr Chirică & al. Chișinău: Î.E.P. Știința, 2013, 76 p. ISBN 978-9975-67-984-0.
8. URSU, A. *Solurile Moldovei*. Ch.: Î.E.P. Știința, 2011, 324 p. ISBN 978-9975-67-647-2.
9. LAZU, Ș. *Pajiștele de luncă din Republica Moldova: (flora, vegetația, plantele indicatoare, renaturalizarea pășunilor degradate, sectoare reprezentative)*. Chișinău: Tipogr. AȘM, 2014, 452 p. ISBN 978-9975-62-377-3.

Date despre autori:

Victor SFECLĂ, doctorand, Școala doctorală Științe ale Naturii, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0968-7016>

E-mail: v.sfecla@gmail.com

Pavel PÎNZARU, doctor în biologie, conferențiar cercetător, Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6116-930X>

E-mail: p_panzaru@yahoo.it

Prezentat la 15.07.2024

CZU: 58:574(478-21)

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_14](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_14)

DIVERSITATEA FLORISTICĂ DIN ECOSISTEMUL URBAN CAHUL

Corina CERTAN, Nadejda GRABCO, Veronica FLORENȚĂ,

Universitatea de Stat din Moldova

Studiul floristic al ecosistemelor urbane la etapa actuală de dezvoltare a societății umane este determinat de procesul de urbanizare, care s-a intensificat începând cu a II – a jumătate a sec. XX. Procesul de formare a urbocenozelor influențează structura și compoziția vegetației unei regiuni, reduce efectivul speciilor, speciile cu amplitudine ecologică îngustă dispar, specii neautohtone își manifestă caracterul invaziv etc. Diversitatea floristică a ecosistemului urban Cahul, care face parte din zona stepei Câmpiei de Sud, districtul Stepa Bugeacului indică, că flora acestui ecosistem se deosebește radical de flora zonală tipică spontană a stepelor. Prezentul articol constă în studiul și analiza indicilor biologici, biomorfelor, geoelementelor, grupelor ecologice în raport cu factorul umiditatea, troficitatea florei vasculare din orașul Cahul. Grupele majore conform diversității floristice sunt reprezentate de familiile Asteraceae și Poaceae, poziția dominantă a cărora a fost stabilită și în alte ecosisteme urbane din Republica Moldova.

Cuvinte-cheie: *ecosistem urban, floră, specie, indice biologic, biomorfă, geoelement, umiditate, troficitate.*

THE FLORISTIC DIVERSITY IN THE CAHUL URBAN ECOSYSTEM

The floristic study of urban ecosystems at the current stage of development of human society is determined by the process of urbanization, which intensified starting from the 2nd - half of the 20th century. The process of formation of urbocenoses influences the structure and composition of the region vegetation, reduces the number of species, species with a narrow ecological range disappear, non-indigenous species show their invasive nature, etc. The floristic diversity of the Cahul urban ecosystem, which is part of the steppe zone of the Southern Plain, district Bugeacului Steppe, indicates, that the flora of this ecosystem differs radically from the typical spontaneous zonal flora of the steppes. The present article consists in the study and analysis of biological indices, biomorphs, geoelements, ecological groups in relation to the humidity factor, the trophicity of the vascular flora in the Cahul city. The major groups according to floristic diversity are represented by the families Asteraceae and Poaceae, whose dominant position was also established in other urban ecosystems in the Republic of Moldova.

Keywords: *urban ecosystem, flora, species, biological index, biomorph, geoelement, humidity, trophicity.*

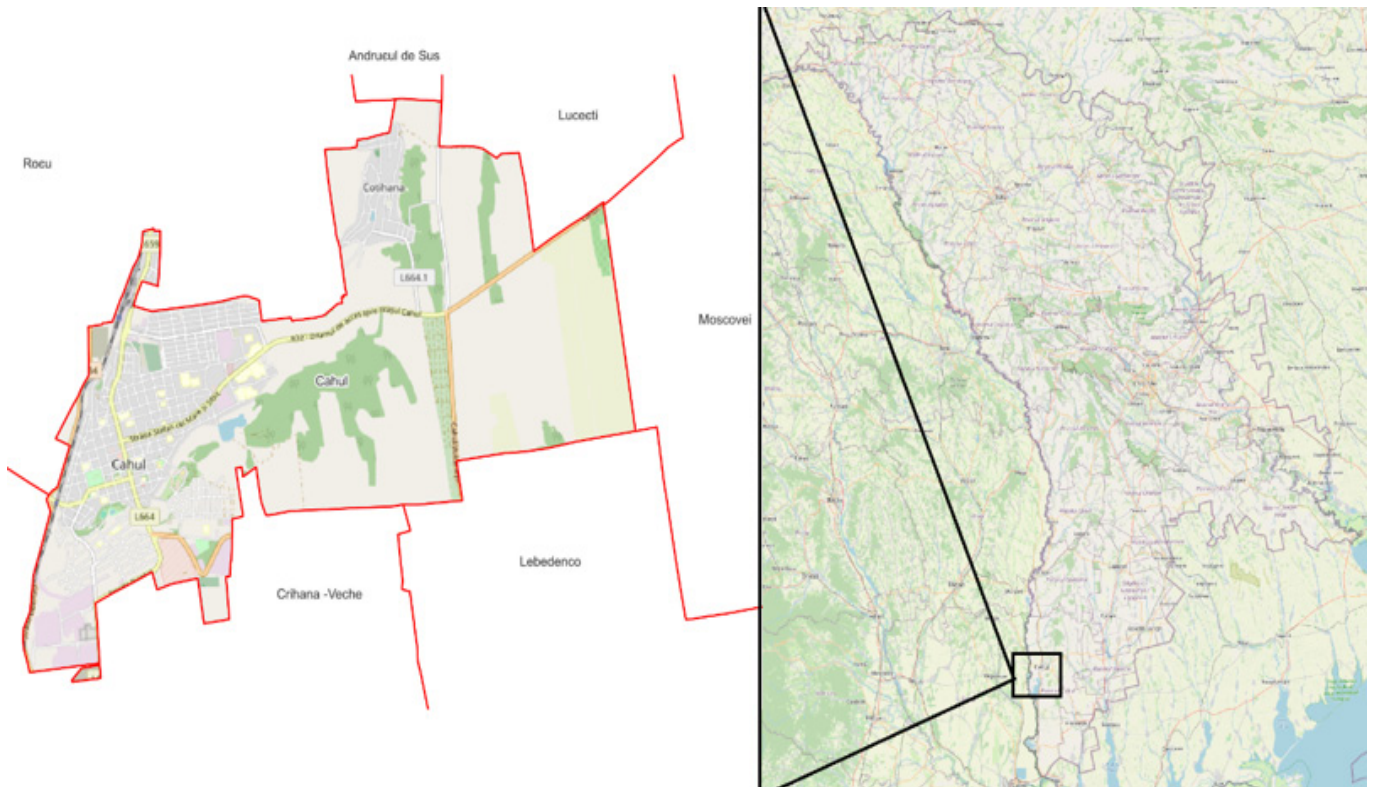
Introducere

Ecosistemele urbane contemporane reprezintă ecosisteme cu geneză și procese microevolutive, include un spectru variat de diferite grupe taxonomice de organisme vegetale și animale, care ocupă anumite nișe ecologice ale ecosistemului urban. Procesul de formare a urbocenozelor începe cu reducerea efectivului speciilor, dispariția speciilor cu amplitudine ecologică îngustă, fragmentarea arealelor extinse în areale de tip mozaic, schimbări negative în repartizarea elementelor biologice ale florei și faunei, în organismele vii se petrec procese de bioacumulare a poluanților [1].

Diversitatea floristică este un indicator important pentru evaluarea sănătății și funcționării unui ecosistem. În contextul urban, cunoașterea acestei diversități este importantă pentru planificarea durabilă și pentru îmbunătățirea calității vieții. Această cercetare își propune să evalueze diversitatea floristică a ecosistemului urban Cahul, cu scopul de a identifica grupele majore și spectrul biologic al florei ecosistemului cercetat.

Ecosistemul urban Cahul este situat pe malul râului Prut, la 175 km de Chișinău. Altitudinea medie față de nivelul Mării Negre este de 119 m (fig. 1). Orașul este traversat în direcția est-vest de două râulețe: Frumoasa (lungimea 9 km) și Cotihana (lungimea 7,4 km) [2].

Ecosistemul urban Cahul, din punct de vedere fizico-geografic, este situat în zona stepei Câmpiei de Sud, care face parte din districtul Stepa Bugeacului, iar din punct de vedere geomorfologic, zona de studiu reprezintă o câmpie deluroasă. Suprafețele de stepă s-au format pe versanții cu expoziții sudice și sud-vestice, puternic încălziiți, cu gradul de înclinare de 15-40°. Acești versanți sunt foarte mult accidentați și întretăiați de râpi [3, 4].

Figura 1. Localizarea ecosistemului urban Cahul.

Metode și materiale aplicate

Cercetările în teren pe parcursul perioadei de vegetație a anului 2024, au fost efectuate în baza studiului floristic din 8 stațiuni stabilite în or. Cahul: I – r. Frumoasa, partea periferică a or. Cahul; II – SEB, Cahul; III – r. Frumoasa, centrul or. Cahul; IV – Lacul Frumoasa; V – r. Frumoasa, intrarea în or. Cahul; VI – reg. Focșa, partea periferică a or. Cahul; VII – Parcul central din or. Cahul; VIII – depozitul de deșeuri din s. Cotihana, Cahul.

Aceste cercetări au fost efectuate prin metoda transectelor lineare, care constă în notarea succesiunii fitoindivizilor de-a lungul unei linii sau a unui traseu, a cărui lungime se stabilește în funcție de tipul de vegetație studiat [5]. În analiza compoziției floristice s-au luat în considerare în primul rând, numărul de specii componente, care oferă informații asupra gradului de homeostazie a sistemului dat. Determinarea speciilor de plante superioare s-a efectuat conform lucrărilor de specialitate [6, 7, 8].

Rezultate obținute și discuții

Spațiile verzi din orașul Cahul conform datelor din 2023 ocupă o suprafață de 46 de hectare [9], contribuind semnificativ la îmbunătățirea calității vieții locuitorilor. Acestea sunt variate ca tip și funcționalitate. Majoritatea spațiilor verzi, aproximativ 92%, sunt destinate utilizării publice, fiind amenajate cu alei, bănci, locuri de joacă. Aceste zone servesc ca locuri de relaxare, recreere și socializare pentru locuitorii orașului. O proporție mai mică, de aproximativ 8%, este reprezentată de spații verzi situate în zone cu potențial turistic, cum ar fi malurile râurilor sau zonele istorice, contribuind la atractivitatea orașului. După o analiză în teren, toate sectoarele orașului Cahul dispun de spații verzi (în curtea blocurilor, scuaruri, parcuri, aliniamente stradale), dar care variază ca suprafață și dimensiuni.

Spectrul floristic, în stațiunile cercetate din or. Cahul, este reprezentat de 155 specii, grupate în 133 genuri din 42 familii de magnoliofite. Cele mai reprezentative în ecosistemul urban Cahul sunt familiile Asteraceae și Poaceae, cu câte 31 și 19 specii corespunzător. Abundența covorului vegetal în unele stațiuni era asigurată de reprezentanții acestor două familii. Flora urbană se dezvoltă mai intens la începutul perioadei de vegetație, datorită precipitațiilor din primăvară, ulterior, pe parcursul verii aceasta scade în diversitate, din cauza temperaturilor ridicate și lipsei de precipitații.

Spectrul indicilor biologici

Indicii biologici a speciilor din stațiunile cercetate pune în evidență prezența următoarelor grupe: ruderale – 54%, spontane – 32% și segetal-ruderale 14% (fig. 2). Ponderea mare a grupelor ruderale și segetal-ruderale reprezintă un indice al încărcăturii antropogene semnificative asupra vegetației ariei de studiu.

Spectrul biomorfelor

Spectrul biomorfelor a speciilor care vegetează în siturile cercetate din orașul Cahul este destul de variat (fig. 3). Ponderea maximală din acest spectru revine hemicriptofitelor, care constituie 33% din total. Acestea sunt plante ierboase perene, mugurii de iernare a cărora sunt amplasați la suprafața solului, care sunt protejați de frunzele bazale de pe tulpină, de resturile organice și de stratul de zăpadă. Speciile din această grupă de biomorfe au fost depistate în toate stațiunile cercetate. Locul secund în spectrul biomorfelor revine fanerofitelor cu 21%, care sunt reprezentate de specii ale căror muguri vegetativi sunt situați la înălțimi mai mari de 0,25 m de la suprafața solului, fiind protejați de solzii care îi acoperă. Cea mai frecventă specie din această categorie este sălcioara – *Elaeagnus angustifolia* L., frecvent întâlnită în stațiunile cercetate. Terofitelor le revine 19% din totalul biomorfelor, acestea sunt specii de plante ierboase, care suportă perioada nefavorabilă sub formă de semințe, fructe sau spori. Conform duratei vieții lor terofitele se împart în anuale, când înfloresc și produc semințe în același an și bienale sau hemiterofite, când în primul an se formează organele vegetative, iar în al doilea an înfloresc, produc fructe și semințe. Hemiterofitele constituie 9% din totalul biomorfelor. Geofitele, la fel constituie 9% din totalul biomorfelor, acestea sunt specii de plante perene, care în condiții nefavorabile supraviețuiesc prin organele subterane: bulbi, tuberculi, rizomi. Terofitele-hemiterofite constituie 4%, iar Terofitele-hemicriptofite – 3%. Camefitelor le revin doar 1% din total și sunt reprezentate de specii a căror muguri hibernali sunt situați la 25–30 cm de la suprafața solului, fiind protejați de stratul de zăpadă, de resturi vegetale și de partea vegetativă proprie. Unica specie hidrofită *Nymphaea alba* L. – nufărul alb a fost depistată în lacul Frumoasa, la intrarea în orașul Cahul.

Figura 2. Raportul procentual al indicilor biologici a florei vasculare din or. Cahul.

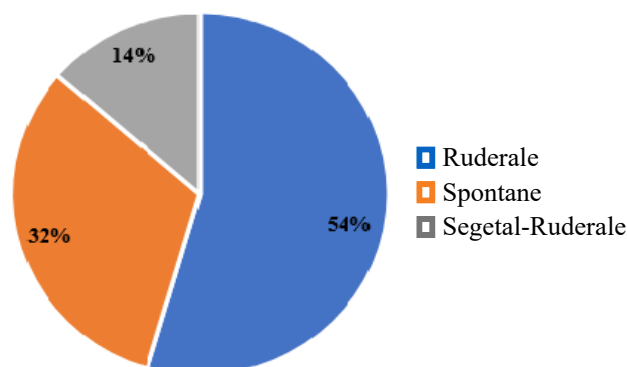


Figura 3. Raportul procentual al biomorfelor din or. Cahul.

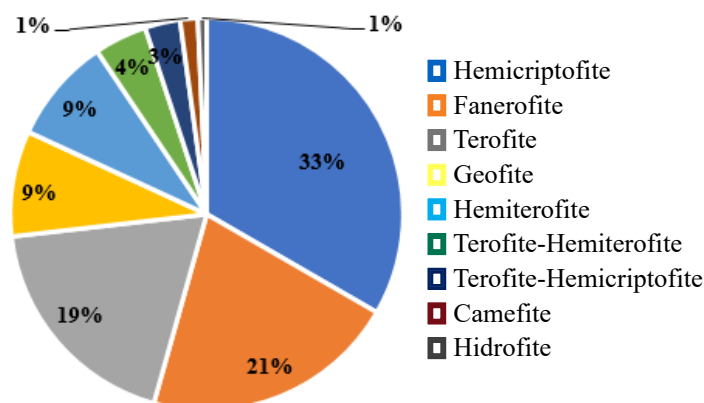
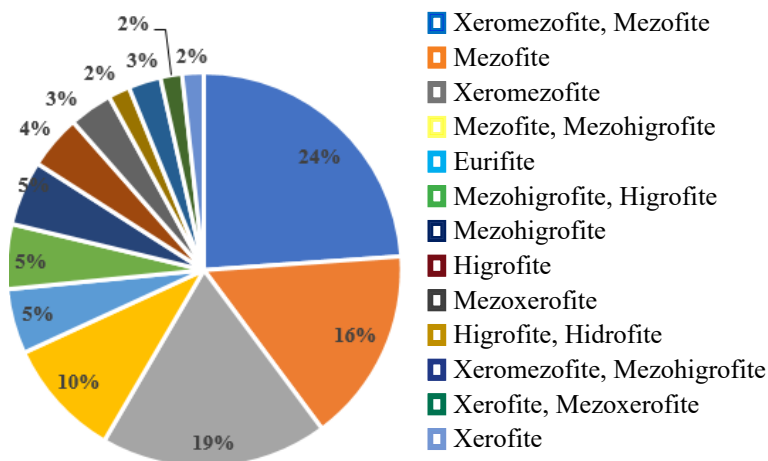


Figura 4. Spectrul grupelor ecologice în raport cu factorul umiditatea.



Spectrul grupelor ecologice în raport cu factorul umiditatea

Cele mai reprezentative grupe în raport cu factorul umiditatea sunt xeromezofitele, mezofitele și xero-mezofitele ce le revine 24% și 19% corespunzător (fig. 4). Mezofitelor le revine 16% din total, iar grupelor următoare le revine un procent în descreștere. Mezofite, Mezohigrofită – 10% din total; Eurifite – 5% din total; Mezohigrofită – 5% din total; Mezohigrofită, Higrofită – 5% din total; Higrofită – 4% din total etc.

Spectrul grupelor ecologice în raport cu factorul troficitatea

În stațiunile cercetate au fost identificate 66 specii indicatoare în raport cu troficitatea substratului: Eutrofe – 30 specii (45% din total); Mezotrofe – 10 specii (15% din total); Oligotrofe – 8 specii (12% din total); Eutrofe, Mezotrofe – 7 specii (11%); Oligotrofe, Mezotrofe – 3 specii (6%); Euritrofe – 6 specii (9%); Mezotrofe, Eutrofe – 5 specii (8%); Mezotrofe, Oligotrofe – 1 specie (2%) (fig. 5). Speciilor eutrofe le revin circa 45% din total și din această grupă mai răspândite sunt *Atriplex tatarica* L., *Knautilia arvensis* (L.) Coult., *Galium aparine* L., *Cirsium arvense* L. Scop etc. Speciile mezotrofe *Crataegus monogyna* Jacq., *Medicago lupulina* L., *Swida sanguinea* (L.) Opiz., *Cerasus avium* (L.) Moench. sunt răspândite sporadic în ecosistemul cercetat.

Spectrul geobotanic

Speciile de plante din ecosistemul urban Cahul sunt foarte diverse după centrul de origine, însă în majoritate 48 taxoni au origine Eurasiatică și constituie 33% din total. Cele 19 specii Cosmopolite constituie 13% din total, iar centrul Eurasiatic, Continental este reprezentat de 12 specii (8%); European – 11 specii (8%); Mediteranean – 9 specii (6%); America de Nord – 9 specii (6%); Circumpolar – 8 specii (6%); Pontic, Balcanic – 7 specii (5%); iar celelalte centre de origine sunt reprezentate de 1–6 specii (fig. 6).

Conform studiului bibliografic speciile de origine Eurasiatică cu origine și areal actual pe o mare parte din Europa și Asia, constituie categoria cea mai reprezentativă în cormoflora Republicii Moldova și României. Din cauza extinderii enorme a continentului Eurasiatic s-a impus subdivizarea acestei categorii și pe lângă speciile eurasiatice propriu-zise se disting elemente continentale, formate în condiții de climă mai aridă [5].

Concluzii

1. Diversitatea floristică a ecosistemului urban Cahul, care face parte din zona stepii Câmpiei de Sud, districtul Stepa Bugeacului indică, că flora acestui ecosistem se deosebește radical de flora zonală tipică spontană a stepelor.

Figura 5. Spectrul grupelor ecologice în raport cu factorul troficitatea.

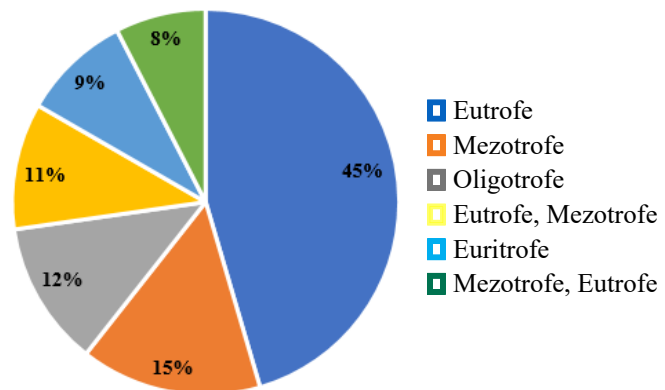
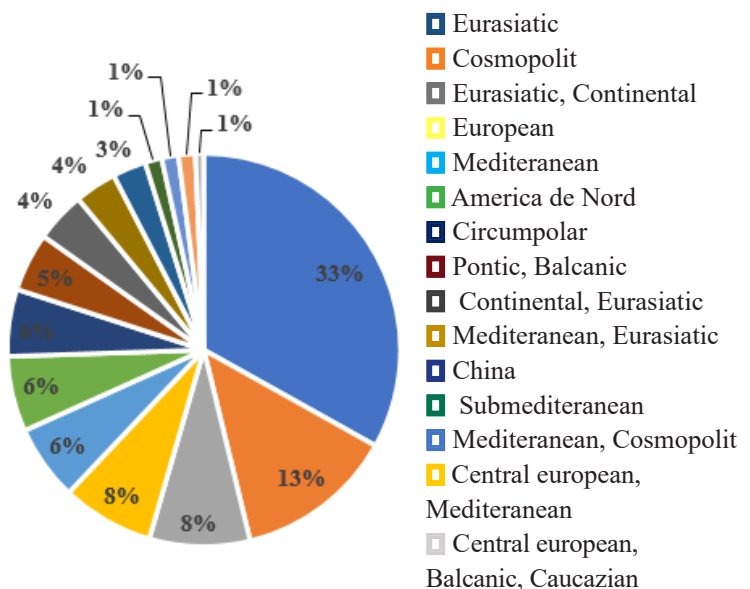


Figura 6. Raportul procentual al geoelementelor.



2. Spectrul biologic al florei ecosistemului cercetat este reprezentat de specii ruderales, spontane și segetal-ruderales. Predominarea speciilor ruderales și segetal-ruderales indică gradul înalt de acțiune a factorului antropogen în condiții de urboecosistem.

3. Grupele majore conform diversității floristice sunt reprezentate de asteracee (fam. Asteraceae) și poacee (fam. Poaceae), poziția dominantă a cărora a fost stabilită și în alte urboecosisteme din Republica Moldova.

Referințe:

1. ВЕРШИНИН, В. *Биота урбанизированных территорий*. Екатеринбург, 2007. 85 с.
2. *Programul de revitalizare urbană a municipiului Cahul pentru anii 2022–2025*, 31 p. Disponibil: <https://primariacahul.md/informatii-publice/strategii-si-planuri> [accesat 16.07.2024].
3. POSTOLACHE, GH. *Vegetația Republicii Moldova*. Chișinău: Știința, 1995, 340 p. ISBN 5-376-01923-3.
4. TITICA G. *Flora și vegetația stepelor subdeșertice din Republica Moldova / Teză de doctor în științe biologice*, Chișinău, 2015, 208 p.
5. CRISTEA, V., GAFTA, D., PEDROTTI, F. *Fitosociologie*. Editura Presa universitară Clujeană, 2004. Cluj-Napoca, 394 p.
6. CIOCÂRLAN, V. *Flora ilustrată a României. Pteridophyta et Spermatophyta*. Ed. a II. Editura „Ceres”, 2000. București, 1136 p. ISBN 973-40-0495-6.
7. NEGRU, A. *Determinator de plante din flora Republicii Moldova*. Editura „Universul”, 2007. Chișinău, 391 p. ISBN 978-9975-47-007-0.
8. ГЕЙДЕМАН, Т. *Определитель высших растений МССР*. Изд. Штиинца, 1986. Кишинев, 638 с.
9. *Biroul Național de Statistică*. Disponibil: https://statbank.statistica.md/PxWeb/pxweb/ro/60%20Statistica%20regionala/60%20Statistica%20regionala__01%20MED/MED060220reg.px/table/tableViewLayout2/ [accesat 23.05.2024].

Notă: Cercetările au fost efectuate în cadrul subprogramului: 100801 – Sporirea securității ecologice și rezilienței geo-ecosistemelor la modificările actuale de mediu.

Date despre autori:

Corina CERTAN, cercetător științific coordonator, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova

ORCID: 0000-0002-2278-2475

E-mail: certancorina@gmail.com

Nadejda GRABCO, cercetător științific superior, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-3138-3548

E-mail: nadejda.grabco@usm.md

Veronica FLORENȚĂ, cercetător științific, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0004-9194-3350

E-mail: florenta_veronica@yahoo.com

Prezentat la 25.09.2024

CZU: 551.583:631.4(478)

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_15](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_15)

REGIMUL DE UMIDITATE ȘI TEMPERATURĂ AL SOLURILOR DIN REZERVAȚIA „CODRII” ÎN TIMPUL PERIOADEI DE VEGETAȚIE 2023

*Ecaterina BARCARI, Tatiana NAGACEVSCHI,**Universitatea de Stat din Moldova*

Pe teritoriul Rezervației clima se caracterizează prin alternarea perioadelor de secetă cu abundențe de precipitații. Iernile sunt relativ blânde cu puțină zăpadă, perioada caldă preponderent secetoasă. Ploile abundente pot condiționa scurgerea superficială, însă în pădure ele nu provoacă eroziunea solului.

Relieful are un rol important în formarea climei. Altitudinile variate și fragmentarea teritoriului provoacă perturbări, de la un loc la altul, ale presiunii atmosferice și temperaturii aerului, ale cantității de precipitații atmosferice.

Suprafețele de probă cercetate sunt situate pe partea superioară și mijlocie a pantelor, cu aflarea stratului freatic la adâncimi mari. Pentru aceste suprafețe este caracteristic regimul hidric periodic percolativ, adică are loc percolarea profilului de sol până la nivelul pânzei freatice numai în unii ani, și anume în acei cu precipitații abundente. Umiditatea se menține în sol numai din precipitațiile atmosferice.

Cuvinte-cheie: suprafață de probă, perioadă de vegetație, șleau de deal, goruneto-fag, sol, procent de umiditate, temperatură, protosol, molisol, indice de ariditate.

AMOISTURE AND TEMPERATURE REGIME OF THE SOILS IN THE „CODRII” RESERVE DURING THE 2023 VEGETATION PERIOD

On the territory of the Reserve, the climate is characterized by the variability of conditions, the alternation of periods of drought with abundance of precipitation. Winters are relatively mild with little snow, the warm period is mostly dry. Heavy rains can condition surface runoff, but in the forest they do not cause soil erosion.

Relief plays an important role in climate formation. The varied altitudes and the fragmentation of the territory cause disturbances, from one place to another, of atmospheric pressure and air temperature, of the amount of atmospheric precipitation.

The investigated sample surfaces are located on the upper and middle sides of the slopes, with the water table being found at great depths. For these surfaces, the periodic percolative water regime is characteristic, that is, the percolation of the soil profile to the level of the water table occurs only in some years, namely in those with abundant precipitation. Moisture is maintained in the soil only from atmospheric precipitation.

Keywords: sample area, vegetation period, hill saddle, goruneto-fag, soil, moisture percentage, temperature, protosol, molisol, aridity index.

Introduction

The soils of the Reserve demonstrate the action of vertical and horizontal zoning and some regional laws. Thanks to the research carried out so far, we can consider that on the predominant heights of the Codrilor Plateau (>280 m) the brown soils were formed - valuable products of hill plowing with gorun and beech.

In the altitudinal range 140–280 m gray soils are widespread, mostly typical. As well as on the brown loess soils, with which they are in contact, on these soils are spread the mountain sedges with gorun and oak and goruneto-fagetele [5].

The classification of the Reserve's soils is correlated with the major units of the FAO/UNESCO Legend (International System), with the respective units of the previous classification and of the Romanian Soil Classification System (Romanian System of Classification, 1980), implemented through a computerized program in the works of plot description by the Forestry Research and Development Institute (ICAS), [1; 3; 7].

According to the Planning of the „Codrii” Natural Reserve, 2020 edition, [2] and taking into account stationary factors, it was found that most of the resorts are of superior creditworthiness - 84%, followed by resorts of medium creditworthiness - 16%. The largest extent within the reserve is held by the hilly stands of gorunets, goruneto-sleaus on sunny and semi-sunny slopes (64%), followed by the hilly stands of cycads with lower limit beech, mixed sallow and beech, on shaded slopes (21%).

In the forest fund of the reserve, the mollisol class predominates, which owns 65% of the total area of forests and lands intended for afforestation. Gray soils are the most prevalent in the reserve (65%), followed by brown soils (33%) and alluvial soils (2%).

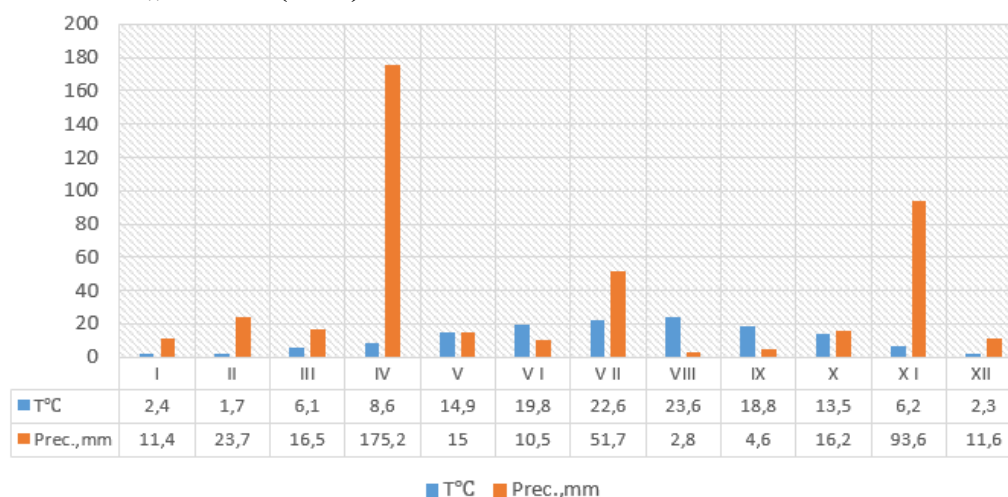
Importance for the iworm

Climatic conditions directly condition the existence of forest resorts. On the territory of the Reserve, the climate is characterized by the variability of conditions, the alternation of periods of drought with abundant rainfall. Winters are relatively mild with little snow, the warm period is mostly dry. Heavy rains can condition surface runoff, but in the forest they do not cause soil erosion. The concentration of torrents that can cause linear erosion occurs only due to technological interventions – along roads, depressions, canals, etc.

Relief plays an important role in climate formation. The varied altitudes and the fragmentation of the territory cause disturbances, from one place to another, of atmospheric pressure and air temperature, of the amount of atmospheric precipitation. The forest massifs have a local impact on the climate by reducing the amplitudes of the air temperature, increasing the humidity and precipitation, reducing the wind speed, etc.

The highest temperatures were recorded in July – 22.6°C and August – 23.6°C. And the lowest - in February 1.7°C (figure 1).

Fig. 1. The average air temperature and the amount of atmospheric precipitation (mm) monthly. Meteorological station „Codrii” (2023).



The largest amount of atmospheric precipitation fell in April – 175.2 mm. The lowest amount of atmospheric precipitation fell in August – 2.8 mm and 4.6 mm respectively in September.

Application methods and materials

Test surfaces 12G, 12F and 12A are located on the top and middle of the slopes, with the water table being found at great depths. For these surfaces, the periodic percolative water regime is characteristic, that is, the percolation of the soil profile to the level of the water table occurs only in some years, namely in those with abundant precipitation. Moisture is maintained in the soil only from atmospheric precipitation.

Samples for soil moisture determination are collected from the soil layers at the depth: 0-5cm; 5-10 cm; 15-20 cm; 45-50 cm; 95-100 cm from the test surfaces. The soil temperature is recorded at 0-5cm and at a depth of 95-100 cm.

Three samples are taken from each layer. The dishes are weighed with the technical scale with a precision of 0.01 gr. From the experimental land, 1/3 of the pot is filled with soil, weighed and dried in an oven at 105° C [8].

The soil dries 2-3 times. The first time - 6 hours, the second - 4 hours, the third - 4 hours. After each drying, the results are entered in the log. After drying, the pots are weighed and the soil moisture is calculated according to the formula: $W = a \times 100 / b$; **W** - soil moisture / % ; **a** – mass of evaporated moisture / gr / ; **b** – mass of dry soil / gr /.

Test surface 12A

Type of resort – 6271 – hilly with oaks and hornbeams, on the valley and lower third of the slope, with gray soils, Asperula-Asarum-Stelaria, Bs. Area – 353.0 ha (7%) and superior credit rating category – 353.0.

Forest type – 6211 - mountain oak, Ps;

Soil type – 1609 – (according to the 2020 Planning) - light gray sandy loam;

Soil type (A. Ursu, 2006) - whitish gray sandy-clay soil

Kneaded lower slope, NW exposure, inclination 26°, altitude 135-190 m.

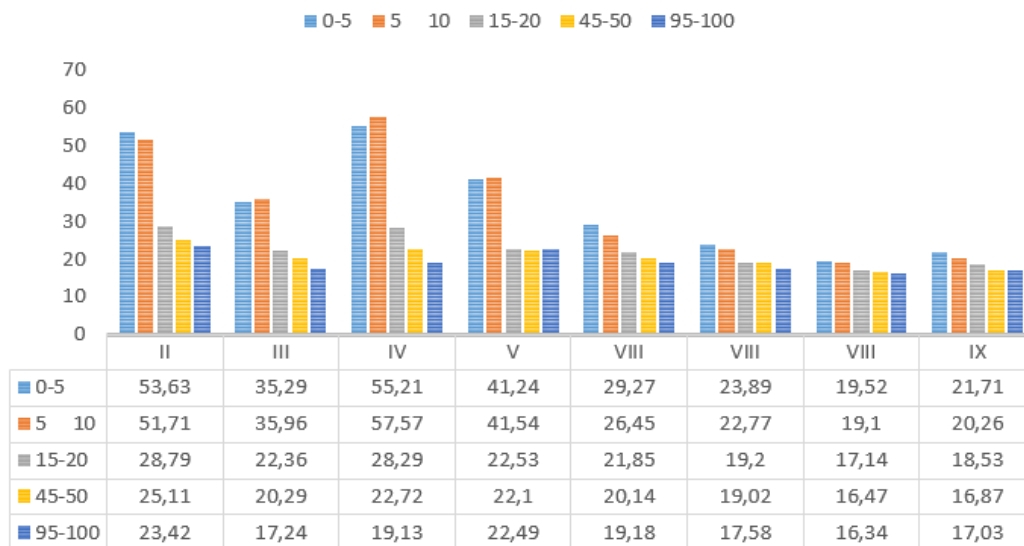
Current Comp. – 1St2St2Go1Fr1Fr1Ca1Ca1Ju

Composition - goal - 4St3Go1Fr1Ca1Ju

Sub-tree: Corn Cls Dirm Pad.So.n /0.2 PE 0.2S mixt

The average humidity [8] of the light gray sandy-loamy loam under the hill oak (plot 12A) in the 2023 vegetation period (0-100 cm layer) was: in February – 36.53%; March – 26.23%; April – 36.59%; May – 29.98%; June – 23.38%; July - 20.49%; August – 17.72% and respectively in September – 18.88%. Compared to the 2022 growing season: February – 34.62%; March – 34.31%; April – 36.08%; May – 37.60%; June – 25.20%; July - 17.47%; August – 20.52% and respectively in September – 19.91% (figure 2).

Fig. 2. The moisture dynamics of the light gray sandy-loamy loam under the mountain oak in the 2023 vegetation period (sample surface 12 A, % compared to the dry soil at 105° C).



Test surface 12G

The type of station - 6253 – hilly of cycads with lower limit sedges, mixtures of sedge with beech on shaded slopes with typical gray soils, soft, brown edaphic loess high with Asperula-Asarum, Bs. Area – 777.9 ha (15%) and superior credit rating – 777.9.

Forest type - 5312 – mountain ridge with gorun and beech, Ps;

Soil type – 9401 (according to the 2020 Planning) – clayey alluvial protosol (unassessed soils);

Soil type (A. Ursu, 2006) – clayey protosol

The researched sample area is distinguished by its rugged relief and fossil landslides. The pedological pro-

file (0-100 cm) was excavated on a slope with an inclination of 20°, northeast exposure, altitude 150-250 m. The soil cover is inhomogeneous. Effervescence - from a depth of 8 cm.

Lower slope.

Current Comp. – 1Fa1Go1Fr1Te1Ca3Fa1Go1Go

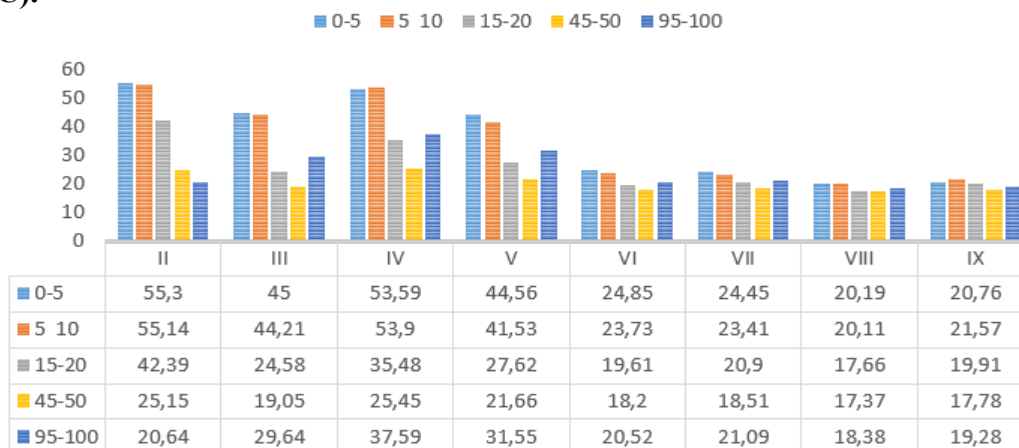
The target component - 3Fa4Go1Fr1Te1Ca

Natural fundamental superior production;

Subtree: Horn Cls Dirm Pad. /0.1 ON 0.2S int

The average humidity of the clayey alluvial protosol under the hill saddle with gorun and beech (plot 12G) in the 2023 vegetation period (0-100 cm layer) was: in February – 39.72%; March – 29.64%; April – 37.59%; May – 31.55%; June – 20.52%; July - 21.09%; August – 18.38% and respectively in September – 19.28%. Compared to the 2022 growing season: February – 36.36%; March – 36.62%; April – 36.24%; May – 39.06%; June – 24.03%; July - 17.71%; August – 21.28% and respectively in September – 21.48% (figure 3).

Fig. 3. The dynamics of the moisture of the clayey alluvial protosol under the hill saddle with gorun and beech during the 2023 vegetation period (sample surface 12 G, % compared to the dry soil at 105° C).



Test surface 12F

The type of station – 6253 – hilly of cycads with lower limit sedges, mixtures of sedge with beech on shaded slopes with typical grey, soft, brown loess soils high edaphic with Asperula-Asarum, Bs. Area – 777.9 ha (15%) and superior credit rating – 777.9.

Forest type – 5311 – goruneto-sleau with beech, Ps;

Soil type – 1609 – (according to the 2020 Planning) - light gray clayey-loamy molisol;

Soil type (Ursu, 2006 classification) – light gray clay-loamy soil

The upper part of the slope on the 20° slope of a large wave of landslides with northeast exposure, altitude 155 - 270 m above sea level. Hill sled with gorun. Effervescence - from a depth of 77 cm.

Soil name - light gray clay-clay and loam on underlying strongly pseudoglyzed (stagnant) clay-clay and clay-clay deposits.

Current Comp. – 1Go1Go2Go1Fr1Fr1Te2Te1Ca

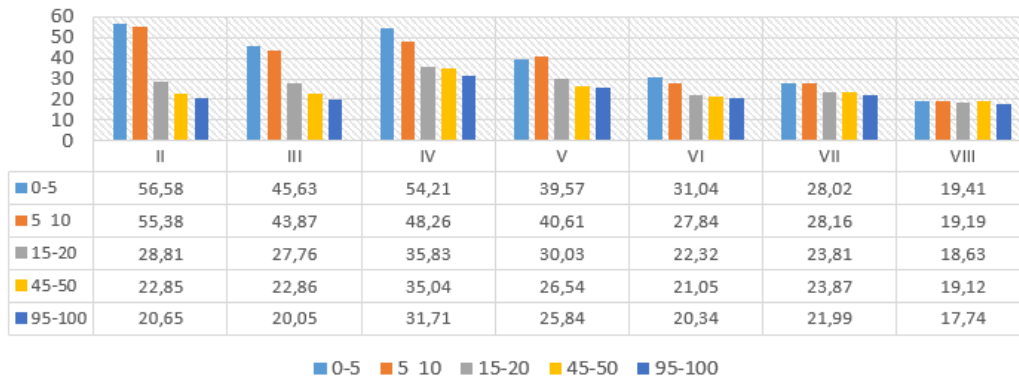
The target component - 5Go2Fr1Fr1Ca1Te

Subtree: Corn Cls Dirm Pad.Mcs. /0.2 ON 0.2S mixed

The average humidity of the light gray loamy clay loam under the goruneto-sleau with beech (plot 12F) in the 2023 vegetation period (0-100 cm layer) was: in February – 36.85%; March – 32.03%; April – 41.01%; may – 32.52%; June – 24.52%; July - 25.17%; August – 18.82% and respectively in September – 20.13%.

Compared to the growing season 2022: February – 38.98%; March – 43.45%; April – 37.35%; May – 32.14%; June – 27.59%; July - 21.77%; August – 25.09% and respectively in September – 26.77% (figure 4).

Fig. 4. Moisture dynamics of the light gray clayey-loamy mollisol under goruneto-sleau with beech during the 2023 vegetation period (above sample 12F, % compared to dry soil at 105⁰ C).



Test surface 12V

Soil type (Ursu, 2006 classification) - stratified alluvial

The stratified alluvial soil was formed under predominantly underwater conditions. It occupies the meadow of plot 12. The soil profile is very different, the morphological construction has gleic characters. Altitude 146 m.

Morphological characterization:

Reserve meadow, hydrophilic vegetation, depression, altitude 146 m;

I - 0-13 cm, black, poorly structured, on the surface whitish, moist, clayey;

II - 13-44 cm, gray with rust spots, unstructured, moist, clayey;

III - 44-67 cm, grey-brown, non-homogeneous, with rust spots, clayey;

IV - 67-92, brown, inhomogeneous with rust and gray spots, clayey, gleic;

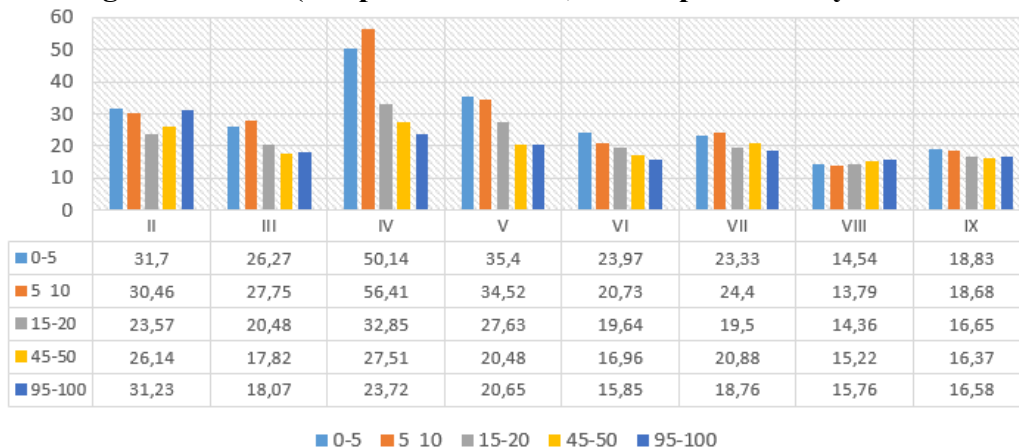
V - 92-115, yellowish, inhomogeneous, variegated, clayey;

The profile is obviously stratified, without structure, clayey predominantly anaerobic. The profile is weakly humiferous, the surface layer is weakly turfified. In the dry state, the surface is whitish. Effervescence is missing, the reaction of the soil is neutral.

The average humidity of the stratified alluvial soil from the reserve meadow (plot 12V) during the vegetation period of 2023 (0-100 cm layer) was: in February – 28.62%; March – 22.08%; April – 38.13%; May – 27.74%; June – 19.43%; July - 21.37%; August – 14.73% and respectively in September – 17.42%.

Compared to the 2022 growing season: in February – 17.91%; March – 24.57%; April – 19.87%; May – 22.90%; June – 19.85%; July - 14.11%; August – 15.17% and respectively in September – 13.23% (figure 5).

Fig. 5. The dynamics of the stratified alluvial soil humidity in the meadow of the reservation during the period of vegetation 2023 (sample surface 12V, % compared to dry soil at 105⁰ C).

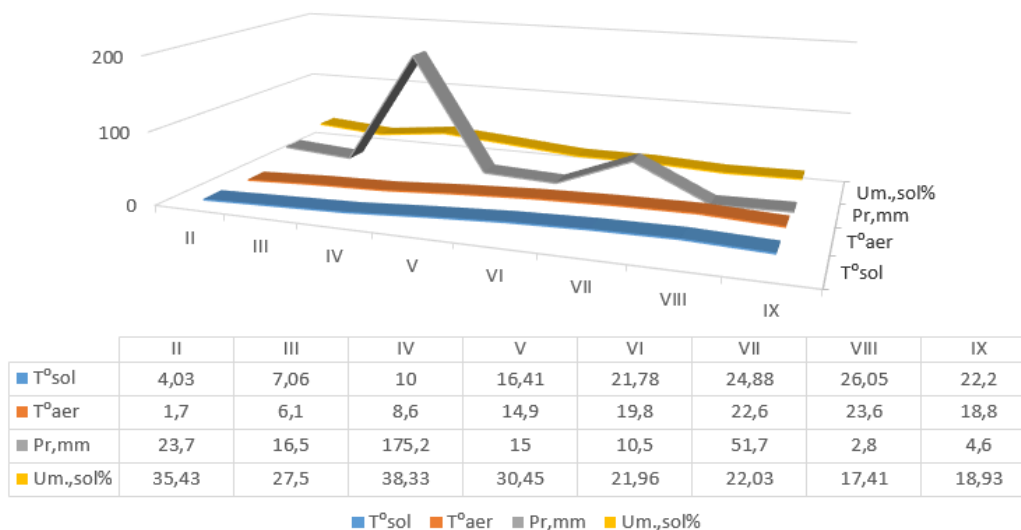


Results and discussion

During the vegetation period of 2023, the highest percentage of soil moisture was recorded in all sample areas investigated in April - 38.33%, also in April the most atmospheric precipitation fell 175.2 mm. The lowest percentage of soil moisture – 17.41% was recorded in August, and the least precipitation fell in June and August – 10.5 mm and 2.8 mm, respectively.

The highest air temperatures were recorded in July and August – 22.6 °C and 23.6 °C respectively. And of the soil – 26.05°C in August. The lowest air temperatures – 1.7°C in February, and of the soil – 4.03°C in February (figure 6).

Fig. 6. Correlation between soil moisture and temperature, air temperature and the amount of atmospheric precipitation in the growing season of 2023.



Some findings during the 2023 growing season:

During the vegetation period, the lowest percentage of humidity - 9.18% was recorded on June 7, 2023 in the stratified alluvial soil of the reserve’s meadow - 12V- (95-100 cm). The highest percentage of humidity - 70.34% was recorded on April 25, 2023 in light gray sandy-loamy loam under the hill oak - 12A- (5-10 cm).

The lowest soil temperatures – 0.7°C (0-5 cm) on February 11, 2023 and respectively 3.8°C (95-100 cm) on February 13, 2023 were recorded in the stratified alluvial soil of the meadow reservation (12 V). The highest soil temperatures – 30.8°C (0-5 cm) and 25.0°C (95-100 cm), respectively, were in the stratified alluvial soil of the reserve meadow (12 V on August 27, 2023).

During that period there was a small danger of pedological drought in August, because very little atmospheric precipitation fell - 2.8 mm, air temperatures were high - 23.6°C and air humidity was low, which led to a decrease in reserves of water from the soil.

* * *

The area of vulnerability of forest resorts in the reserve to drought can be reproduced by using the De Martonne Aridity Index, [4] calculated according to the formula:

IDM=P/(T+10), where:

P – annual average of atmospheric precipitation, mm - 438.2;

T – annual average air temperature, °C - 11.7;

The degree of aridity of the investigated surfaces, according to the De Martonne index, in 2023 is 20.2. In 2022 it was - 20.5. In 2021 - 38.1.

The values of this index – 20.2 correspond to the climatic conditions of the forest-steppe zone with an average level of vulnerability with some humidity disturbances.

References:

1. *Analele Naturii*, ediția 2022, 2023. Lozova, 2024.

2. *Amenajamentul Rezervației Naturale „Codrii”*. Chișinău, 2020.
3. *Fructificarea cvercineelor din Rezervația „Codrii”*. Litera, Chișinău, 2020.
4. NEDEALCOV, MARIA, DONICA, ALA. *Evaluări privind impactul secetei asupra speciilor de stejar (Quercus robur, Q.petraea, Q.pubescens) în condiții de aridizare a climei // Starea actuală a componentelor de mediu*. Chișinău, 2019.
5. URSU, ANDREI, BARCARI, ECATERINA. *Solurile Rezervației „Codrii”*. Chișinău - Lozova, 2011, 81 p. ISBN 978-9975-62-283-7.
6. URSU, A. *Degradarea solurilor și deșertificarea*. Chișinău, 2000, 307 p. ISBN9975-9580-1-X.
7. УРСУ, А. *Природные условия и география почв Молдавии*. Кишинев, 1977.
8. КАУРИЧЕВ, И. С. *Практикум по почвоведению*. Москва «КОЛОС», 1980, с. 72-76.

Date despre autori:

Ecaterina BARCARI, doctor of biological sciences, scientific coordinator, State Natural Reserve „Codrii”.

E-mail: ecatarina.barcari@mail.ru.

Tatiana NAGACEVSCHI, doctor of biological sciences, Moldova State University.

ORCID: 0000-0002-2897-4785

E-mail: tatiana.nagacevschi@usm.md

Prezentat la

CZU: 005:574:502.1(478)

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_16](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_16)

MANAGEMENTUL DURABIL AL BIODIVERSITĂȚII ÎN SITUL EMERALD „PĂDUREA HÂNCEȘTI”

Nina LIOGCHII, Valeriu BRAȘOVEANU, Regina FASOLA, Liliana MOTELICA,

Universitatea de Stat din Moldova

În lucrare sunt prezentate rezultatele evaluării stării diversității biologice și a calității factorilor de mediu (aer, sol) din ecosistemele Sitului Emerald „Pădurea Hâncești”. Studiul a fost bazat pe cercetări în teren și laborator. În rezultat a fost constatat că Situl Emerald „Pădurea Hâncești” include habitate naturale favorabile pentru specii valoroase de floră și faună cu statut de protecție la nivel național și internațional. Solul din ecosistemele Sitului nu este supus riscului de insuficiență nutritivă pentru vegetație și de toxicitate cu metale grele pentru plante și organismele din sol, iar nivelul fondului radiologic gama extern nu depășește limitele admisibile. În baza rezultatelor obținute sunt formulate acțiuni manageriale de conservare durabilă a diversității biologice în Sitului Emerald „Pădurea Hâncești”.

Cuvinte-cheie: *management durabil, biodiversitate, factori de mediu.*

SUSTAINABLE MANAGEMENT OF BIODIVERSITY IN THE EMERALD SITE „PĂDUREA HÂNCEȘTI”

The paper presents the results of the assessment of the state of biological diversity and the quality of environmental factors (air, soil) from the ecosystems of the Emerald Site „Pădurea Hâncești”. The study was based on field and laboratory research. As a result, it was found that the Emerald Site „Pădurea Hâncești” includes favorable natural habitats for valuable species of flora and fauna with national and international protection status. The soil in the Site’s ecosystems is not subject to the risk of nutrient insufficiency for vegetation and heavy metal toxicity for plants and soil organisms. The level of the external gamma radiological fund does not exceed the admissible limits. Based on the obtained results, the managerial actions for the sustainable conservation of biological diversity in the Emerald Site „Pădurea Hâncești” are formulated.

Keywords: *sustainable management, biodiversity, environmental factors.*

Introducere

Modificările rapide ale mediului cu care se confruntă biosfera impun adoptarea măsurilor de preîntâmpinare a degradării și reducerii biodiversității. În acest sens țările, inclusiv și Republica Moldova, elaborează diverse strategii de protecție a mediului. Printre acestea este și Rețeaua Emerald care are ca scop conservarea durabilă a speciilor rare și a habitatelor de interes european. În acest sens, în Republica Moldova au fost create 61 Situri ale Rețelei Emerald care, conform Legii nr. 225, necesită elaborarea unor planuri de management orientate spre dezvoltarea durabilă a comunităților umane și conservarea diversității biologice, a speciilor rare împreună cu habitatele lor. Acest obiectiv stă la baza etapei de cercetare a proiectului instituțional: Elaborarea Planului de management al Sitului Emerald „Pădurea Hâncești” în care sunt antrenați colaboratorii Laboratorului „Ecosisteme naturale și antropizate” a Institutului de Ecologie și Geografie al USM.

Metode și tehnici aplicate

Obiectul de studiu este Situl Emerald „Pădurea Hâncești”, unde au fost efectuate cercetări științifice în teren și laborator.

Cercetări în teren: evaluarea suprafețelor ariei de referință în principalele faze fenologice de dezvoltare a vegetației efemere, anuale și perene și a perioadelor de dezvoltare a faunei, inventarierea speciilor rare, utilizând metoda transectelor [1]; înregistrarea abundenței speciilor valoroase conform metodologiei Braun-Blanquet [2]; colectarea mostrelor componentelor de mediu pentru cercetări în laborator, ținând cont de recomandările autorilor Doniță&Doniță, 1975 [3]; măsurarea nivelului fondului radiologic extern cu ajutorul radiometrului geologic SRP-68($\mu\text{R/h}$) [4].

Cercetările în laborator: determinarea apartenenței sistematice a speciilor cu utilizarea microscopelor MBS-10, Micmed-5, a determinatoarelor [5, 6] și literaturii de specialitate [7- 9]; stabilirea gradului de raritate și stării de periclitate ale speciilor de floră și faună, ținând cont de Criteriile UICN și actele normative naționale, regionale și internaționale [10-20]; pregătirea și analiza mostrelor de sol pentru determinarea conținutului de metale grele prin aplicarea spectrometriei fluorescențe cu raze X [21].

Rezultate și discuții

Situl Emerald „Pădurea Hâncești” este amplasat în fondul forestier al Întreprinderii pentru Silvicultură Hâncești-Silva, raionul Hâncești și este constituit din ecosisteme forestiere de gorun, stejar pedunculat și stejar pufos. Situl include două arii de interes special (Rezervația naturală de plante medicinale Logănești și Rezervația peisajeră Pădurea Hâncești) în care sunt conservate specii de floră și faună, habitate protejate la nivel european și național, dar și alte componente valoroase ce necesită a fi protejate.

Astfel, pe teritoriul Sitului sunt protejate trei habitate de importanță europeană: Păduri balcanice cu *Quercus pubescens*; Păduri de stejar din *Quercus robur* și *Quercus petraea* pe versanți stâncoși și aluviuni de pietriș; Păduri stâncoase de stejar cu predominarea *Quercus pubescens* pe soluri carbonatate dezvoltate [22]. În rezultatul cercetărilor în teren a fost constatat că starea ecologică a habitatelor este satisfăcătoare, iar arboretul dominant din habitatele menționate, funcție de starea de sănătate (conform clasificării Postolache, 2015) [23], poate fi atribuit la categoriile *Arbori sănătoși* și *Arbori cu coroana parțial afectată*.

Abundența speciilor dominante de arbori diferă în funcție de altitudine - la altitudini mari, predominând gorunul (*Quercus petraea*), iar la altitudini mai mici – stejarul pedunculat (*Quercus robur*). Conform amenajamentului actual, arboretul natural fundamental este de productivitate medie și superioară și este concentrat mai cu seamă în parcelele protejate, ocupând respectiv 41 și 88% din teritoriile RP Hâncești și RNPM Logănești.

Cele mai frecvente specii de arbuști semnalate în acest teritoriu sunt cornul (*Cornus mas*) și scumpia (*Cotinus coggygria*). De rând cu acestea și alte specii comune au fost înregistrate și speciile rare: migdal pitic (*Amygdalus nana*), scoruș (*Sorbus aucuparia*) și clocotiș (*Staphylea pinnata*).

Nivelul de dezvoltare al speciilor ierboase este în dependență de densitatea arboretului și sezon, dar și de condițiile climatice. În aria de cercetare plantele sunt scunde și firave, aceasta servind drept indicator al insuficienței de umiditate. O deosebită valoare pentru protecție specială o au speciile rare cu diferit nivel și statut de protecție (Tab.1).

Tabelul 1. Specii protejate în Situl Emerald „Pădurea Hâncești” și statutul de protecție.

Nr. d.o.	Denumirea speciei	Statut național		Statut internațional						
		R	CRMd.	CRRom	CRUcr.	LRE	CWash.	CBr.	DHab.	R. Emer.
Specii de plante										
1.	<i>Adonis vernalis</i> L.	+	-	-	+	+	+	-	-	-
2.	<i>Allium ursinum</i> L.	+	-	-	+	+	-	-	-	-
3.	<i>Asparagus verticillatus</i> L.	+	-	+	-	-	-	-	-	-
4.	<i>Bulbocodium versicolor</i> (Ker Gawl.) Spreng.	+	+	+	+	+	-	-	-	-
5.	<i>Doronicum hungaricum</i> Rchb.f.	+	-	-	+	-	-	-	-	-
6.	<i>Fritillaria montana</i> Hoppe	+	+	+	+	+	-	+	-	+
7.	<i>Galanthus nivalis</i> L.	+	+	+	+	+	+	-	+	-
8.	<i>Lilium martagon</i> L.	+	-	-	+	+	-	-	-	-
9.	<i>Nectaroscordum bulgaricum</i> Janka	+	+	-	-	-	-	-	-	-

10.	<i>Ornithogalum boucheanum</i> (Kunth) Asch.	+	+	-	+	-	-	-	-	-
11.	<i>Pulsatilla grandis</i> Wender.	+	+	+	+	+	-	+	+	+
12.	<i>Pulsatilla nigricans</i> Störck	+	-	+	-	-	-	-	-	-
13.	<i>Scopolia carniolica</i> Jacq.	+	+	-	+	-	-	-	-	-
14.	<i>Securigera elegans</i> (Pancic) Lassen	+	+	-	+	-	-	-	-	-
15.	<i>Staphylea pinnata</i> L.	+	-	+	+	-	-	-	-	-
16.	<i>Tulipa biebersteiniana</i> Schult. et Schult.fil.	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Specii de animale										
1.	<i>Bombina bombina</i> L. 1761	+	+	+	-	+	-	+	+	+
2.	<i>Bufo bufo</i> L. 1768	+	+	+	-	+	-	+	+	-
3.	<i>Euplagia quadripunctaria</i> Poda, 1761	+	+	-	-	-	-	+	+	+
4.	<i>Capreolus capreolus</i> Linnaeus, 1758	+	-	+	-	+	-	+	-	-
5.	<i>Coronella austriaca</i> Laurenti, 1768	+	+	+	+	+	-	+	+	-
6.	<i>Felis silvestris</i> Schreber, 1777	+	+	-	+	+	+	+	+	-
7.	<i>Hyla arborea</i> Linnaeus, 1758	+	+	+	-	+	-	+	+	-
8.	<i>Lacerta agilis</i> Linnaeus, 1758	+	-	-	-	+	-	+	+	-
9.	<i>Lacerta viridis</i> Laurenti, 1768	+	-	-	+	+	-	+	+	-
10.	<i>Lucanus cervus</i> Linnaeus, 1758	+	+	-	+	+	-	+	+	+
11.	<i>Martes martes</i> Linnaeus, 1758	+	+	+	-	+	-	+	+	-
12.	<i>Meles meles</i> Linnaeus, 1758	+	-	-	-	+	-	+	-	-
13.	<i>Morimus funereus</i> Mulsant, 1862	+	+	-	+	-	-	+	+	+
14.	<i>Natrix natrix</i> Linnaeus, 1758	+	-	-	-	+	-	+	+	-
15.	<i>Rana dalmatina</i> Fitzinger, 1839.	+	+	+	+	-	-	+	+	-
16.	<i>Triturus cristatus</i> Laurenti, 1768.	+	+	+	-	-	-	+	+	+
17.	<i>Zerynthia polyxena</i> Denis et Sch., 1775	+	+	-	+	-	-	+	+	+

Legenda: + prezența speciei; - lipsa speciei; R - specie rară pe teritoriul țării; CRMd. - Cartea roșie a Republicii Moldova; CRRom. - Cartea roșie a României; CRUcr. - Cartea roșie a Ucrainei; LRE - Lista roșie a Europei; CWash. - Convenția de la Washington; CBr. - Convenția de la Berna; DH = Directiva habitatelor; R.Emer. – Anexa 2,3, LP225.

Distribuția speciilor de plante de pe Lista de referință a speciilor de plante de interes european (Anexa 2, LP225) este discontinuă, caracterizată prin fragmentarea arealelor. O astfel de distribuție ne avertizează despre vulnerabilitatea și declinul speciilor respective. În această situație se impune necesitatea unui management durabil și implementarea măsurilor eficiente de protecție a populațiilor care se dezintegrează și de prevenire a degradării sau distrugerii habitatelor specifice.

Diversitatea ecosistemelor din teritoriul Sitului, împreună cu componentele specifice determinate, oferă condiții favorabile pentru adăpostirea și conservarea unei varietăți mari de specii de animale. Majoritatea speciilor rare identificate aici au statut multiplu de protecție (Tab. 1).

Pentru conservarea durabilă a diversității biologice este necesară monitorizarea periodică a stării ecologice a factorilor de mediu care influențează condițiile habitatelor naturale ale speciilor de floră și faună. În acest sens, solul este componenta importantă care, în mod direct sau indirect, influențează starea biodiversității. Ecosistemele forestiere incluse în Situl Emerald „Pădurea Hâncești” sunt amplasate în regiunea podișurilor cu păduri ale Codrilor dominate, cel mai frecvent, de soluri cenușii molice și cenușii tipice [24]. Conform cercetărilor [25], factorii de stres ce se manifestă asupra ecosistemelor din această regiune sunt dezechilibrele nutritive. Rezultatele analizelor mostrelor de sol prelevate din ecosistemele forestiere din Situl Emerald „Pădurea Hâncești” ne demonstrează prezența solurilor *moderat acide - slab alcaline*.

Conform *Scalei nivelurilor elementelor nutritive ale solurilor din Republica Moldova* [26], conținutul de humus înregistrat, care variază între 3,6 % (în solul cenușiu tipic) și 4,3% (în solul cenușiu molic), ne demonstrează un nivel *scăzut – optim* de aprovizionare cu humus a solurilor acestor ecosisteme. Rezultatele celorlalte elemente nutritive indică conținut *moderat-optim* de P_2O_5 (2,5mg/100g), *moderat-ridicat* de K_2O (25,0mg/100g) și conținut *ridicat* de N_{total} (0,33%). Aceste rezultate ne sugerează că ecosistemele studiate nu sunt supuse unui risc de insuficiență nutritivă pentru vegetație, în timp ce condițiile edafice (soluri slab acide) pot determina o mobilitate *mare și foarte mare* a metalelor grele Cd, Zn, Mn, Co și Ni și preluarea ușoară a lor de către componentele biotice ale ecosistemelor forestiere. Așa dar, emisiile și depunerile de metale grele în mediul înconjurător sunt importante în evaluarea calității mediului, fiind luate în calcul și în cercetările noastre.

Prin urmare, din ecosistemele Sitului, au fost prelevate mostre de sol pentru determinarea conținutului metalelor grele (Zn, Cu, Ni, Co). Probele au fost colectate din stratul superior (0-20 cm), care este în relație directă cu toate componentele biotice și abiotice. Rezultatele obținute au înregistrat anumite valori ce variază de la caz la caz. Astfel, conținutul de Zn se încadrează între 60 și 88 mg/kg s.u., cel de Cu – între 24 și 44, de Ni - 25 și 43 și Co - între 5 și 16 mg/kg s.u. Valorile obținute au fost comparate cu *Scala de gradatie a solurilor din RM* [27]. În rezultat a fost stabilit că solurile din ecosistemele studiate fac parte din categoriile de soluri cu *nivel scăzut și mediu* al conținutului de metale grele. Deși nu au fost înregistrate depășiri ale valorilor admisibile de către metalele cercetate, constatăm unele tendințe de acumulare în sol a zincului și cuprului. Aceste elemente au un rol biologic important pentru ecosistemele forestiere și abaterile concentrațiilor acestora de la limitele admisibile pot influența negativ verigile lanțului trofic [25]. Astfel, carențele (<10 mg/kg) sau depășirile pragului de alertă (>100 mg/kg) pot provoca diminuarea creșterii rădăcinilor și lăstarilor și inhibarea enzimelor, iar depășirea pragului de intervenție mărește riscul de toxicitate pentru plante și organisme din sol. Însă, la etapa cercetărilor, concentrațiile acestor metale nu depășesc valorile pragului de alertă și nici al celui de intervenție [28]. Prin urmare, ecosistemele cercetate nu sunt supuse acestor riscuri.

Un factor important ce influențează creșterea și dezvoltarea biodiversității este fondul radiologic. În cercetările noastre a fost înregistrat nivelul fondului radiologic gama extern care este determinat, în principal, de conținutul în sol al radionuclizilor naturali (potasiu-40, radiu-226 și toriu-223) dar și a celor artificiali (cei mai periculoși fiind ceziu-137 și stronțiu-90). Rezultatele măsurătorilor variază în jurul cifrei de 13,2μR/h, ceea ce demonstrează că nivelul fondului este sub limitele admisibile (25μR/h) [29]. Monitorizarea dinamicii acestui indicator este importantă pentru activitățile de colectare autorizată a speciilor de plante ca resurse de materie primă pentru industria farmaceutică și a altor produse silvice utilizate de către populație, dar și pentru crearea zonelor de recreație și desfășurarea activităților permissive într-o arie protejată.

Concluzii și recomandări

Situl Emerald „Pădurea Hâncești” include habitate naturale favorabile pentru specii valoroase de floră și faună cu statut de protecție la nivel național și internațional. Solul din ecosistemele Sitului nu este supus riscului de insuficiență nutritivă pentru vegetație și de toxicitate cu metale grele pentru plante și organisme din sol, iar nivelul fondului radiologic gama extern nu depășește limitele admisibile.

Prelungirea vieții pădurilor de importanță europeană cât și a pădurilor adiacente, care oferă habitate naturale și nișe ecologice pentru speciile rare și amenințate cu dispariția din teritoriul Sitului „Pădurea Hâncești”, se poate de realizat prin implementarea unui management corespunzător și întreprinderea unor măsuri concrete, printre care:

- amenajarea, protecția și conservarea sectoarelor de pădure de importanță europeană din teritoriul Sitului Emerald „Pădurea Hâncești” la scară europeană, unde managementul ecologic să prevaleze asupra celui economic;
- restricționarea oricărei intervenții în ariile protejate de stat (RP Pădurea Hâncești și RNPM Logăneștia) din teritoriul Sitului;
- organizarea managementului speciilor de floră și faună împreună cu ecosistemele în care se află in-

tegrate, având la bază monitorizarea stării populațiilor, a condițiilor de creștere și dezvoltare și limitarea impactului antropic (defrișarea, colectarea/capturarea/vânatul speciei, prelucrarea cu pesticide etc);

- elaborarea unei strategii de protejare și conservare a diversității speciilor ce se regăsesc pe Lista de referință a speciilor de interes european, pentru care au fost declarate siturile Rețelei Emerald (Anexa 2 și 3, LP225/2022), precum: plante - *Pulsatilla grandis* și *Fritillaria montana* și animale - *Triturus cristatus*, *Bombina bombina*, *Morimus asper funereus*, *Lucanus cervus*, *Euplagia quadripunctaria*;

- evaluarea efectivului speciilor de plante medicinale, stabilirea cantităților pentru colectarea lor în funcție de condițiile climaterice în anul respectiv și prevenirea colectării neautorizate, colectarea durabilă a resurselor naturale fără afectarea bazei trofice a habitatului;

- stabilirea efectivului speciilor de animale, achiziționarea hranei și apei pentru animale și instituirea unui grafic de aprovizionare a „cantinelor” și bazinelor pentru adăpat ținând cont de diversitatea și abundența speciilor de animale ce populează Situl, particularitățile alimentației, necesitatea consumului de hrană și apă;

- monitorizarea și evaluarea periodică (odată la 10 ani) a stării de conservare a speciilor rare și a calității factorilor abiotici (aer, apă, sol);

- promovarea practicilor agroforestiere pe terenurile adiacente Sitului Emerald „Pădurea Hâncești” – combaterea eroziunii, îmbunătățirea biodiversității, protecția resurselor acvatice;

- organizarea și implementarea unui sistem de patrulare și inspecție a teritoriului Sitului;

- informarea continuă a populației despre rolul biodiversității, starea actuală și promovarea necesității de protecție integrată a biodiversității și habitatelor naturale.

Referințe:

1. KENT, M. P. COKER. *Vegetation description and analysis: A practical approach*. John Willey & Sons, Chicester, 1998, 363 p.
2. BRAUN BLANQUET, J. *Pflanzensoziologie*. 3 Aufl. Wien, N. Y., 1964, 865 p.
3. DONIȚĂ, I., DONIȚĂ N. *Metode practice pentru studiul ecologic și geografic al vegetației*. București: Centrul de multiplicare a Universității din București, 1975. 47 p.
4. WATTS, S., HALLIWELL. *Essential Environmental Science - methods and techniques*. New York: Routledge, 2005.
5. NEGRU, A. *Determinator de plante din flora R. Moldova*. Ch.: Univers, 2007, 391 p. ISBN 978-9975-47-007-0.
6. ГЕЙДЕМАН, Т. С. *Определитель высших растений Молдавской ССР*. Киш: Штиинца, 1975, 636 p.
7. COZARI T. ș. a. *Pești, amfibieni, reptile*. Lumea animală a Moldovei, Vol. 2. Chișinău: Î.E.P. Știința, 2003, 152 p. SBN: 978-9975-67-159-0.
8. POSTOLACHE, Gh., LAZU, Șt. *Ariile naturale protejate din Moldova*. Vol. 2. Arbori seculari. Chișinău: Știința, 2015. – 180 p. ISBN 978-9975-67-967-1.
9. TODERAȘ, I. ș.a. *Nevertebrate*. Lumea animală a Moldovei. Vol. 1. Ch. Știința, 2007. ISBN: 978-9975-67-721-9.
10. NEGRU, A. *Plantele rare din flora spontană a Republicii Moldova*. Chișinău, 2002, 198 p. ISBN: 9975701493.
11. LP225/2022 (Monitorul oficial Nr. 343-348 din 04.11.2022).
12. *Cartea Roșie a Republicii Moldova*. Ed. a 3-a. Chișinău: Î.E.P. Știința, 2015, 492 p. ISBN 978-9975-67-998-5 502.7(478) (03).
13. *Cartea Roșie a Ucrainei*. Lumea animală. Globalconsalting. Kiev, 2009, 600 p. ISBN 978-966-97059-0-7.
14. *Cartea Roșie a Ucrainei*. Lumea vegetală. Globalconsalting. Kiev, 2009, 900 p. ISBN 978-966-97059-1-4.
15. BOTNARIUC, N., TATOLE V. *Cartea Roșie a vertebratelor din România*. Muzeul Național de Istorie Naturală „Gr. Antipa”. București, 2005, 260 p.

16. OLTEAN, M.; NEGREAN, G.; POPESCU, A. ș. a; *Lista roșie a plantelor superioare din România*. București. 1994.
17. BILZ, M., KELL, Sh. P., MAXTED, N., LANSDOWN, R.V. *European Red List of Vascular Plants*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011. 144 p. ISBN 978-92-79-20199-8.
18. *Cheklisť of CITES species and Annotated CITES appendices and Reservations*. Washington, 1979. 417 p.
19. *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats*. Bern, 1979.
20. *Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora*. Official Journal. L 206/7, 22.07. 1992. 15/vol 2 P. 109 -152.
21. *Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах методом рентгенофлуоресцентного анализа*. „НПО” С. Петербург, 2002.
22. ANDREEV, O., BEZMAN-MOSEIKO, A., BONDARENCO, ș. a. *Registrul zonelor nucleu LE Rețelei ecologice Naționale a Republicii Moldova*. Biotica, 2012. ISBN 978-9975-106-77-1.
23. POSTOLACHE, Gh. *Arbori seculari*. În: *Ariile naturale protejate din Moldova*. Vol. 2. Chișinău: Î.E.P. Știința, 2015.
24. URSU, A. *Solurile Moldovei*. Chișinău: Știința, 2011, 323 p. ISBN 9789975676472.
25. ADRIANO, D. *Trace elements in Terrestrial Environments. Biogeochemistry, Bioavailability and Risk of Metals*, second edition, Springer, 2001, 867 p.
26. CERBARI, V. *Monitoringul calității solurilor din Republica Moldova (baza de date, concluzii, prognoze, recomandări)*. Chișinău: Pontos, 2010, 476 p.
27. КИРИЛЮК, В. *Микроэлементы в компонентах биосферы Молдовы*. Ch.: Pontos, 2006, 156 c.
28. KLOKE A. *Richtwerte '80 Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden*. Mitt. VDULFA, H1-3, 1980, p. 9-11.
29. *Norme Fundamentale de Radioprotecție*. Cerințe și Reguli Igienice. NFRP-2000, nr. 06.5.3.34 din 27.02.2001.

Date despre autori:

Nina LIOGCHII, doctor în biologie, conferențiar universitar, cercetător științific coordonator, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-8202-1934

E-mail: nina.liogchii@gmail.com

Valeriu BRAȘOVEANU, doctor în biologie, cercetător științific coordonator, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0006-0488-8096

E-mail: brasoveanu1802@mail.ru

Regina FASOLA, doctor în biologie, cercetător științific superior, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-2968-5210

E-mail: reginaf21@mail.ru

Liliana MOTELICA, cercetător științific, Institutul de Ecologie și Geografie, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-2427-6357

E-mail: lilianamotelica@mail.ru

Prezentat la 27.09.2024

CZU: 632.936:595.754

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_17](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_17)

ESTIMAREA PROPRIETĂȚILOR ATRACTIVE A CAPCANELOR FEROMONALE ȘI LUMINOASE PENTRU MONITORIZAREA SEZONIERĂ A SPECIEI INVAZIVE HALYOMORPHA HALYS STAL

*Iuliana RUSU, Maria ZAVATIN, Tudor NASTAS,
Olesea NEMERENCO, Victor GORBAN,*

Universitatea de Stat din Moldova

Ploșnița marmorată *Halyomorpha halys*, este unul dintre cei mai dificil de controlat din cauza mobilității sale ridicate și a comportamentului său polifag, care îi permite să colonizeze în scurt timp noi teritorii. Monitorizarea eficientă a populațiilor acestui dăunător este o sarcină importantă pentru agronomi și specialiști în protecția mediului. Metoda de monitorizare cu capcane luminoase are atât avantaje: o gamă largă de atragere a insectelor, siguranță față de mediu, abordare integrată, cât și limitări legate de sensibilitatea la factori externi, cum ar fi iluminarea, condițiile meteorologice, caracteristicile fiziologice ale speciilor atrase etc. Astfel, din analiza datelor obținute rezultă că capcana luminoasă este mai puțin eficientă pentru monitorizarea sezonieră a ploșniței marmorate *Halyomorpha halys*, comparativ cu capcanele cu feromoni. În același timp, utilizarea capcanelor cu feromon de agregare, ca instrument de monitorizare pentru *Halyomorpha halys*, reprezintă o abordare alternativă promițătoare. Feromonii pot oferi o precizie ridicată în detectarea și atragerea insectelor, ceea ce le face potențial mai eficiente decât metodele tradiționale.

Cuvinte-cheie: *Halyomorpha halys*, capcane feromon, capcane luminoase, monitorizare, dinamica sezonieră, material biologic, male, female, nymphs.

ESTIMATION OF THE ATTRACTIVE PROPERTIES OF PHEROMONAL AND LIGHT TRAPS FOR SEASONAL MONITORING OF THE INVASIVE SPECIES HALYOMORPHA HALYS STAL

Brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* is one of the most difficult pests to fight because of its high mobility and polyphagous feeding behavior, which allows it to be quickly to colonize new territories. Effective monitoring of populations of this pest is an important task for agronomists and conservation professionals environment. The light trap monitoring method has its advantages and the limitations associated with sensitivity to external factors such as lighting, weather conditions, physiological features of the species being attracted and others. Analysis of the data obtained shows that the light trap is less effective for seasonal monitoring of *Halyomorpha halys* stink bug, compared to pheromones traps. At the same time, the use of aggregation pheromones in as a monitoring tool for *Halyomorpha halys* is a promising alternative approach. Pheromones can be provide high accuracy in detecting and attracting insects, which makes their potential is more effective than traditional methods.

Keywords: *Halyomorpha halys*, feromon traps, light traps, monitoring, seasonal dynamics, biological material, mascul, femela, nimfe.

Introducere

Speciile exotice invazive sunt un efect secundar negativ inevitabil al globalizării crescânde, reprezentând o amenințare continuă pentru biodiversitate, sănătatea umană și economie. Numeroasele introduceri accidentale în America de Nord și Europa ale gândacului marmorat, *Halyomorpha halys* Stal (1855) (Hemiptera: Pentatomidae), au dus la o răspândire rapidă a acestei specii în emisfera nordică, cu o tendință pronunțată de extindere spre sud. Zonele nou colonizate includ, de asemenea, Eurasia, America de Sud și Africa de Nord [1].

În ultimele decenii, *H. halys* a devenit un dăunător semnificativ al fructelor și legumelor de importanță mondială. Această specie de dăunător este unul dintre cel mai dificil de controlat din cauza mobilității sale ridicate și a comportamentului său polifag, care îi permite să colonizeze în scurt timp noi teritorii. Chiar și populațiile mici pot provoca daune semnificative culturilor [2].

În prezent, există o experiență vastă în ceea ce privește combaterea *H. halys* la nivel mondial, care demonstrează că utilizarea insecticidelor este tactica cea mai frecvent utilizată împotriva acestui dăunător. Din motivele menționate anterior, utilizarea insecticidelor în plantațiile pomicole a crescut semnificativ, ceea ce poate intra în conflict cu programele deja existente de combatere integrată a dăunătorilor în culturile perene. În timpul unui atac masiv al dăunătorului, din cauza lipsei unei monitorizări fiabile și a înțelegerii secvenței decizionale, agricultorii se bazează în principal pe pulverizarea calendaristică a insecticidelor împotriva *H. halys* [3].

Monitorizarea fiabilă a populațiilor de insecte este un element-cheie al gestionării integrate a dăunătorilor. În special, atunci când este vorba de specii exotice invazive, precum *H. halys*, monitorizarea este esențială pentru a înțelege mai bine comportamentul și ecologia acestora în zonele nou infestate, furnizând informații detaliate privind densitatea și distribuția populațiilor de dăunători în timp și spațiu, ceea ce este esențial pentru elaborarea unor strategii de gestionare eficiente.

Sistemele de captare a insectelor sunt componente importante ale programelor de combatere integrată a dăunătorilor. Datele de captare sunt utilizate pentru a sprijini deciziile de gestionare, cum ar fi calendarul de aplicare a insecticidelor pe baza pragurilor economice de daună și pentru a evalua eficacitatea tuturor măsurilor de control luate. Astfel, monitorizarea eficientă a populațiilor acestui dăunător este o sarcină importantă pentru specialiștii din domeniu. Dintre metodele existente de monitorizare a insectelor, capcanele cu feromoni și capcanele luminoase reprezintă instrumente deosebit de importante.

Feromonii de agregare joacă un rol-cheie în ecologia insectelor, influențând asupra reacțiilor comportamentale ale acestora și interacțiunile între alte specii. Capcanele cu feromoni, care atrag o anumită specie de insecte au fost dezvoltate și aplicate pe scară largă în protecția plantelor. Scopul utilizării acestor capcane este de a monitoriza dezvoltarea în dinamica sezonieră a unei anumite specii de dăunători. În combinație cu capcanele cu feromoni, sau separat, sunt utilizate și capcanele luminoase, care atrag o gamă largă de fitofagi. Principiul de funcționare al acestora se bazează pe fototaxie - proprietatea insectelor de a se deplasa spre lumină. Este important de remarcat faptul, că nu numai marea majoritate a speciilor de insecte nocturne și crepusculare zboară către lumină, ci și cele care duc un mod de viață de zi.

Scopul investigațiilor prezentate vizează evaluarea proprietăților de atracție ale capcanelor cu feromoni de agregare pentru specia invazivă *H. halys* și estimarea comparativă cu utilizarea capcanelor luminoase în condițiile agroclimaterice a Republicii Moldova.

Obiectivul principal este de a identifica eficacitatea și exactitatea diferitelor metode de monitorizare în condiții de fluctuații sezoniere a densității populației și activității ploșnițelor. Studiul implică atât evaluarea eficienței atragerii insectelor în diferite tipuri de capcane, cât și analiza impactului acestora asupra estimării dinamicii sezoniere a populației.

Se preconizează, că rezultatele acestui studiu vor contribui la optimizarea strategiilor de monitorizare și control a populației *H. halys*, care la rândul lor, vor contribui la îmbunătățirea practicilor de protecție a culturilor și la reducerea pierderilor economice cauzate de acest dăunător invaziv.

Materiale și metode de cercetare

În scopul evaluării proprietăților de atragere ale capcanelor pentru specia invazivă *H. halys*, au fost folosite capcane de tip delta cu feromoni de agregare (producător SRL EcoCenter), concepute pentru această specie. Capcanele au fost amplasate în livada experimentală a IGFP la culturile de măr și prun, vița de vie, precum și în plantațiile decorative de peri din Grădina Botanică (Institut), pe tot parcursul sezonului de vegetație. Capcanele au fost amplasate la o distanță mai mare de 50 de metri una de cealaltă, cu câte o capcană pentru fiecare cultură. Evidența a fost efectuată o dată la 2-3 zile. Capsula cu feromoni a fost înlocuită o dată la 30 zile.

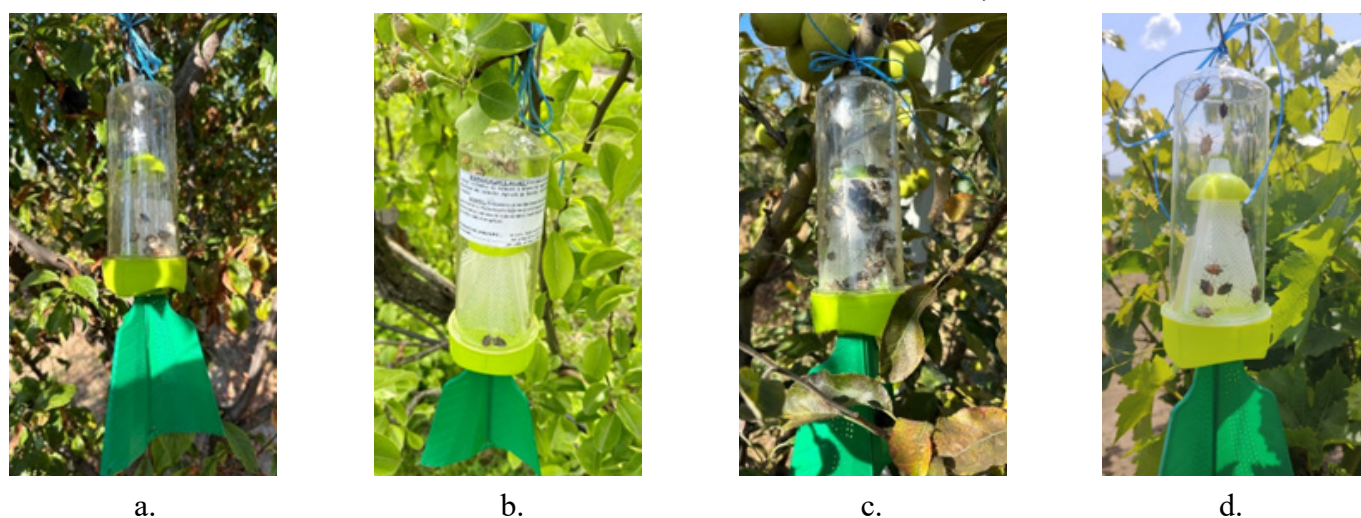
Capcanele luminoase, elaborate la IGFP de către cercetătorul Gorban V., includ un corpus cu baza detașabilă, un colector de insecte inversat, trei ecrane de reflecție amplificate sub un unghi de 120°, și cutia de dirijare. În calitate de sursă de lumină se folosește lampa cu unde ultraviolete cu anumită lungime de undă de tip T5 BLB, situată în centru, deasupra colectorului de insecte. Lungimea de undă a luminii a fost de 365 Nm [4]. Capcanele au fost instalate în apropierea imediată a parcelelor experimentale, la o înălțime

de 2m de la sol, evidența a fost efectuată zilnic. În timpul monitorizării a fost înregistrat numărul insectelor *H. halys* capturate, numărul de masculi și de femele, precum și numărul de nimfe după vârstă.

Rezultate și discuții

În baza analizei rezultatelor testării capcanelor cu feromoni, trebuie menționat faptul că compoziția feromonului permite și atragerea nu numai a stadiilor de adulți, ci și a stadii de nimfă de la vârsta a II-a, ceea ce majorează semnificativ eficiența utilizării lor. Capcanele feromonale au fost amplasate începând cu prima decadă a lunii aprilie. Primele insecte au fost capturate începând cu a doua decadă a lunii aprilie la cultura de măr (Fig. 1).

Fig. 1. Capcane feromonale pentru monitorizarea dinamicii sezoniere a speciei invazive *Halyomorpha halys*, amplasate pe diferite culturi: a - prun; b - pere; c - măr; d – vița de vie.



În rezultatul monitorizării sezoniere a speciei invazive *H. halys* cu ajutorul capcanelor înzestrate cu feromon de agregare au fost obținute date, care se reflectă în tabelul 1.

Tabelul 1. Monitorizarea sezonieră a speciei invazive *Halyomorpha halys* cu ajutorul capcanelor înzestrate cu feromon de agregare în dependență de cultură și stadia de dezvoltare.

Stadiile ontogenetice de dezvoltare a ploșniței <i>Halyomorpha halys</i>		Capturări în dependență de culturi				Total capturați	Capturări în medie/capcană
		Prun	Pere	Măr	Vița de vie		
Imago	♀	48	64	106	46	264	66
	♂	42	59	73	33	207	51
Nimfe	Vârsta II	51	46	38	9	144	36
	Vârsta III	57	15	54	4	130	33
	Vârsta IV	38	15	40	5	98	25
	Vârsta V	3	4	4	4	15	4
Total		232	203	305	101	858	215

Analiza datelor obținute a demonstrat, că în total, pe parcursul perioadei de vegetație au fost atrași în capcanele feromonale 858 de indivizi a speciei invazive *H. halys*, dintre care 471 imago și 387 nimfe de diferite vârste. În medie, au fost atrași 117 imago și 98 nimfe pentru fiecare capcană, totalizând 215 indivizi. E necesar de remarcat faptul că perioada de atragere masivă a dăunătorului se încadrează în limitele decadelor III a lunii iulie și I decada a lunii octombrie (54,9% imago și 45,1% nimfe din totalul capturilor). Aceste capturi coincid cu perioada fazelor fenologice de coacere și recoltare a fructelor la aceste culturi. În această perioadă de timp, dăunătorul este capabil să provoace un atac maxim și să deterioreze majori-

tatea fructelor și legumelor, stricându-le aspectul lor și, mai grav, devenind purtător de boli fitoplasmatiche. În acest caz, pentru a preveni atacurile insectelor, se folosesc adesea metode tradiționale - colectarea mecanică și distrugerea dăunătorului. Această metodă este eficientă și cea mai prietenoasă cu mediul în comparație cu altele, dar este și destul de intensivă joasă în muncă, unde este necesară o cantitate mare de muncă, ceea ce este nerentabil din punct de vedere economic. În acest caz, feromonii acționează ca o alternativă excelentă nu numai ca mijloc de monitorizare sezonieră, ci și pentru prinderea insectelor la vârful critic al dezvoltării lor. Un mare avantaj este faptul că feromonul de agregare, în comparație cu capcanele sexuale sau luminoase, prinde atât nimfele, începând cu stadiul 2, cât și adulții, ceea ce asigură un grad ridicat de atracție a dăunătorului către momeala de tip sintetic și oferă, de asemenea, date mai precise pentru fixarea numărului de generații ale dăunătorului și a gradului de colonizare a acestuia pe o anumită cultură.

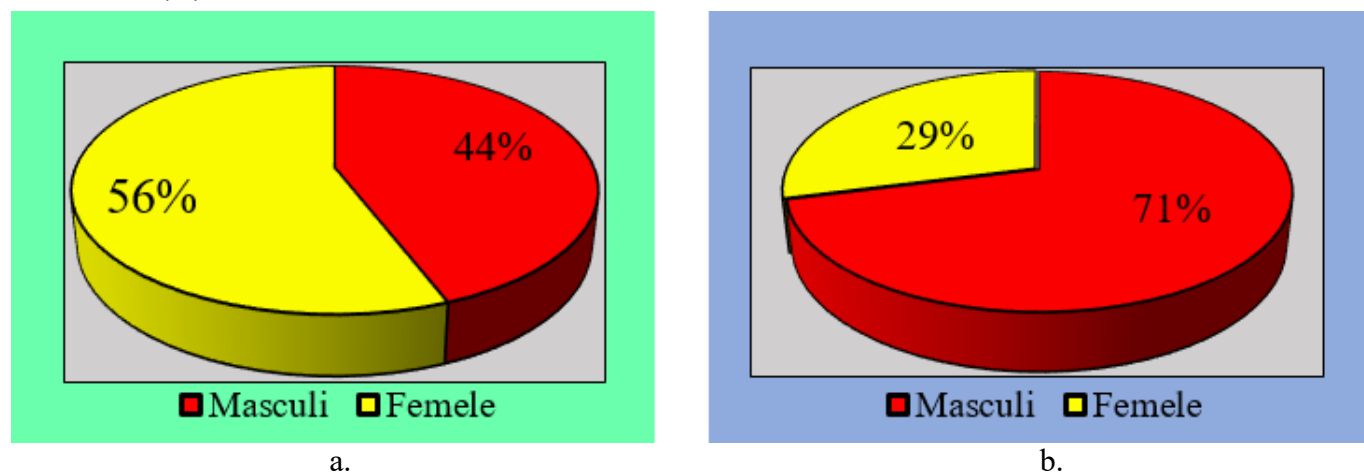
În paralel cu estimarea eficacității atracției la capcanele feromonale, începând cu a treia decadă a lunii aprilie, s-a efectuat monitorizarea atracției speciei invazive *H. halys* cu ajutorul capcanelor luminoase.

Fig. 2. Capcană luminoasă și material biologic colectat.



Rezultatele obținute pe parcursul monitorizării sezoniere a speciei invazive *H. halys* în condițiile agroclimatice a Republicii Moldova cu ajutorul capcanelor feromonale și luminoase sunt prezentate în figura 3.

Fig. 3. Atractivitatea speciei invazive *Halyomorpha halys* la capcanele feromonale (a.) și capcanele luminoase (b.)



În urma analizei datelor obținute, s-a constatat că atragerea regulată a adulților în capcana luminoasă are loc numai în perioada cuprinsă între a treia decadă a lunii iulie și a treia decadă a lunii august, iar 16 femele și 40 de masculi de *H. halys* în medie sunt atrași în fiecare capcană pe sezon. Nu au fost atrase stadiile de nimfă de către capcanele luminoase, ceea ce poate fi explicat prin incapacitatea lor de a zbura și în consecință, prin incapacitatea lor de a intra în capcană. S-a constatat, că 42% mai mulți masculi decât femele au fost atrași de capcana luminoasă, în timp ce 8% mai multe femele decât masculi au fost atrase de capcana cu feromoni. În total, în timpul sezonului de vegetație, au fost capturați în medie 56 imago *H. halys* la o capcană luminoasă, ceea ce este de 2 ori mai puțin decât numărul de adulți atrași de o capcană cu feromoni.

Metoda de monitorizare cu capcane luminoase are următoarele avantaje: o gamă largă de atragere a insectelor, siguranță față de mediu, abordare integrată, cât și limitări legate de sensibilitatea la factori externi, cum ar fi iluminarea, condițiile meteorologice, caracteristicile fiziologice ale speciilor atrase etc.

Astfel, din analiza datelor obținute rezultă că capcana luminoasă este mai puțin eficientă pentru monitorizarea sezonieră a ploșniței marmorate *H. halys*, comparativ cu capcanele cu feromoni. În același timp, utilizarea capcanelor cu feromon de agregare, ca instrument de monitorizare pentru *H. halys*, reprezintă o abordare alternativă promițătoare. Feromonii pot oferi o precizie ridicată în detectarea și atragerea insectelor, ceea ce le face potențial mai eficiente decât metodele tradiționale.

Concluzii

Se constată că capcana cu feromoni este cea mai eficientă pentru monitorizarea și atragerea a ploșniței *H. halys* deoarece:

- Feromonul atrage ploșnița pe tot parcursul sezonului de vegetație și, prin urmare, în toate fazele fenologice de dezvoltare a culturii.
- Numărul de imago atrași de capcanele feromonale este de 2 ori mai mare decât numărul de adulți atrași de capcanele luminoase, cu o mică diferență în raportul de sexe – 8%.
- Nu numai imago, ci și nimfele începând cu vârsta II, sunt atrase de feromonul de agregare. Un număr total de 117 adulți și 98 de nimfe au fost capturate, în medie, în fiecare capcană cu feromoni în timpul sezonului de vegetație.

Referințe:

1. CESARI, M., MAISTRELLO, L., PIEMONTESE, L. and others. *Genetic Diversity of the Brown Marmorated Stink Bug Halyomorpha halys in the Invaded Territories of Europe and Its Patterns of Diffusion in Italy*. *Biol. Invasions* 2018, 20, 1073–1092. DOI: 10.1007/s10530-017-1611-1
2. RUSU, Iu., NASTAS, T., ELISOVETCAIA, D. *Influence of fecundity of female brown-marble stink bug Halyomorpha halys Stal (1855) on the rate of development of the population in general*. *Revisita „Scientific Studies and Researches”, Biology series*. Indexată pentru 5 baze de date internaționale (Thomson, Ebsco, Proquest, Copernicus). Universitatea V. Alecsandri, Bacău, 2023, p. 72-75. Disponibil: <https://pubs.ub.ro/?pg=revues&rev=scsb&num=202302&vol=32&aid=5588>
3. MORRISON, W. R., BLAAUW, B. R., SHORT, B. D. and others. *Successful management of Halyomorpha halys (Hemiptera: Pentatomidae) in commercial apple orchards with an attract-and-kill strategy*. *Pest Manag. Sci.* 2018, 75, 104–114. <https://doi.org/10.1002/ps.5156>
4. GORBAN V., TODIRAȘ V. *Recomandări practice de utilizare a capcanelor cu lumină ultravioletă la reglarea densității populațiilor de insecte dăunătoare și combaterea lor*. Universitatea de Stat din Moldova, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor. – Chișinău: [Editura USM], 2023, 11 p. ISBN 978-9975-62-615-6.632.7.

Notă: Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramului 011103 Elaborarea mijloacelor ecologic inofensive de reducere a impactului organismelor dăunătoare ale culturilor agricole pe fundalul schimbărilor climatice, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării.

Date despre autori:

Iuliana RUSU, doctorand, cercetător științific, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-6551-0955

E-mail: julianarusu@gmail.com
iuliana.rusu@sti.usm.md

Maria ZAVATIN, cercetător științific stagiar, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0001-2877-7757

E-mail: maria.zavatin@sti.usm.md

Tudor NASTAS, doctor habilitat în științe biologice, conf. cerc., șef de laborator, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-0322-710X

E-mail: tudor.nastas@sti.usm.md

Olesea NEMERENCO, doctorand, cercetător științific, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-0028-4547

E-mail: olesea.nemerenco@sti.usm.md

Victor GORBAN, cercetător științific, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-7944-2383

E-mail: vgorban.alimeco@yahoo.com

Prezentat la 30.09.2024

CZU: 615.322:616.379-008.64

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_18](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_18)

EVALUAREA EFICACITĂȚII FITOPREPARATELOR ÎN PREVENIREA GLICOZURIEI, CETONURIEI ȘI PROTEINURIEI ÎN MODELE EXPERIMENTALE DE DIABET

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

Universitatea de Stat din Moldova

Diabetul zaharat este o boală cronică ce necesită monitorizare atentă pentru prevenirea complicațiilor precum cetonuria, proteinuria și glicozuria, fiecare reflectând un control necorespunzător al bolii. Cetonuria apare când organismul descompune grăsimi în locul glucozei pentru energie, fiind mai frecventă în diabetul de tip 1. Proteinuria indică deteriorarea rinichilor cauzată de nivelurile ridicate de glucoză din sânge. Glicozuria reflectă incapacitatea rinichilor de a reabsorbi complet glucoza, apărând atunci când nivelul glicemiei este prea mare.

Fitopreparatele pot oferi suport complementar tratamentului convențional. Plante precum dudul, ginsengul, scorțișoara, socul și urzica au proprietăți benefice în reducerea acestor simptome și în protejarea rinichilor. Cercetările experimentale realizate pe șobolani au arătat efectele pozitive ale unui fitopreparat compus din urzică, soc și dovleac asupra simptomelor diabetului indus de alloxan. Rezultatele au indicat o reducere semnificativă a glicozuriei, cetonuriei și proteinuriei la animalele tratate.

Astfel, utilizarea fitopreparatelor poate îmbunătăți controlul diabetului, dar trebuie să fie însoțită de monitorizare medicală și un stil de viață sănătos.

Cuvinte-cheie: *glicozurie, cetonurie, proteinurie, diabet zaharat, fitopreparat, alloxan, plante medicinale.*

EVALUATION OF THE EFFICACY OF PHYTOPREPARATIONS IN PREVENTING GLYCOSURIA, KETONURIA, AND PROTEINURIA IN EXPERIMENTAL MODELS OF DIABETES

Diabetes mellitus is a chronic disease that requires close monitoring to prevent complications such as ketonuria, proteinuria, and glycosuria, each indicating poor disease control. Ketonuria occurs when the body breaks down fats instead of glucose for energy and is more common in type 1 diabetes. Proteinuria indicates kidney damage caused by high blood sugar levels. Glycosuria reflects the kidneys' inability to fully reabsorb glucose, occurring when blood sugar levels are too high.

Herbal preparations can provide complementary support to conventional treatment. Plants such as mulberry, ginseng, cinnamon, elderberry, and nettle have beneficial properties in reducing these symptoms and protecting the kidneys. Experimental research conducted on rats has shown the positive effects of an herbal preparation composed of nettle, elderberry, and pumpkin on symptoms of alloxan-induced diabetes. The results indicated a significant reduction in glycosuria, ketonuria, and proteinuria in the treated animals.

Thus, the use of herbal preparations can improve diabetes control, but should be accompanied by medical monitoring and a healthy lifestyle.

Keywords: *glycosuria, ketonuria, proteinuria, diabetes mellitus, herbal preparation, alloxan, medicinal plants.*

Introducere

Diabetul zaharat este o afecțiune cronică care afectează modul în care organismul utilizează glucoza din sânge. Monitorizarea simptomelor și a complicațiilor este esențială, necesitând o gestionare atentă și continuă pentru a preveni complicațiile severe a acestei boli. Printre acestea se numără cetonuria, proteinuria și glicozuria, fiecare având un impact semnificativ asupra stării de sănătate a pacientului. Fiecare dintre acestea oferă informații cruciale despre starea de sănătate și despre modul în care diabetul este controlat. În ultima perioadă, interesul pentru fitopreparate a crescut, având în vedere că acestea pot oferi suport complementar tratamentelor convenționale. Scopul studiului dat explorează utilizarea fitopreparatelor în gestionarea acestor simptome asociate cu diabetul zaharat.

Cetonuria se referă la prezența corpurilor cetonici în urină. Acestea sunt produse atunci când organismul descompune grăsimile pentru a obține energie, în loc să folosească glucoza. Acest fenomen apare frecvent în diabetul zaharat de tip 1, dar poate apărea și în diabetul de tip 2 în condiții de stres metabolic sever sau atunci când diabetul este necorespunzător controlat.

În diabetul de tip 1, lipsa insulinei duce la o incapacitate de a utiliza glucoza, ceea ce determină organismul să ardă grăsimi pentru energie. Acest proces produce corpi cetonici care ajung în urină. Cetonuria poate fi un semn al unei crize de cetoacidoză diabetică, o urgență medicală ce necesită tratament imediat. Deși mai puțin frecvent, cetonuria poate apărea și în diabetul de tip 2, mai ales în cazurile de insuficiență severă de insulină sau de dietă extremă.

Simptomele acestei dereglări includ respirație cu miros de fructe, greață, vomă și oboseală. Diagnosticul se face prin teste de urină care măsoară nivelul corpurilor cetonici [1].

Tratamentul principal al cetonuriei include ajustarea insulinoterapiei și a dietei, însă anumite plante medicinale pot oferi un suport suplimentar.

Spre exemplu, frunzele de Dud (*Morus sp.*) sunt cunoscute pentru proprietățile lor hipoglicemice, care pot ajuta la menținerea unui nivel stabil al glicemiei și, indirect, pot reduce producția excesivă de corpi cetonici. Ginsengul (*Panax ginseng*) este adesea folosit în medicina tradițională pentru a îmbunătăți sensibilitatea la insulină și a regla glicemia. Acest lucru poate ajuta la prevenirea acumulării excesive de corpi cetonici. Scorțișoara (*Cinnamomum verum*) poate ajuta la îmbunătățirea sensibilității la insulină și la controlul glicemiei, reducând astfel riscul de cetonurie [2].

Un alt simptom acut este proteinuria ce se referă la prezența proteinelor în urină. În mod normal, urina nu conține cantități semnificative de proteine. Cu toate acestea, în diabetul zaharat, nivelurile ridicate de glucoză pot afecta rinichii, provocând scurgerea proteinelor în urină. Însă în diabetul de Tip 1 și Tip 2, proteinuria este adesea un semn al nefropatiei diabetice, o complicație serioasă a diabetului care afectează rinichii. Pe măsură ce boala progresează, rinichii devin incapabili să filtreze corect sângele, iar proteinele esențiale, cum ar fi albumina, ajung în urină. Proteinuria este detectată prin anumite analize, precum testul cu bandă reactivă sau analize mai detaliate precum raportul albumină/creatinină. Aceasta poate indica necesitatea ajustării tratamentului și a măsurilor preventive pentru protejarea rinichilor. Monitorizarea regulată a proteinuriei și menținerea unui control strict al glicemiei sunt esențiale pentru prevenirea deteriorării rinichilor. Utilizarea fitopreparatelor corespunzătoare pot susține sănătatea rinichilor și pot ajuta la reducerea proteinuriei [3].

Din șirul de plante medicinale, unele din ele precum Socul (*Sambucus nigra*) pot ajuta la protejarea rinichilor de deteriorare suplimentară și pot reduce proteinuria datorită proprietăților lor antioxidante și antiinflamatorii, Urzică (*Urtica dioica*) are proprietăți diuretice și antiinflamatorii care pot sprijini funcția renală și pot ajuta la reducerea proteinuriei. Dovleacul (*Cucurbita pepo*) este adesea folosit pentru susținerea sănătății rinichilor și poate contribui la scăderea proteinuriei prin efectele sale diuretice și antiinflamatorii [4].

De asemenea, și glicozuria face parte din simptomele acute ale diabetului și apare atunci când nivelul de glucoză din sânge este prea mare pentru a fi complet reabsorbit de rinichi. În condiții normale, rinichii filtrează glucoza din sânge și o reabsorb complet. Cu toate acestea, în diabetul zaharat, nivelul ridicat de glucoză din sânge poate depăși capacitatea rinichilor de a o reabsorbi, ceea ce duce la excretarea glucozei prin urină. În cazul diabetului de Tip 1 și Tip 2, această dereglare apare atunci când controlul glicemiei este inadecvat sau când nivelurile de glucoză din sânge sunt excesiv de ridicate. Aceasta poate indica o nevoie de ajustare a terapiei diabetice. Glucoza în urină este detectată prin teste de urină, cum ar fi testele cu bandă reactivă, care pot indica dacă nivelurile de glucoză sunt prea mari. Simptomele pot include frecventarea urinării și sete excesivă. Gestionarea glicozuriei implică ajustarea regimului de tratament, monitorizarea atentă a glicemiei și menținerea unui stil de viață sănătos [5].

Fitopreparatele care pot contribui la menținerea unui nivel optim al glicemiei includ: Pătlagina (*Plantago major*) ce este cunoscută pentru capacitatea sa de a reduce nivelul glicemiei, contribuind astfel la prevenirea glicozuriei prin reglarea nivelurilor de glucoză din sânge. Extractul de Gurmar (*Gymnema Sylvestre*) este renumit pentru capacitatea sa de a reduce absorbția glucozei în intestin și de a stimula secreția de insulină,

cea ce poate ajuta la prevenirea glicozuriei. Păpădia (*Taraxacum officinale*) are proprietăți diuretice și de curățare, care pot contribui la reducerea glucozei în urină prin îmbunătățirea funcției metabolice generale. [6].

Deși, fitopreparatele pot oferi beneficii în gestionarea simptomelor diabetului, acestea nu trebuie considerate ca un substitut pentru tratamentele convenționale. Este esențial ca pacienții să consulte un specialist înainte de a începe orice regim de fitoterapie. Unele plante pot interacționa cu medicamentele prescrise sau pot avea efecte adverse dacă sunt utilizate incorect.

În plus, utilizarea fitopreparatelor trebuie să fie însoțită de monitorizare regulată a glicemiei și a funcției renale, precum și de menținerea unui stil de viață sănătos, inclusiv o dietă echilibrată și exerciții fizice regulate.

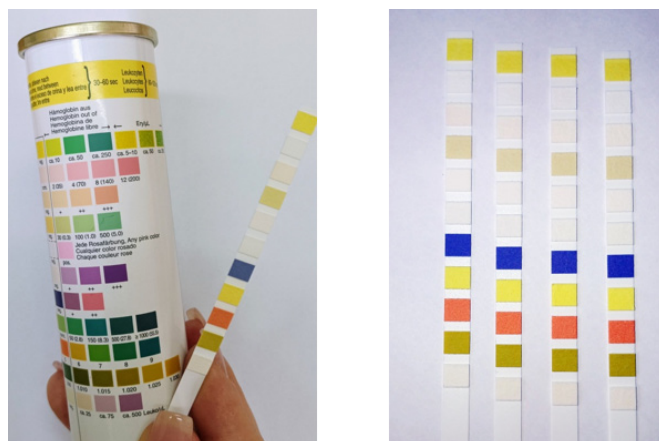
Material și metode de cercetare

Investigațiile experimentale s-au realizat pe șobolanii albi de laborator, de ambele sexe, cu greutatea corporală cuprinsă între 180 – 250 g.

Foto1. Șobolanul alb de laborator.



Foto 2. Indicatorii standard Combi 11.



Cercetările științifice s-au montat pe 60 șobolani care au fost întreținuți în condiții de vivariu. Modelul diabetului zaharat s-a obținut prin injectarea alloxanului sub forma de soluție de 5 % (200 mg/kg). Determinarea proteinei, corpiilor cetonici și glucozei în urină la analizatorul URYXXON Relax, utilizând indicatorii standard speciali: Combi 11.

În cadrul cercetării experimentale ca metodă de extracție a fost utilizată infuzarea: la 6 g masă uscată de plante (*Urtica dioica*; *Sambucus nigra*; *Cucurbita pepo*), câte 2 g de fiecare specie de plantă, se adaugă 600 ml de apă fiartă, se lasă la infuzat timp de 1 oră. După care se răcește, se filtrează și se administrează șobolanilor pe cale orală.

Foto 3. Plante medicinale din componența biopreparatului.



Urzica - *Urtica dioica*
(partea aeriană)



Soc - *Sambucus nigra* (florile)



Dovleacul - *Cucurbita pepo*
(partea aeriană)

Biopreparatul conține un complex de vitamine și microelemente într-o combinație optimă pentru organism, care normalizează microflora intestinală, influențează metabolismul, majorează eliminarea din organism a substanțelor toxice și a metaboliților, ajută la protejarea rinichilor de deteriorare suplimentară, normalizează activitatea sistemului nervos și endocrin.

Rezultatele obținute și discuția lor

Tabloul clinic al diabetului experimental după injectarea alloxanului s-a evidențiat prin fenomenul de glicozurie, cetonurie și proteinurie. Odată ce nivelul de glucoză în sânge crește peste limita admisibilă, aceasta trece în urină, antrenând cu sine o cantitate mare de apă pentru ca rinichii să o poată elimina din organism.

Reabsorbția totală a glucozei din urina primară în capilarele canaliculelor renale are loc numai dacă nivelul ei în sânge nu întrece valoarea de 180-200 mg%. În caz contrar, absorbția glucozei este parțială și, ca urmare, apare glicozuria. Se cunoaște, că tubul renal nu poate reabsorbi mai mult de 350 mg de glucoză pe minut, ceea ce reprezintă gradul maxim de concentrație a urinei. Glucoza este proporțională glicemiei și antrenează o eliminare proporțională de apă – poliuria. Pierderile de apă provoacă hipertonia plasmatică și deschiderea intracelulară, iar acestea au ca efect setea intensă - polidipsia [7]. Cercetările noastre au înregistrat o polidipsie și poliurie marcată, ce variază de la individ la individ. De obicei, glicozuria în diabet e cu atât mai intensă cu cât mai mare e hiperglicemia. În cercetările realizate s-au determinat următoarele:

Tabelul 1. Rezultatele determinării prezenței glucozei (mmol/l) în urină la administrarea fitopreparatului pe fondalul diabetului alloxanic la a 3-a zi, a 10-a zi și a 20-a zi.

Nr./ziua	Martor	Alloxan	Alloxan + Fitopreparat	Fitopreparat
a 3-a zi	<i>negativ</i>	8,3	8,3	<i>negativ</i>
a 10-a zi	<i>negativ</i>	27,8	5,5	<i>negativ</i>
a 20-a zi	<i>negativ</i>	27,8	<i>negativ</i>	<i>negativ</i>

Cercetările realizate (Tabelul 1) au semnalizat modificări a glicozuriei la lotul cu diabet alloxanic nivelul căreia în ziua a 20-a a atins valoarea de 27,8 mmol/l, în normă glucoza este absentă în urină. În lotul unde s-a administrat complexul fitoterapeutic pe fondalul diabetului alloxanic valoarea acestui indice în ziua a 20-a revine la normă, adică este negativă, ceea ce ne demonstrează efectul hipoglicemiant al fitopreparatului cercetat.

Hiperglicemia este factorul principal care determină severitatea bolii și este, în primul rând, consecință a insuficienței activității insulinice. Sensibilitate diferită a animalelor la alloxan se manifestă foarte evident prin dinamica diferită a hiperglicemiei la injectarea unei și aceleași doze. Dinamica diferitor indici inclusiv a glicemiei, se studiază pe grupuri de animale la diferite termene a diabetului. Au fost făcute încercări de diferențiere a sensibilității animalelor la alloxan, după datele primite de la analiza glicemiei în sângele recoltat din vena codală în ziua a treia de la injectarea diabetogenului și peste două – trei săptămâni. După aceste rezultate s-au divizat următoarele forme de diabet:

- Acut - în care animalele decedează în primele 3-5 zile.
- Cronic evident - în care se înregistrează o hiperglicemie persistentă și lentă cu normoglicemie și alterarea răspunsului la testul de încărcare cu glucoză.

Prin corpii cetonici se subînțelege acidul acetoacetic, produsul său de reducere, acidul hidroxibutiric și acetona. Corpii cetonici iau naștere aproape exclusiv la nivelul ficatului și pot fi catabolizați practic de toate țesuturile și mai ales de mușchiul cardiac cu excepția celulelor hepatice. Atât metabolismul glucidic, cât și a lipidelor și a proteinelor decurge cu formare de acetil CoA, care este metabolizată ulterior până la bioxid de carbon și apă în ciclul Krebs sau folosită la sinteza acizilor grași cu lanțuri lungi. În diabet există o hiperproducție de acetil CoA mai ales din catabolismul exagerat a lipidelor și a proteinelor, iar utilizarea lor este îngreunată din cauza încetirii ciclului Krebs și a sintezei acizilor grași, care este aproape complet blocată. Cetonuria la fel ca și glicozuria apare în rezultatul depășirii concentrației

sangvine ale corpurilor cetonici a pragului renal de reabsorbție a lor. Cetonuria persistentă este un indice a comei diabetice, care se observă numai în diabetul insulinodependent [5]. Ținem se remarcăm, că în literatură acest indice ca criteriu al prezenței diabetului zaharat experimental aproape că nu se studiază, dar rareori se menționează prezența sau lipsa cetonuriei la șobolanii diabetici. Cetonuria în studiul dat a fost depistată la majoritatea animalelor din lotul cu diabet experimental, valoarea medie la ziua a 20-a fiind de 16,5 mmol/l.

Tabelul 2. Rezultatele determinării prezenței corpurilor cetonici (mmol/l) în urină la administrarea fitopreparatului pe fondalul diabetului alloxanic la a 3-a zi, a 10-a zi și a 20-a zi.

Nr./ziua	Martor	Alloxan	Alloxan + Fitopreparat	Fitopreparat
a 3-a zi	<i>negativ</i>	2,5	<i>negativ</i>	<i>negativ</i>
a 10-a zi	<i>negativ</i>	9,5	4,0	<i>negativ</i>
a 20-a zi	<i>negativ</i>	16,5	<i>negativ</i>	<i>negativ</i>

Iar, la administrarea fitopreparatului pe fondalul diabetului experimental în ziua a 20-a această valoare revine la valoarea normală, ceea ce evidențiază impactul pozitiv al biopreparatului cercetat asupra metabolismului general.

Proteinuria, în general, este consecința unor procese patogenice profunde din rinichi și în normă nu se înregistrează. Proteinuria diabetică la om și la animalele experimentale apare ca urmare a unei insuficiențe cronice îndelungate a activității insulinice în organism. Apariția proteinuriei persistente în diabet indică începutul unor procese patologice, care în câțiva ani duc la insuficiență renală. Patogeneza acestui fenomen în diabet nu este pe deplin elucidată, dar s-au expus păreri, că ar fi implicate în acestea alterările morfologice, biochimice și de hemodinamică.

Originea proteinuriei diabetice se pare că este în strânsă legătură cu nivelurile glicemiei. Se știe, că procesele de reabsorbție în diabet sunt foarte intensive și lucrează la limita de sus a posibilităților, de aceea numai o creștere moderată a ratei de filtrare glomerulară a proteinelor va duce la o creștere a excreției lor cu urina, deși funcțiile de reabsorbție tubulară practic nu sunt alterate, la ce indică nivelurile normale de microglobulină. Aceasta din urmă este recunoscută ca indicator sensibil a capacității de reabsorbție a tubilor contorți. Microproteinuria este direct dependentă de hiperglicemie și insulinoterapie [8; 9].

Tabelul 3. Rezultatele determinării prezenței proteinelor (g/l) în urină la administrarea fitopreparatului pe fondalul diabetului alloxanic la a 3-a zi, a 10-a zi și a 20-a zi.

Nr./ziua	Martor	Alloxan	Alloxan + Fitopreparat	Fitopreparat
a 3-a zi	<i>negativ</i>	<i>negativ</i>	<i>negativ</i>	<i>negativ</i>
a 10-a zi	<i>negativ</i>	1,7	0,3	<i>negativ</i>
a 20-a zi	<i>negativ</i>	2,5	<i>negativ</i>	<i>negativ</i>

Rezultatele expuse mai sus, ne permit să estimăm, că, paralel cu identificarea glicozuriei și cetonuriei în diabetul experimental este prezentă și proteinuria, nivelul căreia în ziua a 20-a de cercetare este 2,5 g/l, în mod normal acest indice este absent în urină. Interes a prezentat impactul fitopreparatului cercetat pe fondalul diabetului experimental, unde valoarea proteinuriei în ziua a 20-a s-a redus până la normă (negativ).

Corecția hiperglicemiei prin insulinoterapie la om sau transplantarea insulițelor Langherhans șobolanilor cu diabet cronic diminuează cel puțin parțial microproteinuria spre deosebire de macroproteinurie, care nu este insulinodependentă. Deoarece s-a lucrat cu diabet de scurtă durată, este puțin probabil că mecanismele proteinuriei diabetice expuse mai sus să determine proteinuria din cazul nostru. Aici, aceasta este mai degrabă consecința unor alterări morfofuncționale acute ale rinichiului cauzate din injectarea alloxanului. Analiza datelor obținute la acest capitol ne permite să afirmăm, că în procesul desfășurării diabetului ex-

perimental, în primul rând, apare hiperglicemia cu consecințele ei imediate – polidipsia, poliuria și glicozuria, iar mai târziu poate să se manifeste sau nu cetonuria. Valoarea diagnostică a fiecărui indice studiat de noi este diferită, însă luați împreună aceștia documentează convingător prezența unui diabet zaharat experimental la șobolanii care au fost supuși experiențelor.

Concluzie

Cetonuria, proteinuria și glicozurie sunt indicatori importanți în monitorizarea diabetului zaharat și pot oferi informații esențiale despre starea de sănătate. Identificarea și gestionarea acestor simptome sunt cruciale pentru prevenirea complicațiilor și pentru asigurarea unei vieți sănătoase și echilibrate. Un rol esențial în înlăturarea acestor simptome îl are tratamentul corespunzător, modul sănătos de viață și în unele cazuri utilizarea plantelor medicinale (diabetul zaharat tip 2), contribuind la îmbunătățirea controlului glicemiei și protejarea rinichilor. Cercetările realizate au evidențiat efectul homeostatic al fitopreparatului elaborat prin înlăturarea simptomelor acute sau menținerea lor în limitele normei. Astfel, în cazul dat valoarea glicozuriei, proteinuriei și cetonuriei în etapa finală a cercetărilor a revenit la limitele normei, ceea ce a exclus apariția complicațiilor primare în diabetul zaharat experimental. Totuși, utilizarea acestora trebuie să fie făcută cu precauție și în cadrul unui plan de tratament bine coordonat. Prin integrarea atentă a fitopreparatelor și a tratamentelor convenționale, se poate de vorbit despre o abordare mai holistică și eficientă în gestionarea diabetului zaharat.

Referințe:

1. IVAS E., TRINCĂ L., C. *Procesele metabolice în organismul animalelor*: Iași, 2002, 93 p.
2. NĂDĂȘAN V. *Fitoterapia*. Editura Viața și Sănătatea, Chișinău, 2004, p. 10-16.
3. 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.
4. CHITIC T. *Repercusiunile diabetului alloxanic asupra unor parametri fiziologici sub influența extraselor din plante medicinale*. Teza de doctor în științe biologice, Chișinău, 2009. p. 10-27; 47-53.
5. BACALOV Iu., CRIVOI A. *Diabetul alloxanic (experimental)*. Îndrumar instructiv–metodic. Chișinău, CEP USM, 2007, p.11-14.
6. BACALOV Iu. *Fitoterapia în dereglările metabolismului glucidic*. Îndrumar instructiv–metodic pentru studenți, Catedra Biologie Umană și Animală. Chișinău, CEP USM, 2009, 107 p.
7. CRIVOI A., LEȘANU M., BACALOV Iu., KAHOVSKAIA I., BULIMAGA V., CIOCĂRLAN 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.
8. BĂȚĂIOSU M., CATRINOIU L., CĂRA A., și alții. *Diabetul zaharat tip 2. Ghid de practică pentru medicii de familie. Societatea Națională de Medicină Familiei /Medicină Generală*. Editura Infomedica, 2005, 124 p.
9. FRANCES F. *Urine Studies. A Manual of Laboratory and Diagnostic Tests*. Lippincott, Williams & Wilkins Publishers, USA, 7th Edition, 2009, p. 114-179.

Notă: Subprogram de cercetare cu cifra 011001 „Mecanismele de reglare a homeostaziei organismului și a sănătății și elaborarea procedurilor 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

Prezentat la 27.09.2024

CZU: 911.372 + 632.11(478-13)

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_19](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_19)

REPERE ISTORIOGRAFICE ASUPRA CERCETĂRILOR CONDIȚIILOR ȘI RESURSELOR NATURALE ALE REGIUNII DE SUD A REPUBLICII MOLDOVA

Adelina REVENCO,*Universitatea de Stat din Moldova,
Institutul de Ecologie și Geografie*

Un rol important în evoluția economică a statelor sau regiunilor lumii îl au politicile de dezvoltare elaborate la nivel statal sau regional. Calitatea acestora depinde în mare măsură de suportul științific pus la dispoziția experților. Republica Moldova a adoptat legea cu privire la dezvoltarea regională și ca urmare a fost divizată în șase unități administrative. La etapa actuală se constată o creștere economică neuniformă a acestora. Pentru a asigura evoluția economică a tuturor regiunilor de dezvoltare, sunt necesare cercetări fundamentale ale factorilor ce influențează sporirea eficienței economice. Prezenta cercetare vine să identifice lucrările care au vizat dezvoltarea regională a Republicii Moldova, aspecte ale condițiilor fizico-geografice și a gradului de asigurare cu resurse naturale, etc. în scopul identificării domeniilor mai slab cercetate și creșterii nivelului de asigurare cu suport informațional al structurilor administrative de nivel I și II din Republică.

Cuvinte-cheie: *Regiunea de Dezvoltare Sud, Unitatea Teritorial Administrativă Găgăuzia, Republica Moldova, așezare fizico-geografică, relief, resurse naturale, resurse minerale, condiții climatice.*

HISTORIOGRAPHICAL LANDMARKS ON THE RESEARCH OF NATURAL CONDITIONS AND RESOURCES OF THE SOUTHERN REGION OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

An important role in the economic evolution of countries or regions of the world displayed by development policies elaborated at state or regional level. Their quality depends to a large extent on the scientific support made available to experts. The Republic of Moldova has adopted the law on regional development and as a result has been divided into six administrative units. At the current stage, their economic growth is uneven. In order to ensure the economic growth of all development regions, fundamental research of the factors influencing the increase of economic efficiency is necessary. The present research comes to identify the work that have focused on the regional development of the Republic of Moldova, aspects of physico-geographical conditions and the degree of insurance with natural resources, etc. in order to identify the less researched areas and increase the level of insurance with informational support of the administrative structures of level I and II in the Republic.

Keywords: *South Development Region, Administrative Territorial Unit Gagauzia, Republic of Moldova, physico-geographical settlement, relief, natural resources, mineral resources, climatic conditions.*

Introducere

Alipirea la marea familie europeană este una din prerogativele de bază ale Republicii Moldova, actualmente înscrisă și în Constituția țării. Pentru realizarea acesteia sunt necesare mari schimbări, care implică eforturile conjugate ale întregii societăți. În acest sens Republica Moldova a realizat mai multe acțiuni, printre care și elaborarea a noi legi, sau ajustarea cadrului legislativ existent la standardele Uniunii Europene. Una din acțiunile realizate este elaborarea Legii nr. 438 *privind dezvoltarea regională pe teritoriul Republicii Moldova* [1] care prevede crearea a șase regiuni de dezvoltare funcționale, cu libertatea de „...planificare, evaluare și implementare a politicilor de dezvoltare regională...”, or unul din dezideratele comunității este dezvoltarea regională. În pofida aprobării legii în anul 2006, în Republica Moldova conceptul de dezvoltare regională se implementează destul de lent, fapt care influențează negativ asupra evoluției economice a țării. Cu intenția de a contribui la intensificarea ritmurilor de dezvoltare economică a țării, comunitatea științifică vine cu contribuțiile sale – cercetări asupra componentelor naturii și a mediului socioeconomic. Având ca și obiectiv de cercetare Regiunea de Sud a Republicii Moldova, constituită din

Regiunea de Dezvoltare Sud (constituită din unitățile administrative de nivelul II: Basarabeasca, Cahul, Cantemir, Căușeni, Cimișlia, Leova, Ștefan Vodă, Taraclia) și Unitatea Teritorial Administrativă Găgăuzia, în care se atestă ritmuri diferite de creștere economică, este necesar a fi studiat potențialul de dezvoltare pentru a asigura factorii de decizie cu informațiile necesare elaborării politicilor de dezvoltare regională. În acest context se înscrie și prezenta cercetare, care are ca și scop identificarea lucrărilor științifice publicate în Republica Moldova, ce reflectă aspecte ale așezării geografice, caracteristicilor reliefului și resurselor naturale și minerale. În același timp, un rol important în stabilirea priorităților de dezvoltare îl au studiile regionale, care oferă posibilitatea evaluării complexe a potențialului disponibil pentru dezvoltarea economică, dar și identificării problemelor cu care teritoriul cercetat se confruntă. În această ordine de idei, pentru a spori valoarea prezentei cercetări, urmează a fi analizate și studiile regionale realizate în Republica Moldova.

Metodele și materiale aplicate

Pornind de la caracterul teoretic al studiului, metodele de cercetare mai frecvent aplicate sunt: istorică, comparativă, inductiv-deductivă, analizei documentelor și documentării webografice, etc. Specificul cercetării a impus necesitatea analizei lucrărilor unui număr mare de autori așa ca: G. Bilinkis, N. Boboc, N. Rîmbu, A. Drumea, Gh. Sîrodoev, Iu. Bejan, T. Constantinov, C. Mihailescu, V. Sofroni, M. Coșcodan, M. Nedeaľcov, I. Boian, M. Daradur, A. Puțunică, V. Dokućeaev, I. Krupenikov, S. Andrieș, A. Ursu, V. Cerbari, V. Scorpan, C. Matei, P. Bacal, M. Hachi, D. Lozovanu, etc.

Rezultate obținute și discuții

La fel ca și în cazul tuturor aspectelor vizare în prezenta cercetare, studiile asupra condițiilor naturale reflectă în cea mai mare parte întreg teritoriul țării, în același timp, acest fapt nu știrbește din valoarea acestora. Una dintre principalele lucrări de o importanță majoră pentru dezvoltarea regiunii și participarea acesteia în circuitul de mărfuri inter republican și regional este lucrarea „Geografia fizică a RSSM” autor Rîmbu N. Autorul oferă o justă apreciere a condițiilor naturale, urmând o analiza sintetică a componentelor reliefului și prezentând unul din primele modele ale raionării geomorfologice a Republica Moldova. Potrivit acestuia, în cadrul Regiunii de Sud se disting trei unități de relief: *Câmpia deluroasă a Moldovei de Sud* (în Nord-Vest); *Înălțimea Tigheciului* (în Vest); *Câmpia Bugeacului* (în Sud și Sud-Vest)... caracterizate de altitudini relative mai mici comparativ cu restul republicii [2, p. 23]. Autorul mai propune și o ierarhizare a formelor de relief în trei trepte de înălțime, menționând cu referire la Regiunea de Sud că prima treaptă lipsește din cauza altitudinilor mici ale reliefului [2, p. 15].

Regionarea formelor de relief este propusă și de N. Boboc [3], care identifică regiuni și subregiuni fizico-geografice, bazate în premieră pe principiul complexității. Potrivit acestuia, hotarele regiunilor sunt trasate în baza caracteristicilor morfometrice ale reliefului și vârstei substratului și structurii geologice, care determină intensitatea proceselor de modelare și distribuție spațială a elementelor biopedoclimatice [3, p. 161-169]. Autorul include RS în cadrul a trei formațiuni fizico-geografice: Câmpiilor și podișurilor de silvostepă ale Moldovei de Sud; Câmpiilor și Podișurilor de stepă ale Moldovei de Sud și Câmpiei de stepă a Nistrului.

Un alt principiu de regionalizare a reliefului republicii, axat pe analiza unghiului de înclinație și a gradului de dezmembrare verticală și orizontală a reliefului este propus de M. Bilinchiș [4]. Autorul evidențiază regiunile de Nord, Centru și de Sud, care coincid în linii mari cu regiunile geomorfologice, și le divizează în raioane și zone ce corespund morfostructurilor separate. Un rol deosebit în formarea reliefului în lucrare se acordă evoluției geologice și proceselor de răcire bruscă din pliocenul timpuriu caracteristice Regiunii de Sud, care determină gradul înalt de dezmembrare pe orizontală și pe verticală al terenului [4, p. 133]. În susținerea aceleiași idei vine și autorul hărții „Influența proceselor geologo-geomorfologice asupra formării reliefului”, autor Gh. Sîrodoev, care atribuie Regiunii de Sud un grad mare și foarte mare de influență a proceselor geologo-geomorfologice asupra formării reliefului [5].

Cercetătorul I. Bejan divizează teritoriul Republicii Moldova în patru regiuni [6]. Cu privire la Regiunea de Sud, dânsul menționează amplasarea pe teritoriul interfluviului Lunga-Lunguța, care înregistrează cel mai înalt grad de fragmentare verticală din republică, de 5,8 km/km². La fel, autorul demonstrează corelarea dintre valoarea fragmentării verticale, ponderea terenurilor agricole și a structurii acestora [6, p. 13].

Studiul aprofundat asupra Regiunii de Sud este imposibil fără examinarea aspectelor climei și a condițiilor agroclimatice, cunoașterea cărora facilitează dezvoltarea sectorului agricol. În contextul schimbărilor climatice și creșterii incidenței fenomenelor de risc, o mare parte dintre cercetări tratează aceste subiecte de maximă importanță pentru dezvoltarea agriculturii durabile. Una dintre primele descrieri ale condițiilor agroclimatice este realizată în lucrarea „Агроклиматические ресурсы Молдавской ССР”, în care este realizată regionalizarea agroclimatică a republicii și apreciat nivelul de asigurare cu resurse de căldură și umiditate. Autorii identifică problemele specifice regiunilor agroclimatice și recomandă culturile cu un potențial economic mai mare. Potrivit autorilor, cea mai severă problemă cu care se confruntă Regiunea de Sud este nivelul slab de asigurare cu umiditate. Dânsii menționează că condiții de umiditate suficientă pentru perioada de vegetație sunt caracteristice pentru mai puțin de 5% din ani, aride - pentru 60-70 %, iar 30-40 % din ani se caracterizează prin condiții de umiditate foarte redusă [7, p. 29-31].

Dintre cele mai recente studii aprofundate asupra climei, menționăm lucrarea „Climatologia Republicii Moldova”, autor I. Boian. Aici sunt prezentate rezultatele cercetărilor detaliate și actualizate asupra climei, factorilor de climatogeneză, elementelor și resurselor climatice, dar și o amplă caracterizare a hazardurilor meteorologice care afectează teritoriul țării. Autorul abordează și problemele oscilațiilor și schimbărilor climatice la nivel regional și global, atenționând asupra unor scenarii posibile de evoluție a climei Republicii Moldova [8]. Cu privire la Regiunea de Sud, dânsul menționează cantitatea mai mare de radiație solară globală recepționată anual comparativ cu restul teritoriului [8, p.55], durata mai mare anuală de strălucire a soarelui [8, p.64], cantitatea mai redusă de precipitații recepționată anual, alte diferențe.

Gradul redus de asigurare a Regiunii de Sud cu umiditate este confirmat și de autorii atlasului „Resursele climatice ale Republicii Moldova” M.Nedealcov, V. Raileanu, L. Chirică, care [9, p. 69; 71; 73] estimează căderea a circa 375-500 mm precipitații, dintre care 235-275 mm pe durata perioadei de vegetație a plantelor fiind insuficientă pentru cultivarea culturilor agricole. Lucrarea prezintă una dintre cele mai recente analize a resurselor climatice ale republicii, fiind detaliate trăsăturile caracteristice fiecărei luni ale anului.

Pornind de la faptul, că cea mai importantă activitate umană în Regiunea de Sud este agricultura, un rol deosebit îl au studiile din domeniul agroclimatologiei. Exemplu în acest sens este lucrarea autorilor M. Nedealcov, V. Țurcan [10], în care se analizează nivelul de asigurare cu umiditate a regiunii în ansamblu și a unor culturi agricole în particular. Autorii estimează diferența de umiditate relativă a aerului în lunile de vară dintre Regiunea de Sud și Regiunea de Nord de 6,9–12,0% în favoarea Regiunii de Nord, atenționând asupra importanței irigațiilor. La fel, se menționează nivelul insuficient de asigurare cu umiditate a gramineelor, porumbului și a viței de vie [10, p.173-176].

Aceiași autori [11] atenționează asupra a patru probleme cu care se confruntă sectorul agricol în Republica Moldova ce derivă din disponibilitatea resurselor de apă: seceta, ariditatea, deficitul de apă și deșertificarea. Cercetătorii concluzionează că schimbările climatice vor conduce la creșterea stresului hidric și a riscurilor de secetă în sudul și sud-estul Europei, paralel cu creșterea frecvenței și intensității evenimentelor pluviale extreme și a riscului de inundații [11, p. 96-99].

Un alt fenomen de risc intens cercetat ce înregistrează creșterea frecvenței este seceta. Potrivit autorilor C. Mihailescu, I. Boian „...analiza detaliată a sării agriculturii din Basarabia din sec. al XIX-lea, arată că din cei 40 de ani (1830-1870) 11 au fost secetoși și fără roade, iar 14 cu roade scăzute și mijlocii.” [12, p. 8] ce confirmă existența problemei din cele mai vechi timpuri. În pofida creșterii nivelului de dezvoltare a societății, problema confruntării secetei rămâne pe agenda cercetătorilor. Astfel, I. Boian [13] menționează importanța adaptării și evaluării nivelului de adaptare a agriculturii la condițiile de secetă. Autorul estimează pierderile înregistrate de sectorul agricol în urma secetei în 2015 la grupele de cereale din categoria I și a II la peste 3 miliarde lei, menționând gradul redus de adaptare a sectorului agricol confirmat și de impactul secetelor în 2018, 2019, 2020 [13, p. 120-121].

Studii asupra resurselor naturale. Resursele de sol

Calitatea solurilor Republicii Moldova este înalt apreciată încă de V. Dokucaev, care în 1893 și 1897 organizează expediții în Basarabia în timpul cărora atribuie cernoziomurile la cea mai înaltă categorie de soluri. Dânsul prelevă probe de sol de aici pe care le utilizează ca și etalon (după valoarea lor naturală)

pentru toate tipurile de soluri din lume, demonstrându-le la expozițiile internaționale din Paris (1900) și Chicago (1902).

Această idee este susținută și de academicianul A. Ursu care menționează [14] că în Regiunea de Sud cele mai importante soluri sunt cernoziomurile tipice și obișnuite, slab alcaline și carbonatice, care se extind pe circa 70% din suprafața regiunii. Datorită notei înalte de bonitate (variabilă între 82 și 100 puncte, cu excepția celor carbonatice) aici pot fi cultivate o varietate mare de culturi, cum ar fi culturile cerealiere (în special soiurile de grâu tare), porumbul, soia, floarea soarelui, tutunul, etc. [14, p. 15]

Dezvoltarea intensă a agriculturii bazate pe practici neprietenoase mediului a condus la degradarea și contaminarea solului, sporirea suprafețelor erodate și a celor afectate de alunecări de teren. Cercetătorii V. Cerbari, V. Scorpan, M. Țăranu și I. Bacean [15] atenționează asupra pierderii conținutului inițial de humus (de circa 40%) în cazul cernoziomurilor, care ocupă circa 80% din terenurile agricole, deteriorării structurii și compactării puternice a stratului arabil. Autorii propun în calitate de măsuri de redresare a situației, aplicarea lucrărilor de conservare a solului și creșterea volumului de substanță organică din sol [15, p. 38].

Aceiași părere este împărtășită în articolul „*Calitatea solurilor în Moldova, probleme și soluții*” de S. Andrieș, V. Cerbari, V. Filipciuc. Autorii vin cu soluții de creștere a productivității culturilor agricole, susținând că sporirea cu 1% a conținutului de humus asigură creșterea roadei, în cazul porumbului cu 1 t/ha, iar a grâului de toamnă cu 0,8t/ha. La fel, dâșii menționează că arderea resturilor vegetale, reducerea cantităților de îngrășămintă organice (de 60 de ori), diminuarea suprafețelor ocupate de ierburile perene (de 4-5 ori) au condus la crearea unui bilanț negativ al humusului în sol (minus 1,1 t/ha). Cercetătorii estimează pierderile anuale de humus de pe terenurile agricole de 2,4 mln t. și propun un set de măsuri de sporire a cantităților de substanță organică din sol așa ca: utilizarea îngrășămintelor organice, respectarea asolamentului culturilor, creșterea suprafețelor ocupate de ierburi perene, etc.” [16, p. 55]

Problema degradării solului este abordată de S. Andrieș și în publicația „*Evoluția bilanțului materiei organice din solurile Moldovei și productivitatea plantelor de cultură*”, în care se menționează impactul negativ al privatizării asupra solului. Autorul este de părerea că lipsa suportului științific în procesul de privatizare a terenurilor agricole a condiționat renunțarea la măsurile de conservare și creștere a fertilității solului. Dâșul menționează factorii cu impact negativ asupra solului: reducerea cotei ierburilor perene în asolament (de șase ori în intervalul 2000-2015), al culturilor leguminoase rădăcinile cărora fixează azotul din aer îmbogățind solul (de trei ori), sporirea cotei culturilor prășitoare (până la 65%), reducerii cantităților de îngrășămintă biologice (până la 0,02-0,03 t/ha, cantitatea optimă fiind de 10 t/ha), etc. [17, p. 31].

Importanța păstrării asolamentelor culturilor agricole este reflectată în studiul lui V. Cerbari, V. Scorpan, M. Taranu [18]. Autorii demonstrează impactul pozitiv al mazărichii asupra calității solului, menționând că cultivarea mazărichii în calitate de îngrășămintă verde într-un singur an a determinat creșterea volumului producției agricole cu 20-30%. Potrivit acestora, rezultatele impresionante se datorează sporirii conținutului de substanță organică în sol (cu 0,19%) și ameliorării stării fizice a stratului arabil de sol [18, p. 75].

Resursele de apă

Problema asigurării cu resurse de apă este actuală pentru întreg teritoriul R. Moldova, iar Regiunea de Sud pe lângă insuficiența resurselor de apă, se confruntă și cu problema gradului înalt de mineralizare a acestora. Cercetarea acestora devine mai imperativă, ori lipsa resurselor de apă creează mari dificultăți atât în gospodăria casnică, cât și în practicarea activităților cu caracter agricol sau industrial, iar gradul înalt de mineralizare a apelor influențează negativ asupra sănătății populației, calității solului și a produselor industriale finite.

Asigurarea populației și a necesităților economiei cu resurse de apă potabilă de calitate reprezintă o problemă majoră cu care se confruntă Regiunea de Sud. Una dintre cele mai recente și complexe lucrări în care se încearcă soluționarea acesteia este atlasul ecologic „*Resursele acvatice ale Republicii Moldova. Fântâni și izvoare*” din colecția *Resursele naturale ale Republicii Moldova*, care prezintă interes pentru complexitatea caracteristicilor fântânilor și izvoarelor din republică. Valoarea aplicativă a acestui studiu crește grație analizei stării apei la nivel regional, sesizării problemelor cu care se confruntă populația și identificării soluțiilor pentru ameliorare. Cu referire la Regiunea de Sud, potrivit autorilor, în peste 50% din

fântâni și izvoare gradul de mineralizare depășește concentrația maxim admisibilă, prin urmare pentru asigurarea populației cu resurse acvatice calitative este necesară identificarea altor surse decât a celor menționate [19, p. 196]. Aceleași concluzii sunt notate și în cadrul studiului „Sănătatea în relația cu mediul”, unde autorii studiază corelația dintre calitatea apelor și gradul de îmbolnăvire a populației. Rezultatele denotă că concentrația de elemente chimice din orizonturile de ape freactice din Regiunea de Sud depășește minima admisibilă, ceea ce se reflectă asupra stării de sănătate a populației [20, p. 25].

Caracterul agricol al regiunii impune studierea gradului de mineralizare a apelor râurilor. Rezultatele cercetărilor ale lui R.Loza[21] demonstrează cătoți afluenții râului Ialpuș și Prut, râurile Sărata și Larga au ape salmastre și nu sunt recomandate pentru a fi utilizate în scopuri agricole, sau în alimentația populației. Apele râurilor Prut, Cahul și Cogâlnic (concentrația sărurilor variază între 0-1g/kg) au un grad redus de salinizare și pot fi utilizate de populație, însă nu satisfac necesitățile acesteia [21, p. 30]. Cu aceleași concluzii vine și G. Bevza[22] potrivit căruia râurile din RS - Ialpuș și afluenții, Lunga și Taraclia sunt cu un grad de mineralizare înalt (între 4,6 g/l și 1 gl), iar Cahul și Cogâlnic au un grad de mineralizare mai redus, de 0,3 g/l și 0,2 gr./l respectiv [22, p. 30].

O importanță deosebită pentru republică în ansamblu, dar și pentru regiune în particular o are studiul bazinelor de acumulare, apele cărora pot soluționa în mod special problema irigațiilor terenurilor. Unul dintre cele mai valoroase studii pe acest subiect este „Resursele acvatice ale Republicii Moldova, Apele de suprafață” în care pentru prima dată este propusă cititorului caracterizarea amplă a bazinelor de acumulare de pe teritoriul republicii. Cu privire la Regiunea de Sud, autorii constată prezența unui număr mai mic de lacuri artificiale, dar și construcția a 19 lacuri pe râul Ialpuș care însumează o suprafață totală de 3192 ha și un volum de 92,9 mil. m³, ceea ce determină secarea albiei râului în verile secetoase [23, p. 208].

Resursele de minerale utile

O primă tentativă de evaluare complexă a resurselor naturale este realizată de N. Râmbu[24]. El reușește să îmbine datele cu privire la componentele principale ale mediului geografic, evaluând și impactul omului asupra acestora. Cu privire la resursele minerale, autorul reflectă atât geneza și poziția geografică cât și locul de utilizare. Autorul menționează resursele de argilă, argilă bentonică, nisip, nisipuri argiloase și cuarțifere, rezervele mici de cărbuni, petrol și gaze naturale prezente în Regiunea de Sud[24, p.98-99].

Evaluarea complexă a resurselor naturale este realizată de autorii volumului I al colecției „Mediul geografic al Republicii Moldova. Resursele naturale” [25]. Lucrarea reprezintă o primă tentativă de caracterizare a tuturor resurselor naturale din țară. Un element important al acesteia îl constituie materialul grafic și cartografic bogat, asociat fiecărui zăcămint, dar și prezentarea statisticilor cu referire la volumele estimate și extrase la nivel de bazine [25, p. 33-55].

Dintre cele mai recente publicații în care sunt analizate zăcămintele de minerale utile, se remarcă ediția enciclopedică „Republica Moldova” [26]. Aici sunt prezentate cele mai recente informații cu privire la volumele exploatare, bazinele din care actualmente se explorează resursele și localizarea acestora, datele fiind grupate pe categorii de resurse. Autorii consemnează cele mai multe bazine de extracție din RS: de argilele nisipoase (Ceadâr-Lunga și Comrat), argile (Roșu (Cahul) și Comrat), argilele bentonice (Cociulia și Lărguța (Cantemir)), nisip (Cahul, Ceadâr-Lunga, Comrat), cărbune brun (Cahul, Etulia-Vlădiceni, Vulcănești), petrol (Văleni (Cahul)), gaze naturale (Victorovca (Cantemir)).

Studiile regionale

Un rol important în elaborarea strategiilor de dezvoltare îl joacă studiile complexe, care reflectă varii aspecte ale condițiilor și resurselor naturale. La fel, studiile regionale oferă posibilitatea examinării plurivalente a factorilor de dezvoltare economică și a nivelului de valorificare a acestora. În cadrul Institutului de Ecologie și Geografie au fost realizate studii tematice la nivel de regiuni de dezvoltare, așa ca culegerea „Calitatea factorilor de mediu în contextul dezvoltării durabile a Regiunii de Dezvoltare Sud”; „Dezvoltarea durabilă a Regiunii de Dezvoltare Centru: factori de mediu și contribuții”; „Regiunea de Dezvoltare Centru. Aspecte geografice, socio-economice și ecologice”; „Studiul diagnostic al ecosistemelor urbane și rurale din Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova”. De menționat importanța acestora în cali-

tate de suport metodologic și informațional în realizarea cercetărilor regionale. Totuși, acestea nu acoperă vidul existent în studierea regiunilor de dezvoltare.

Prima cercetare regională a unei regiuni a R. Moldova după obținerea independenței, este realizată de Gh. Cuciureanu în studiul de doctorat „Subregiunea Economică centrală a Republicii Moldova. Studiu de Geografie umană”. Autorul prezintă o cercetare regională detaliată, în care analizează aspectele specifice cadrului natural, populației, economiei, dar și legăturile în cadrul republicii și înafara acesteia. O valoare autentică lucrării îi oferă materialul cartografic divers. Este de menționat rolul acestei lucrări în calitate de exemplul de studiu metodologic al unei regiuni, de elaborare de pronosticuri de dezvoltare regională [27].

Un alt suport metodologic util este studiul „Regiunea de Dezvoltare Centru. Aspecte geografice, socio-economice și ecologice”. Monografia este orientată spre cercetarea condițiilor geografice, demografice, activităților socio-economice și impactului asupra mediului. Deosebit de relevant și sugestiv este materialul cartografic asociat. Autorii prezintă și elemente de studii inovative asupra toponimiei localităților, indicelui dezvoltării umane etc. [28].

Cercetări regionale sunt realizate și în monografia „Studiul diagnostic al ecosistemelor urbane și rurale din Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova”. Modalitatea de abordare a problemelor cercetate oferă lucrării un caracter inedit. Autorii prezintă o caracterizare amplă a regiunii atât pe segmentul fizico-geografic, cât și economico-geografic, dar și acordă o atenție sporită problemelor de mediu. O valoare deosebită îi oferă materialul grafic și cartografic bogat și relevant [29].

Un suport informațional și metodologic important pentru elaborarea studiilor regionale îl constituie culegerea de articole „Dezvoltarea durabilă a Regiunii de Dezvoltare Centru: factori de mediu și contribuții”, în care colaboratorii Institutului de Ecologie și Geografie au realizat studii tematice asupra componentelor mediului din perspectiva asigurării dezvoltării durabile a regiunii. De menționat efortul Institutului de Ecologie și Geografie în cercetarea hazardurilor de mediu și antropice care afectează dezvoltarea durabilă a regiunii, dar și de identificare a soluțiilor care vor impulsiona dezvoltarea regiunii și vor reduce impactul hazardurilor [30].

Printre puținele lucrări care vizează doar Regiunea de Sud este „Calitatea factorilor de mediu în contextul dezvoltării durabile a Regiunii de Dezvoltare Sud”. Autorii reflectă aspecte ale componentei fizico-geografice, de protecție a mediului, dar și contribuția ADR Sud la îmbunătățirea factorilor de mediu. Valoarea publicației crește grație implicației personalităților notorii în studierea detaliată a particularităților geomorfologice, calității și stării învelișului de sol, particularităților climei etc., dar și identificarea soluțiilor în cazul tuturor problemelor semnalate. Autorii atenționează asupra ritmului accelerat al schimbărilor climatice atestat în regiune și necesității implicării autorităților în gestionarea acestei probleme [31].

Un alt studiu complex supra unei părți componente a regiunii de cercetare este prezentat în „Atlasul Unității Teritorial Administrative Găgăuzia”. Autorii realizează hărți detaliate ale structurii administrative, condițiilor fizico-geografice, populației, economiei, transportului, etc. Pe lângă cartografierea detaliată a elementelor menționate, și nu numai, atlasul include un șir de hărți etno-istorice deosebit de valoroase. La fel, este prezentat și un bogat material statistic colectat din diverse surse: Biroul Național de Statistică, Direcția generală a complexului agroindustrial, ecologie și gospodărie silvică al Unității Teritorial Administrative Găgăuzia, Agenția Teritorială Ecologică din Găgăuzia, Direcția generală de dezvoltare economică a Unității Teritorial Administrative Găgăuzia etc. [32]. De menționat unele contradicții semnalate în prezentarea datelor de către autoritățile locale ale Unității Teritorial Administrative Găgăuzia și cele centrale (BNS, ARFC etc.).

O altă monografie care reflectă întreg teritoriul Regiunii de Sud este „Probleme și oportunități în dezvoltarea Regiunii de Sud în contextul integrării europene (studiu de geografie umană a Republicii Moldova)”. Autoarea prezintă o analiză detaliată atât a cadrului natural al regiunii, cât și a populației și ramurilor economice. Deosebit de important este materialul statistic și cartografic numeros, care reflectă toate domeniile analizate în lucrare. La fel, în lucrare sunt realizate analize SWOT a tuturor ramurilor economiei, pornind de la dezideratul problemelor cu care se confruntă și perspectivele de dezvoltare care se conturează în contextul integrării europene [33].

Concluzie

Cele mai multe cercetări realizate reflectă componente separate ale mediului, fără a evalua potențialul fizico-geografic și economico-geografic în ansamblu.

Majoritatea lucrărilor vizează întreg teritoriul Republicii Moldova, fără a fi abordate problemele cu caracter regional.

Sunt insuficiente cercetările care urmăresc tendințele regionale de dezvoltare și în contextul problemelor actuale cu care se confruntă în mod special regiunea de cercetare: a schimbărilor climatice, de sporire a salinității apelor, de creștere a incidenței ploilor torențiale, creștere a gradului de fragmentare a terenurilor, a alunecărilor de teren, etc.

Pentru dezvoltarea durabilă a Regiunii de Sud, la fel ca și a celorlalte regiuni de dezvoltare, sunt necesare cercetări continue ale tuturor aspectelor fizico-geografice, care ar putea oferi un tablou real al problemelor cu care se confruntă și ar identifica soluțiile științifice potrivite, pentru a face față incertitudinii și provocărilor de viitor.

Referințe:

1. *Legea privind dezvoltarea regională în Republica Moldova: nr. 438 în 2006*. [online]. [citată 03.10.2010]. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=26105&lang=ro
2. RÎMBU, N. *Geografia fizică a RSSM*, Chișinău: Știința, 1980, 100 p.
3. БОБОС, N. *Probleme de regionare fizico-geografică a teritoriului Republicii Moldova*. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*, 2009. nr.1 (307), ISBN 1857-064x. p. 161-169
4. БИЛИНКИС, Г. *Геодинамика крайнего юго-запада Восточно-Европейской платформы в эрохуморфогенеза*. Кишинев: Бизнес-элитта, 2004, 184 p.
5. *Harta Influența proceselor geologo-geomorfologice asupra formării reliefului*, Gh. SÎRODOEV, 2005.
6. БЕЖАН, Іu. *Utilizarea terenurilor în Republica Moldova*. Chișinău: Editura ASEM, 2010, 165 p.
7. *Агроклиматические ресурсы Молдавской ССР*, Гидрометеиздат, Ленинград, 1982, 198 p.
8. БОІАН, І. *Climatologia Republicii Moldova*. Chișinău: Biotehdesign, 2015. 237 p.
9. NEDEALCOV, M., RAILEANU, V., CHIRICĂ, L. *Resursele climatice ale Republicii Moldova*, Atlas, colectiv de autori, ș. a., Chișinău, Știința 2013, 76 p.
10. NEDEALCOV, M., ȚURCAN, V. *Variabilitatea spațială a umidității relative a aerului în perioada caldă a anului*. În: *Biodiversitatea în contextul schimbărilor climatice*, Eiția a III-a, 22 noiembrie 2019. Chișinău: Biodesing, 2019, 173-176 p. ISBN: 978-9975-108-85-0.
11. Nedealcov, M., Țurcan, V. *Particularitățile deficitului de apă climatic în anotimpul de vară*. În: *Materialele Conferinței Mediul și dezvoltarea durabilă*. Ediția V, 30-31 octombrie. 2020 Chișinău: Universitatea de Stat din Tiraspol (Chișinău), 2020, 96-99 p. ISBN 978-9975-76-315-8.
12. МИХАИЛЕСКУ, С., БОІАН, І. *Fenomene naturale de risc în Republica Moldova*. În: *Mediul Ambient*, 2005, nr. 5(23), pp. 3-10.
13. БОІАН, І. *Impactul secetelor din ultimii ani asupra sectorului agricol din RM*. În: *Științele vieții în dialogul generațiilor: conexiuni dintre mediul academic, universitar și de afaceri 2019*, ed. VI, Chișinău, 21-22 octombrie 2019, pag. 120-121.
14. URSU, A., *Solurile Moldovei*, Chișinău: Știința, 2011, 324 p. ISBN: 978-9975-67-647-2.
15. CERBARI, V., SCORPAN, V., ȚĂRANU, M., BACEAN, I. *Remedierea stării de calitate și capacității de producție a cernoziomurilor obișnuite din sudul Moldovei sub influența unor măsuri fitotehnice*. În: *Mediul ambient*, 2012, nr. 1(61), p. 38-43.
16. ANDRIEȘ, S., CERBARI, V., FILIPCIUC, V. *Calitatea solurilor în Moldova, probleme și soluții*. În: *Academicianul I. A. Krupenikov – 100 ani, Culegere de articole științifice*, 10 aprilie 2012. Chișinău: Institutul de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului „Nicolae DIMO” 2012, p. 52-58. ISBN 978-9975-66-231-4.
17. ANDRIEȘ, S., *Evoluția bilanțului materiei organice din solurile Moldovei și productivitatea plantelor de cultură*. În: *Solul și îngrășămintele în agricultura contemporană*, Chișinău: Institutul de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului „Nicolae DIMO” 6-7 septembrie 2017, p. 29-34. ISBN 978-9975-71-927-8.

18. CERBERI, V., SCORPAN, M., ȚĂRANU, M. *Modificarea însușirilor cernoziomurilor obișnuite din sudul Moldovei sub influența unor măsuri fitotehnice*. În: *Academicianul I. A. Krupenikov – 100 ani, Culegere de articole științifice*, 10 aprilie 2012. Chișinău: Institutul de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului „Nicolae DIMO” 2012, p. 68-76. ISBN 978-9975-66-231-4.
19. *Mediul geografic al R. Moldova. Resursele acvatice ale Republicii Moldova. Fântâni și izvoare. Atlas ecologic*. CAZAC, V., MIHAILESCU, C. ș.a. Vol. II. Chișinău: Știința, 2008, 207 p. ISBN 978-997-56-734-57.
20. *Sănătatea în relația cu mediul*, „Tipografia Sirius”, Responsabil de ediție V. PANEA, N. OPOPOL, I. BĂHNĂREL, I. ȘALARU, A. VOLNEANSCHII. Chișinău: Institutul de Geologie și Seismologie; Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Alexandru Testemițanu”; Centrului Științifico-Practic de Medicină Preventivă 2010, 116 p.
21. LOZAN, R. *Calitatea chimică a apei din râuri*. Chișinău: Știința, 2002, 56 p.
22. БЕВЗА, Г. *Водные ресурсы – национальное достояние*. Кишинев: Штиинца, 1983, 144 p.
23. *Mediul geografic al R. Moldova. Vol. I Resursele acvatice ale Republicii Moldova. Apele de suprafață*. CAZAC, V., MIHAILESCU, C. ș.a. Chișinău: Știința, 2007, 248 p. ISBN: 978-9975-67-710-3
24. РЫМБУ, Н. *Природные условия и ресурсы Молдавской ССР*. Кишинев: Штиинца, 1985, 127 p.
25. *Mediul geografic al R. Moldova. Vol. I. Resursele naturale*. Chișinău, Știința, 2006. ISBN 978-9975-67-169-9. CZU 913 (478):55 M 54.
26. *Republica Moldova Ediția a II*, Chișinău, „Bonus offices” SRL, 2010, p. 800. ISBN 978-9975-9520-4-0.
27. CUCIUREANU, Gh. *Subregiunea Economică centrală a Republicii Moldova. Studiu de Geografie umană*: tz. de doct. în geografie. Iași, 1999, 188 p.
28. BACAL, P., LOZOVANU, D., MATEI, C. *Regiunea de Dezvoltare Centru. Aspecte geografice, socio-economice și ecologice*. Chișinău: Dira-Ap, 2020, 156 p. ISBN 978-9975-3236-5-9.
29. BULIMAGA, C., BACAL, P., HACHI, M. *Studiul diagnostic al ecosistemelor urbane și rurale din Regiunea de Dezvoltare Nord a Republicii Moldova*. Chișinău: Impressium, 2020, 123 p. ISBN 978-9975-3482-3-2.
30. *Dezvoltarea durabilă a Regiunii de Dezvoltare Centru: Factori de mediu și contribuții*. Culegere de articole. Chișinău: Bonus Offices, 2014, 52 p. ISBN 978-9975-9642-9-6.
31. *Calitatea factorilor de mediu în contextul dezvoltării durabile a Regiunii de Dezvoltare Sud*. Culegere de articole. IEG. Cimișlia, 2017 88 p. ISBN: 978-9975-3039-9-6.
32. *Atlasul UTA Găgăuzia*. Chișinău: PROART, 2014, 72 p.
33. REVENCO A., *Probleme și oportunități în dezvoltarea Regiunii de Sud în contextul integrării europene (studiu de geografie umană a Republicii Moldova)*. Chișinău: Artpoligraf SRL, 2023, 268 p. ISBN: 978-9975-3648-0-5.

Notă: Articol elaborat în cadrul proiectului instituțional 010801 *Sporirea securității ecologice și rezilienței ecosistemelor la modificările actuale de mediu*

Date despre autor:

Adelina REVENCO, doctor în științe geonomice, conferențiar universitar, Facultatea de Biologie și Geoștiințe, Universitatea de Stat din Moldova, cercetător științific, Laboratorul de cercetare Impact Ecologic și Reglementări de Mediu, Institutul de Ecologie și Geografie.

E-mail: adelina.revenco@usm.md

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4446-3299>

Prezentat la 30.09.2024

DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK MODEL ARCHITECTURE FOR PERSONALIZED INSULIN DOSAGE CALCULATION IN TYPE I DIABETES

Ghenadie USIC, Aurelia PROFIR,
Moldova State University

Type I diabetes is a chronic autoimmune disease characterized by insulin hormone deficiency in the body, requiring patients to rely on external administration of this hormone for survival. Additionally, blood glucose monitoring and precise insulin dose calculation are essential aspects in managing this disease. The current research proposes an approach that uses machine learning techniques to optimize and personalize insulin dose calculations for patients with type I diabetes. The developed model is based on neural networks and has been trained using pharmacodynamic profiles and a simulated dataset. The research was conducted over a period of two months, focusing on adapting the algorithm to individual patient characteristics to improve blood glucose level management.

Keywords: *artificial neural network, machine learning, type 1 diabetes management, predictive model, glycemic control, insulin dosage, real-time analysis.*

DEZVOLTAREA UNEI ARHITECTURI DE MODEL BAZAT PE REȚELE NEURONALE PENTRU CALCULUL PERSONALIZAT AL DOZELOR DE INSULINĂ ÎN DIABETUL ZAHARAT DE TIP I

Diabetul zaharat de tip I este o boală cronică autoimună, caracterizată prin deficiența hormonului insulină în organism, astfel că pacienții au nevoie de administrare externă a acestui hormon pentru a supraviețui. Totodată, monitorizarea nivelului glicemiei și calcularea precisă a dozelor de insulină sunt aspecte esențiale în gestionarea acestei boli. Cercetarea actuală propune o abordare, care folosește tehnici de învățare automatizată pentru a optimiza și personaliza calculul dozelor de insulină la pacienți cu diabet zaharat tip I. Modelul elaborat se bazează pe rețele neuronale și a fost instruit utilizând profilurile farmacodinamice și un set de date simulate. Cercetarea s-a desfășurat pe o perioadă de două luni, urmărind adaptarea algoritmului la caracteristicile individuale ale pacienților pentru îmbunătățirea gestionării nivelului glicemiei.

Cuvinte-cheie: *rețea neuronală artificială, învățare automată, management diabet tip 1, model predictiv, control glicemic, dozare insulină, analiză timp-real.*

Introduction

Management of diabetes type I requires individuals to follow a strict daily regimen involving careful monitoring of multiple factors such as dietary intake, physical activity, and medication administration to achieve optimal blood sugar control. Recent studies have emphasized the importance of rigorous glucose level management in preventing or reducing the progression of diabetes-associated complications [1].

Accurate determination of insulin doses is a detailed and complex process. Previous studies have identified several essential factors that must be considered in this complex evaluation: blood sugar levels before main daily meals, carbohydrate intake estimation, individual insulin sensitivity, and the insulin-to-carbohydrate ratio [2]. These elements generate an intricate decision matrix that patients must manage multiple times throughout the day.

Clinical studies highlight significant problems encountered in the manual calculation of insulin doses by patients with Type I diabetes. One study found that approximately 63% of patients with Type I diabetes made errors in calculating their manually determined insulin doses [4]. Subsequent research has shown that the introduction of automatic insulin dose calculators has led to a significant decrease in both hypoglycemic

and hyperglycemic episodes [5]. Additionally, patient satisfaction studies have shown that people clearly prefer automated calculation methods over traditional manual approaches [6].

Unfortunately, current insulin dose calculation systems rely primarily on generic mathematical models that are not personalized to individual patient characteristics. While limited research has been conducted regarding the development of automatic insulin dose calculators [5, 7], there remains a significant gap in personalized approaches.

This research attempts to overcome this limitation by proposing a model that calculates insulin doses using advanced machine learning techniques, specifically artificial neural networks. The main goal is to develop a personalized insulin dose calculator that adjusts to individual patient characteristics, thereby improving glycemic control.

Methods and materials

The standard formulas of calculating insulin dosages

According to DAFNE, the insulin in patients with T1D is administrated, as follows [5]: „Most people need approximately 0.5 to 0.8 units of insulin per kilogram (Kg) of body weight each day. Roughly, half of this daily dose is taken as long acting (background insulin) and this is usually divided into two injections. The remainder of the total daily dose is taken at meal times, matched to carbohydrate. This needs use of quick acting (QA) insulin.”

Calculations of insulin doses for meals are dependent on the insulin-carbs ratio, it shows how much QA insulin is needed to cover one Carbohydrate Portion (1 CP = 10g). According to DAFNE, „1 CP is covered by 1 – 3 units of QA at breakfast and 1 – 2 units of QA insulin at other meals”. The QA bolus for meals is typically calculated from:

$$QA\ bolus = Correction + Carbs\ coverage$$

The correction dosage specifies the amount of insulin to correct a blood glucose level above the patient’s target range, it depends on each patient’s insulin sensitivity factor (ISF), it can be found out by a special medical test. The correction dosage is calculated as following:

$$Correction = (C_{BG} - T_{BG}) / ISF$$

Where C_{BG} is current blood glucose amount and T_{BG} is the target blood glucose amount after the meal intake.

Adjustment of the standard formulas

Several studies, specifically, the methods of Scheiner [8] and Pettus and Edelman [9] have proposed to correct the insulin amount computed in (1) as:

$$B = (CHO / CR) + ((G_c + f(\cdot)) - G_T) / CF - IOB$$

Where:

1. B [U] is the recommended dose of insulin
2. CHO [g] is the estimated amount of carbohydrate intake
3. CR is the insulin-to-carbohydrate ratio [g/U]
4. CF is the correction factor [mg/dL/U]
5. G_c [mg/dL] is the measured BG level
6. G_T [mg/dL] is the target BG concentration
7. $f(\cdot)$ is a deterministic function, with a -100 mg/dL to 100 mg/dL range
8. IOB [U] is the insulin-on-board, i.e. an estimate of the amount of insulin previously injected in the body not assimilated by the organism yet

Personalizing bolus insulin calculations using ANNs

In this study a model of 2 ANNs modules is proposed to personalize IOB and $f(\cdot)$ values, the general outline is shown in Fig. 1.

Fig. 1. Outline of the IOB and Optimal Bolus Insulin ANNs Structure of the Insulin-on-board (IOB) Neural Network.



The Insulin-on-board (IOB) NN structure has been adopted from [5] and follows a feed-forward multi-perceptron neural network architecture that consists of:

- An input layer of 1 neuron, which represent last QA insulin injection time.
- A hidden layer of 8 neurons each with hyperbolic tangent activation functions:

$$\tanh = (e^{2x} - 1) / (e^{2x} + 1)$$

- An output layer of one neuron which uses a sigmoid activation function:

$$S(x) = 1 / (1 + e^{-x})$$

The network output result represents the amount of free IOB.

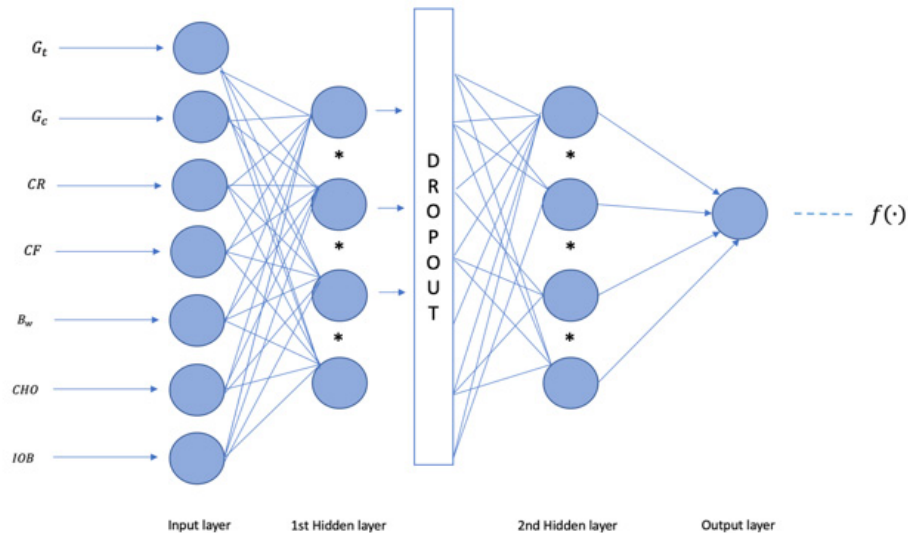
Created ANN was pre-trained using pharmacodynamics profiles adapted from [10]. The Levenberg-Marquardt algorithm [11] that combines the benefits of both the gradient descent algorithm and the Gauss-Newton method was used to train the ANN. The profile data was distributed as following: training data (70%), validation (15%), test (15%).

Structure of the Optimal Bolus Insulin Neural Network

The Optimal Bolus Insulin neural network structure, presented in Fig. 2, has been adopted from [12] and follows a feed-forward fully-connected neural network architecture. It consists of two hidden layers with 200 neurons each and one dropout layer between each hidden layer to prevent overfitting and improve generalization efficiency.

The NN inputs are 7 characteristics: IOB, generated by the Insulin-on-board NN, patient's pre-status G_c , patient's therapy parameters: CR , CF , and G_7 , body weight B_w and the carbohydrates intake CHO .

Fig. 2. Structure of the proposed neural network



The optimal insulin bolus amount $f(\cdot)$ calculation methodology has been taken from [13] and obtained by first symmetrizing the glucose scale as:

$$f(BG) = 1.509[\log(BG)^{1.084} - 5.381]$$

Where BG is the blood glucose measurement and then calculating it's value as:

$$f(\cdot) = \sum_{k=1}^N f(BG_k)^2$$

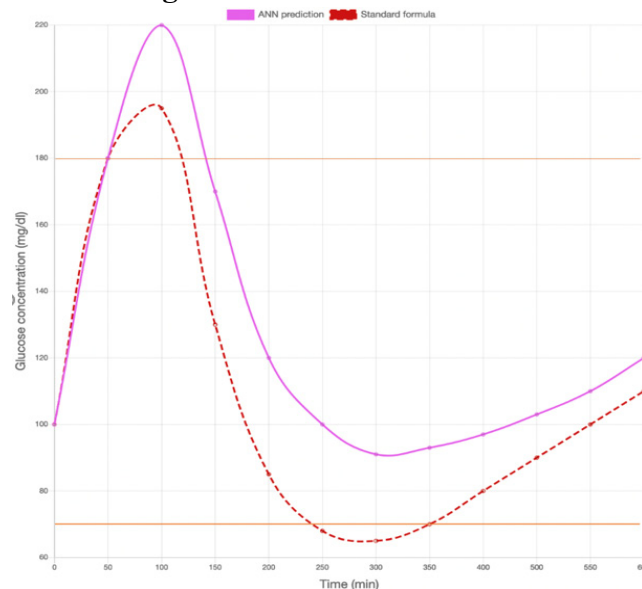
The virtual dataset for the NN consisted of 200 virtual items generated using the UVa/Padova T1D Simulator [13]. Training was performed through the RMSprop training algorithm. The profile data was distributed as following: training data (70%), validation (15%), test (15%).

Obtained results and discussions

Fig. 3 shows blood glucose concentrations obtained using standard formula calculations and those predicted by the ANN module for a patient with $G_c = 100$ mg/dL and a meal intake CHO of 70 g.

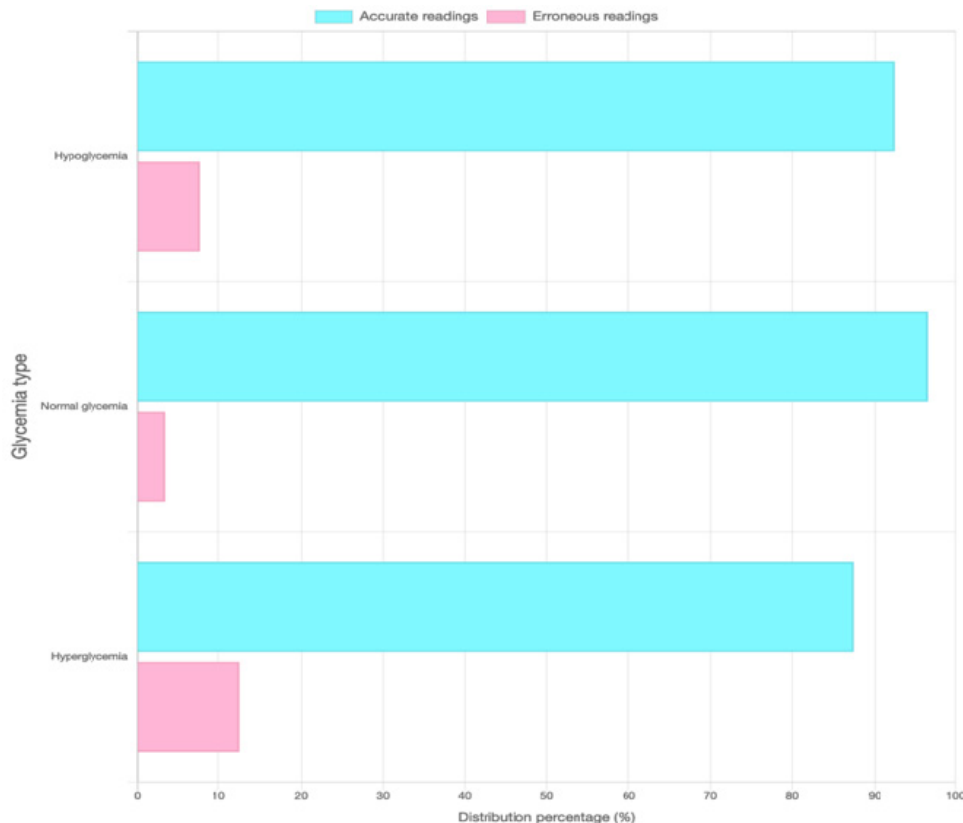
The obtained prediction results are pretty close to the standard formula calculations, besides that ANN predictions helped to avoid hypoglycemia, keeping blood glucose level higher than 70 mg/dL.

Fig. 3. Example of ANN predictions vs Standard formula calculations for a patient with $G_c = 100$ mg/dL and a meal intake CHO of 70 g.



The error distribution grid is presented in Fig. 4.

Fig. 4. Continuous error distribution by glycemia types.



Conclusions

This study represents an attempt to use machine learning techniques to personalize and optimize the insulin dosage calculations for patients with T1D. In particularity a model of two ANNs to predict optimal bolus insulin dosages using patient's pre-prandial data, therapy parameters and physical characteristics has been presented. Created ANNs were trained using pharmacodynamics profiles and a virtual dataset. The study lasted for 2 months. Obtained results have shown that the use of the proposed modeling technique can help to decrease risks of hypoglycemia and to possibly reduce insulin administration excesses. The created ANN is planned to be tested using simulator of Vettoretti et al. [14], besides that, to get better results, this study requires bigger training datasets and a longer period of trial testing.

References:

1. INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION, International Diabetes Federation, *IDF Diabetes Atlas*, 9th Edition, 2019, p. 111, ISBN: 978-2-930229-87-4.
2. C. G. PARKIN and J. A. DAVIDSON, *Value of Self-Monitoring Blood Glucose Pattern Analysis in Improving Diabetes Outcomes*, *J. Diabetes Science and Technology*, vol. 3(3), 2009, p. 500-508.
3. J. D. SORKIN, D. C. MULLER, J. L. FLEG and R. ANDRES, „*The Relation of Fasting and 2-h Post Challenge Plasma Glucose Concentrations to Mortality: Data from the Baltimore Longitudinal Study of Aging with a Critical Review of the Literature*,” *J. Diabetes Care*, vol. 28(11), 2005, p. 2626-2632.
4. A. SUSSMAN, E. J. TAYLOR, M. PATEL, J. WARD, S. ALVA, A. LAWRENCE et al., *Performance of a Glucose Meter with a Built-in Automated Bolus Calculator versus Manual Bolus Calculation in Insulin - Using Subjects*, *J. Diabetes Science and Technology*, vol. 6(2), 2012, p. 339-344.
5. AL-TAEE, M. A., AL-NUAIMY, W., MUHSIN, Z. J. et al., *Smart Bolus Estimation Taking into Account the Amount of Insulin on Board*, IEEE International Conference on Computer and Information Technology, 2015, p. 1051-1056.

6. T. M. GROSS, D. KAYNE, A. KING, C. ROTHER, S. JUTH, *A Bolus Calculator is an Effective Means of Controlling Postprandial Glycemia in Patients on Insulin Pump Therapy*, *J. Diabetes Technology and Therapeutics*, vol. 5(3), 2003, p. 365-369.
7. TILMAN UTZ, MATTHIAS BRAUN, KNUT GRAICHEN, GUIDO FRECKMANN, *Model of the glucose-insulin system of type-1 diabetics and optimization-based bolus calculation*, UKACC International Conference on Control, 2014, p. 579-584.
8. G. SCHEINER, *Practical CGM: improving patient outcomes through continuous glucose monitoring*, American Diabetes Association, 2015. ISBN: 1580406033.
9. J. PETTUS, S.V. EDELMAN, *Recommendations for using real-time continuous glucose monitoring (rtCGM) data for insulin adjustments in type 1 diabetes*, *J. Diabetes Sci. Technol.*, vol. 11, 2017, p. 138-147.
10. P. D. HOME, *The Pharmacokinetics and Pharmacodynamics of Rapid-Acting Insulin Analogues and Their Clinical Consequences*, *J. Diabetes, Obesity and Metabolism*, vol. 14(9), 2012, pp. 780-788.
11. R. MATIGNON, *Neural Network Modeling Using SAS Enterprise Miner*, AuthorHouse, 2005. ISBN: 978-1418423414.
12. GIACOMO CAPPON et al., *Optimal Insulin Bolus Dosing in Type 1 Diabetes Management: Neural Network Approach Exploiting CGM Sensor Information*, 40th International Conference of IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2018, p. 340-343.
13. C. DALLA MAN et al., *The UVa/Padova type 1 diabetes simulator: new features*, *J. Diabetes Sci. Technol.*, vol. 8, 2014, p. 26-34.
14. M. VETTORETTI et al., *Type 1 diabetes patient decision simulator for in silico testing safety and effectiveness of insulin treatments*, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 2017, p. 1-11.

Date about authors:

Ghenadie USIC, PhD student, Moldova State University.

ORCID: 0009-0003-8423-0443

E-mail: ghenvl@gmail.com

Aurelia PROFIR, Moldova State University.

ORCID: 0009-0003-7535-8816

E-mail: aureliaprofir@yahoo.com

Presented on 30.09.2024

CZU: 551.583:[614.876:546.296]

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_21](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_21)

IMPACTUL FACTORILOR FIZICI INTERNI ȘI EXTERNI ASUPRA CONCENTRAȚIILOR DE RADON INTERIOR CA PROBLEMĂ ACTUALĂ A SISTEMULUI DE SĂNĂTATE ÎN CONDIȚIILE SCHIMBĂRILOR CLIMATICE REGIONALE

*Ala OVERCENCO, Liuba COREȚCHI,
Agenția Națională pentru Sănătate Publică*

Schimbările climatice pot intensifica migrația radonului în locuințe, ridicând riscul pentru sănătatea umană. Strategiile de eficiență energetică pot contribui la acumularea radonului în interior, în special în perioadele de iarnă și vară, când casele sunt închise pentru a menține echilibrul confortului termic. Studiile din diverse regiuni ale lumii arată, că factorii meteorologici influențează concentrația de radon în interior direct sau indirect. Colectarea datelor meteorologice simultan cu măsurătorile radonului interior, cu studiul relațiilor acestora, este esențială pentru înțelegerea acestor interacțiuni și dezvoltarea de strategii de sănătate publică privind prevenirea și adaptarea la clima viitoare. Pe baza experienței internaționale a fost elaborată metodologia de evaluare a influenței factorilor meteorologici asupra riscului de expunere la radon în aspect regional.

Cuvinte-cheie: radon interior, factori meteorologici, eficiență energetică, schimbarea climei.

THE IMPACT OF INTERNAL AND EXTERNAL PHYSICAL FACTORS ON INDOOR RADON CONCENTRATIONS AS A CURRENT PROBLEM OF THE HEALTH SYSTEM IN THE CONDITIONS OF REGIONAL CLIMATE CHANGE

Climate change may intensify radon migration into homes, increasing health risks. Energy efficiency strategies may contribute to indoor radon accumulation, especially during winter and summer when homes are sealed to maintain thermal comfort balance. Studies from various regions of the world show that meteorological factors influence indoor radon concentration directly or indirectly. Collecting meteorological data simultaneously with indoor radon measurements and studying their relations is essential for understanding these interactions and developing strategies for prevention and adaptation of public health system to future climate. Based on international experience, the methodology for evaluating the influence of meteorological factors on the risk of exposure to radon in a regional aspect was developed.

Keywords: indoor radon, meteorological factors, energy efficiency, climate change.

Introducere

Oamenii sunt expuși în principal la radon în casele lor și la locul de muncă. Radonul, fiind a doua cauză de cancer bronhopulmonar după fumat, reprezintă o amenințare serioasă pentru sănătatea populației [1]. Radonul (^{222}Rn) este un produs de descompunere a radiului (^{226}Ra), care este un membru al lanțului de descompunere a uraniului (^{238}U). Proprietățile fizice și chimice ale radonului, cum ar fi natura radioactivă a lui: incoloră, inodoră și fără gust, fac dificilă detectarea acestui gaz fără echipamente speciale [2]. International Atomic Energy Agency started technical projects in order to assist countries to establish and implement national radon action. As a consequence, in recent years, in numerous countries national radon surveys were conducted and action plans established, which were not performed before. In this paper, a qualitative overview of radon surveys performed in Europe is given with a special attention to the qualitative and conceptual description of surveys, representativeness and QA/QC (quality assurance/quality control). Radonul se numără printre principalii contributivi la radiațiile ionizante și a fost identificat ca un pericol pentru sănătatea omului. Este cea mai importantă sursă a dozei de radiație de fond (55%) primită de mediu [3]. WHO (100 Bq/m³ și se găsește în concentrații variabile de la locație la locație, și chiar de la sezon la sezon. În mediile interioare, radonul se poate acumula și atinge concentrații foarte dăunătoare din cauza produselor

de descompunere continuă a radonului. Gazul radon este a doua cauză de cancer bronhopulmonar (CBP) după fumat [1] și riscul apariției acestei maladii crește odată cu creșterea nivelului de radon în încăpere, când particulele radioactive ale gazului radon și descendenții săi ajung în plămâni, atașându-se de ei, provoacă leziuni ale ADN-ului tisular, ceea ce duce la dezvoltarea cancerului bronhopulmonar [4, 5].

În anul 2022, cancerul bronhopulmonar a fost cel mai frecvent cancer determinat la nivel mondial, cu 2,5 milioane de cazuri noi, reprezentând 12,4% din totalul cazurilor noi, și au existat aproximativ 1,8 milioane de decese prin cancer bronhopulmonar, reprezentând 18,7% din toate decesele cauzate de cancer la nivel global [6]. În anul 2022, CBP s-a clasat pe locul al doilea ca cel mai frecvent cancer din Republica Moldova, cu peste 852 de persoane bolnave în acest an, reprezentând astfel 8,4% din toate cancerelor nou diagnosticate atât la bărbați, cât și la femei [7]. Studiile epidemiologice anterioare au confirmat asocierea dintre radonul rezidențial și riscul de cancer bronhopulmonar, subliniind, că o creștere a concentrației de radon în interior cu 100 Bq/m^3 determină o creștere a riscului de cancer bronhopulmonar cu 16% [8, 9]. Pe de altă parte, unii autori au raportat, că cancerul bronhopulmonar legat de radon ar putea fi prevenit în 35-40% din cazuri dacă nivelul de radon din clădirile rezidențiale ar fi redus sub 100 Bq/m^3 [10]. Relația dintre expunerea la radon și boala pulmonară obstructivă cronică este confirmată prin creșterea ratei mortalității; hazard ratio la 100 Bq/m^3 (95% CI) 1,13 (1,05–1,21) [11].

Cele mai recente estimări ale impactului radonului asupra morbidității au adăugat la cancerul bronhopulmonar și bolile cardiovasculare. Astfel, savanții din SUA au descoperit, că la concentrații de radon mai mari de $0,15 \text{ Bq/m}^3$ există un risc mare de apariție a bolilor cardiovasculare (accident vascular cerebral, accident vascular cerebral ischemic (în special accident vascular cerebral cardioembolic, ocluzie a vaselor mici și leziuni aterosclerotice ale arterelor mari) – hazard ratio (95% CI) 1,06 (0,99–1,13) și 1,14 (1,05–1,22) [12].

În Europa, conform Directivei 2013/59/EURATOM, statele membre UE ar trebui să identifice clădirile (spații rezidențiale și de muncă), în care concentrația medie anuală de radon depășește nivelul de referință și să încurajeze o reducere a concentrațiilor de radon în aceste clădiri, precum și furnizarea de informații la nivel local și național cu privire la expunerea la radon și riscurile asociate pentru sănătate [13].

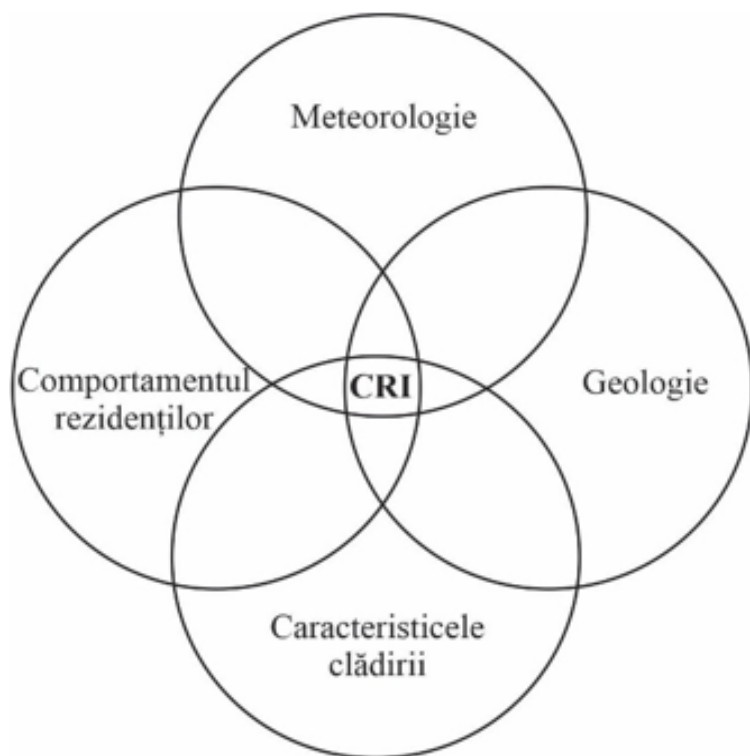
Boxa 1 (după Silva et al., 2022). Factori corelați cu concentrația de radon în interior.

Factori externi	Factori interni
Geologie și litologie	Tipul fundației
Regiune	Existența subsolului
Altitudine deasupra nivelului mării	Materiale de construcții și izolație termică
Amplasare pe un deal sau pantă	Nivel/etaj (distanța de la sol)
Diferența de presiune a aerului	Sisteme de ventilație
Temperatura exterioară	Sisteme de încălzire
Umiditatea atmosferică	Modernizare termică
Direcția vântului	Umiditatea relativă interioară

În condiții normale de mediu, precum cele care există la suprafața pământului, exhalarea radonului din sol are loc sub formă de gaz, prezentând în mediile exterioare concentrații scăzute de aproximativ 10 Bq/m^3 cu impact redus cunoscut asupra sănătății umane [14] outdoor concentrations exceed the national average indoor radon concentration. The general spatial patterns of outdoor radon and indoor radon are similar to the spatial distribution of radon progeny in the soil. Outdoor radon exposure in this region can be a substantial fraction of an individual's total radon exposure and is highly variable across the population. Estimated lifetime effective dose equivalents for the women participants in a radon-related lung cancer study varied by a factor of two at the median dose, 8 mSv, and ranged up to 60 mSv (6 rem). Cu toate acestea, acumularea de gaz radon în mediile interioare ale clădirilor de înaltă performanță energetică, adesea prost ventilate, reprezintă o problemă de sănătate publică cunoscută, raportată pe larg de Organizația Mondială a Sănătății (OMS) [1]. Cercetători din Portugalia au sintetizat rezultatele a numeroase studii privind influența diferitor

factori asupra concentrațiilor de radon rezidențial și au construit un model de diagnostic pentru evaluarea potențialului radonului în clădiri [15]. Pre-evaluation selection of the variables that play a leading role in influencing expected results must be insightfully assessed, by stimulating compatibility between Indoor Air Quality (IAQ). Cercetările efectuate au găsit o corelație între concentrația de radon în interior și mai mulți factori, care pot fi externi sau interni (Boxa 1) și ar avea influență liniară [16]. Factorii externi sunt legați de localizarea clădirii și de condițiile climatice: geologie și litologie, regiune, altitudine deasupra nivelului mării, amplasarea pe un deal sau în pantă, diferența de presiune a aerului, temperatura exterioară și umiditatea atmosferică totală. Factorii interni sunt alcătuiți din tipul fundației, existența unui subsol, materialele de construcție și eficiența energetică a clădirii, etajul (distanța de la sol), sistemul de ventilație, dispozitivele de încălzire și sistemele energetice, reabilitarea energetică anterioară și interior, umiditatea relativă (Figura 1).

Figura 1. Concentrația radonului interior (CRI) este influențată direct de geologia locală, comportamentul rezidenților, caracteristicile clădirii și meteorologie (după Rey et al., 2022).



Pe baza influenței stabilite a factorilor meteorologici asupra concentrațiilor de radon, schimbările climatice pot afecta și modificările radonului din interiorul clădirilor și, prin urmare, pot prezenta riscuri pentru sănătatea publică, extinzând astfel lista pericolelor asociate schimbărilor climatice [17].

Unul dintre aceste riscuri potențiale este eliberarea de cantități uriașe de gaz radon (^{222}Rn) din cauza topirii permafrostului în țările cu climă polară, cu creșterea temperaturilor aerului din exterior. Cantități enorme de uraniu sunt stocate în concentrații mari în subteran în toată Arctica. Gazul radon, ca unul din sursele radiațiilor ionizante naturale, este produs prin degradarea uraniului și a radiului și se găsește în majoritatea solurilor și rocilor. În mod normal, radonul se găsește în sol sub straturile de pământ și zăpadă deasupra lui. Cu toate acestea, pe măsură ce permafrostul se topește într-un climat în schimbare, acest gaz se scurge din pământ și pătrunde în clădiri, provocând expunere pe termen lung în absența remedierii de radon [18].

Dar există și un risc neevident (actual pentru toată lumea, inclusiv Republica Moldova) – creșterea potențială a concentrației radonului interior, cauzată de etanșarea caselor pentru eficacitatea energiei în sezoane cu temperaturi foarte înalte și foarte joase, și cu ventilație scăzută [19, 20]. În țările cu venituri mari clădirile prezintă o mare parte a consumului de energie și a emisiilor de gaze cu efect de seră. Oamenii din țările dezvoltate petrec de obicei peste 90% din timp în interior. În plus, persoanele vulnerabile din Europa (bătrâni, copii mici și persoane cu sănătate compromisă) pot petrece în proporție și mai mare (până la 100% din timp) acasă [21]. Prin urmare, politicile de atenuare și adaptare la schimbările climatice în sectorul intern pot juca un rol cheie în atingerea obiectivului de eficacitate energetică [22]. La rândul său, ținând cont de proiecțiile climatice, temperatura și umiditatea aerului din exterior se vor schimba [17, 23], ceea ce ar putea duce cel mai probabil și la schimbarea influenței radonului asupra sănătății populației prin influența indirectă.

Radonul pătrunde în clădiri prin sol permeabil la gaze, iar de acolo în subsoluri, tavane și pivnițe prin fisuri, găuri, instalații sanitare și rezervoare de decantare din clădiri [24]. Această migrare a radonului este facilitată de diferența de presiune a aerului dintre subsol și solul din jur, având ca rezultat intrarea radonului

în clădire. Prezența radonului poate fi detectată doar prin testarea acestuia, deoarece ^{222}Rn este invizibil, inodor și fără gust. Concentrațiile de radon variază de la sezon la sezon, de la o zi la alta și chiar de la oră la oră, ceea ce face necesară efectuarea de măsurători regulate pe o perioadă mai mult de trei luni pentru a estima concentrațiile medii anuale. OMS propune o limită de 100 Bq/m^3 pentru a minimiza pericolele pentru sănătate cauzate de expunerea la radon în interior, dar pentru acele țări cărora le este greu să mențină nivelurile sub acest nivel, se propune o limită de compromis de 300 Bq/m^3 (nivel național de referință pentru radon în Republica Moldova) [25, 26].

În baza celor menționate mai sus și, luând în considerare că estimările globale și regionale confirmă schimbările climatice iminente în regiunea de Est a Europei [27], în Republica Moldova mortalitatea prin cancer bronhopulmonar este a doua cauză de deces prin tumori maligne [28], iar radonul rezidențial prezintă un factor de risc sporit pentru sănătatea populației [29], scopul acestui articol este de a studia și sintetiza experiența internațională în elaborarea și utilizarea metodelor de estimare a impactului parametrilor meteorologici asupra concentrației radonului interior în condiții schimbărilor climatice regionale, ca potențial risc în declanșarea cancerului bronhopulmonar, în vederea elaborării unor abordări adecvate pentru studierea acestui fenomen în Republica Moldova, servind ca bază pentru luarea deciziilor în dezvoltarea măsurilor preventive de sănătate publică și reducerea incidenței cancerului bronhopulmonar în rândul populației în condiții climatice noi.

Material și metode

Studiul experienței internaționale privind impactul factorilor fizici interni și externi asupra concentrațiilor de radon rezidențial în condițiile schimbărilor climatice a fost efectuat utilizând rezultatele științifice a circa 60 de publicații din ultimii 10 ani, pe platforme cunoscute de specialitate – Web of Science (WoS), China National Knowledge Infrastructure (CNKI), Google Scholar (GS), ResearchGate, Pubmed, Bio-MedCentral, RSCI, OMS, AIEA etc. Selectarea literaturii de specialitate, folosind cuvintele-cheie în limba engleză „radon”, „meteorological factors”, „climate change”, „human health” a relevat un număr limitat de publicații științifice, care descriu metodologia și rezultatele evaluării impactului schimbărilor climatice asupra concentrațiilor de radon și indirect asupra sănătății umane. În baza materialului studiat au fost sintetizate abordările actuale ale dezvoltării și implementării metodelor de cercetare pentru elucidarea impactului acestui fenomen în Elveția, Marea Britanie, alte țări europene și asiatice. Toate publicațiile relevante temei de cercetare au fost păstrate în baza specifică de surse bibliografice *Mendeley Elsevier Ltd.* pentru analiza ulterioară. Au fost utilizate metode descriptive, analitice și de sinteză pentru a dezvolta o metodologie regională de cercetare în cadrul capacităților existente.

Rezultate și discuții

Baza de dovezi acumulată de comunitatea științifică până în prezent cu privire la impactul schimbărilor globale și regionale asupra diverselor sisteme și utilizarea unor modele mai cuprinzătoare de proiecții climatice, permite de a identifica riscurile mediate noi pentru sănătatea publică ca provocări noi pentru societate. Analiza publicațiilor științifice selectate a făcut posibilă sistematizarea principalelor direcții ale cercetării contemporane în acest domeniu – (1) emisii masive de radon din cauza topirii (dezghețării) permafrostului în condițiile climatului de încălzire, (2) etanșeitatea caselor/clădirilor pentru creșterea eficienței energetice pentru atenuarea schimbărilor climatice, precum și (3) dependența fluctuațiilor concentrației de radon în spațiile rezidențiale de factorii fizici interni și externi (factori meteorologici).

Topirea permafrostului și radonul

Riscul potențial de expunere la radon în regiunile polare din emisfera nordică crește din cauza impactului degradării permafrostului asupra concentrației/migrației radonului în aceste regiuni indusă de încălzirea climei [30] radon has been considered as the second leading cause of lung cancer after smoking. The potential risk of radon exposure in cold regions of Northern Hemisphere is increasing due to climate-induced permafrost degradation. In this paper, we took permafrost regions in the Northern Hemisphere as our study area. We performed an extensive literature review on the Web of Science (WoS). Dacă temperaturile arctice

continuă să crească în ritmul actual, se estimează că zona de permafrost s-ar reduce în cele din urmă cu peste 40% la sfârșitul secolului [31]. Profesorul Paul Glover de la Universitatea din Leeds și coaut. [18] sugerează că permafrostul acționează istoric ca o barieră de protecție, împiedicând radonul să ajungă la suprafață și să intre în clădiri. Ei arată, că în clădirile cu subsoluri, prezența gazului radon poate crește până la peste 100 de ori valoarea sa inițială timp de până la șapte ani, în funcție de adâncimea permafrostului și de cât de repede se dezgheață el. Acest lucru demonstrează importanța nu numai de a menține intact stratul de permafrost prin limitarea încălzirii globale la o anumită valoare, dar are și implicații semnificative pentru asigurarea sănătății, ajustarea codurilor de construcție și sfaturile privind ventilația. În cazul unui dezgheț de permafrost de 40% emisiile de radon pot crește nivelurile de radioactivitate la peste 200 Bq/m³ pentru mai mult de patru ani în casele cu subsoluri la sau sub nivelul solului (Boxa 2). Topirea permafrostului cauzată de schimbările climatice va crește nivelul de radon din atmosferă, cu consecințe grave pentru sănătatea oamenilor și a animalelor din regiune. Aproximativ 3,3 milioane de oameni trăiesc pe permafrost, care s-ar putea topi complet până în a. 2050. O mare parte de populație din această regiune trăiește în zone predispuse la radon (Canada, Alaska, Groenlanda și Rusia), așa că atunci, când cantități mari de radon vor fi eliberate la dezghețarea permafrostului, acești oameni vor fi expuși unui risc crescut pentru efectele radonului asupra sănătății [32].

Boxa 2. (după Glover et al., 2022). Topirea permafrostului și radonul.

•	Permafrostul acționează ca o barieră de radon, reducând radiația la o zecime din nivelul de fundal și crescând-o în spatele barierei.
•	Dezghețarea instantaneeă dă penaje >200 Bq/m ³ timp de peste 5 ani în clădirile cu subsol, dar fără creștere în clădirile susținute pe piloni.
•	Penaje de radiații de peste 200 Bq/m ³ timp de până la 4 ani apar și atunci, când se modelează o dezghețare mai lentă, care are ca rezultat dezghețare de 40% în mai puțin de 15 ani.

Case „sigilate” pentru eficiența energetică și radon în condițiile schimbărilor climatice.

Eficiența energetică este o condiție importantă pentru tranziția societății către o dezvoltare durabilă din punct de vedere al mediului. Eficiența energetică este una dintre direcțiile politicilor globale și regionale de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră, ca principală cauză a schimbărilor climatice, iar asigurarea, că casele sunt bine izolate și etanșate la aer, este o parte esențială a acestui lucru [33]. Eficiența energetică se face pentru a se asigura, că cantitatea minimă de energie este utilizată pentru încălzirea sau răcirea caselor, menținând în același timp confortul rezidenților. Introducerea tehnologiilor moderne, care reduc pierderile de căldură, este însoțită de o scădere a ratei de schimb a aerului, ceea ce duce la o deteriorare a calității aerului din interior, în special la acumularea radonului [34, 35]. Radonul, care este omniprezent în aer și adesea concentrat în interiorul clădirilor, poate deveni mai concentrat în clădiri mai bine etanșate [20]. Majoritatea clădirilor moderne din latitudinile moderate și nordice ale țărilor dezvoltate sunt relativ etanșate, și, odată cu schimbările de îmbunătățire a eficienței energetice, este probabil să devină din ce în ce mai multe. Cu toate acestea, dacă nu sunt proiectate cu atenție, aceste intenții spre clădiri mai eficiente energetic ar putea fi în detrimentul calității aerului din interior, inclusiv concentrații mărite de radon [22]. Rezultatele unui studiu de modelare a efectelor ale intervențiilor de eficiență energetică la domiciliu în Anglia au arătat, că au fost confirmate modificările ale anilor de viață ajustați la calitate (QALY) pe parcursul a 50 de ani la bolile cardio-respiratorii, cancer bronhopulmonar, astm și tulburări mentale din cauza modificărilor poluanților din aerul din interior, inclusiv fumatul pasiv de tutun, PM_{2,5} din surse interioare și exterioare, radon, mucegaiul și temperaturile interioare de iarnă [36]. Literatura internațională oferă exemple de creștere a activității volumetrică a radonului de mai multe ori după reconstrucția unei clădiri; activitatea volumetrică medie a radonului în clădirile modernizate a crescut cu 22–120%. În Republica Cehă a fost efectuată o comparație a rezultatelor măsurătorilor activității volumetrică (AV) a radonului în anumite clădiri înainte și după reconstrucție cu eficiență energetică crescută [37]. Ținând cont de potențialul mare de radon genic al majorității teritoriului acestei țări, se acordă o atenție considerabilă problemei protejării

populației de radon și se efectuează un număr mare de măsurători. În clădirile reconstruite din punct de vedere al eficienței energetice s-au efectuat măsurători repetate la intervale de aproximativ 20 de ani și s-a depistat o creștere semnificativă a activității volumetrică a radonului (creștere de 2-5 ori). De asemenea, s-a observat o creștere a activității volumetrică a radonului în casele reconstruite din Franța, Elveția și Germania [34]. La rândul său, creșterea cerințelor față de economisirea energiei în clădirile noi construite este una dintre principalele prevederi ale strategiilor de eficiență energetică din diferite țări. Uniunea Europeană a adoptat Directiva privind performanța energetică a clădirilor UE/2010/31, care se obligă până în a. 2050 trecerea la construcția clădirilor cu energie zero (*near zero energy buildings*) în țările europene [38]. În literatura științifică și tehnică internațională există mai puține publicații ale rezultatelor studierii acumulării de radon în casele noi proiectate și construite ținând cont de cerințele de economisire a energiei, decât în clădirile reconstruite. Activitatea volumetrică medie a radonului în toate clădirile noi eficiente din punct de vedere energetic, care nu sunt echipate cu ventilație mecanică, este mai mare decât în clădirile cu o clasă de eficiență energetică redusă din diferite țări [34]. În România, într-o regiune cu potențial geogenic ridicat de radon, măsurătorile au fost efectuate în casele cu un singur etaj, construite conform cerințelor de eficiență energetică în vigoare din anul 2000. S-a constatat, că în clădirile noi concentrația de radon este cu 27% mai mare decât în casele tradiționale [39].

Astfel, în casele noi construite cu respectarea cerințelor de economisire a energiei, în absența alimentării mecanice și a ventilației prin evacuare, se constată o creștere semnificativă a activității volumetrică a radonului față de casele cu o clasă de eficiență energetică scăzută și cu permeabilitate ridicată a anvelopei clădirii (Boxa 3). Fără îndoială, sunt necesare clădiri mai bine sigilate, eficiente din punct de vedere energetic, ca strategie de atenuare a schimbărilor climatice, dar trebuie să existe o mai mare conștientizare a problemei potențiale a creșterii concentrațiilor de radon, astfel încât clădirile să fie, de asemenea, proiectate și construite pentru a aborda această problemă.

Boxa 3. (după Yarmoshenko et al., 2021). Radon în case „sigilate”.

•	În case reconstruite activitatea volumetrică (AV) a radonului a crescut cu 22-120%.
•	În case noi construite concentrația radonului depinde de respectarea cerințelor de construcție privind sistemele de ventilație:
	<ul style="list-style-type: none"> - fără ventilația mecanică AV a radonului crește semnificativ în comparație cu casele de clasa de eficiența energetică scăzută și cu permeabilitatea mare a anvelopei clădirii; - utilizarea tehnologiilor de construcție eficiente din punct de vedere energetic a dus la o creștere de 3 ori a AV a radonului în aerul spațiilor rezidențiale din clădirile noi cu mai multe etaje (scăderea calității schimbului de aer într-un mod de funcționare pasiv necontrolat); - utilizarea ventilației mecanice de alimentare și evacuare în casele unifamiliale noi reduce AV a radonului

Dependența radonului rezidențial de factorii meteorologici

Un anumit număr de studii privind efectele factorilor externi și interni asupra variabilității concentrațiilor de radon au fost efectuate fie experimental, fie studii de caz la nivel local, pe o perioadă limitată de timp. Conexiunile stabilite prin diverse metode (atât de măsurare, cât și de analiză) confirmă această influență, determinând specialiști din diferite domenii ale științei (geologie, meteorologie, radiologie, sănătate publică, construcții) să evalueze în complex acești factori pentru a reduce riscurile pentru sănătatea umană.

Studiul din Elveția asupra influenței diferitor parametri meteorologici asupra nivelurilor de radon din interior a fost efectuat pe termen scurt, folosind metodologia statistică, cum ar fi corelații, autocorelații, cross-corelații și regresii liniare multiple între parametrii meteorologici și nivelurile de radon din interior [40]. S-a demonstrat influența puternică a condițiilor meteo asupra nivelului interior de radon în spațiile ocupate, dar mai ales neocupate. Temperatura aerului exterior, urmată de presiunea atmosferică, au fost identificați ca fiind cei mai semnificativi parametri care influențează nivelurile de radon din interior. În plus, condițiile meteorologice, monitorizate cu cinci zile înainte de începerea măsurătorilor radonului, ar putea

afecta nivelurile de radon. Concluzia reiese, că este de o importanță mare să se țină cont de aceste condiții meteorologice atunci, când se analizează rezultatele măsurătorilor pe termen scurt și, mai concret, să se ia în considerare evoluția condițiilor meteorologice cu cinci zile înainte de măsurarea radonului. La rândul său, pe baza măsurătorilor radonului pe termen lung, continuu și conform orarelor, distribuțiile radonului clasificate în funcție de diferite definiții ale evenimentelor meteorologice au fost investigate și apoi comparate de la trei locuri diferite de studiu din Elveția de Vest [41]. Temperatura exterioară influențează cel mai mult radonul din interior și este anti-corelată la nivel general. Vântul influențează radonul din interior, dar depinde foarte mult de intensitatea, direcția lui și de caracteristicile clădirii. Precipitațiile influențează periodic nivelurile de radon din interior în dependență de intensitatea acestora. Presiunea atmosferică și umiditatea relativă nu par a fi factori determinanți majori asupra concentrației de radon în interior.

Parametrii meteorologici sunt factori importanți, care pot afecta schimbările sezoniere ale concentrațiilor de radon în mediile interioare [42]. În climatele nordice și temperate, concentrațiile de radon au fost raportate a fi cele mai mari în timpul iernii și cele mai scăzute în timpul verii, determinând astfel o sezonalitate a concentrației de radon, pentru care se calculează un factor de ajustare sezonieră a radonului rezidențial pentru o anumită regiune [16, 43–50] humidity, pressure, precipitation, indoor dew point, wind direction, wind speed and heat index. Cauzele pentru concentrația ridicată de radon în timpul sezonului rece sunt, că ferestrele sunt adesea închise și sigilate pentru a minimiza pierderile de căldură în timpul încălzirii, și nivelurile ridicate de gaz radon sunt generate în mediul interior, deoarece presiunea este mai mică decât cea din exterior. De asemenea, concentrația de radon în interior este mărită iarna, când se folosesc, în principal, dispozitivele de încălzire. Se crede, că cu cât radonul este etanșat mai mult în mediul interior, cu atât este mai dificil să se dilueze cu aerul curat (aer în atmosferă), afectând astfel concentrația de radon.

Rezultatele măsurătorilor în funcție de sezon ale concentrației de radon și ale ratelor de ventilație în blocurile înalte de apartamente din România relevă influența ventilației asupra nivelului interior de radon în diferite anotimpuri [51]. S-a stabilit, că concentrațiile de radon în interior au variat între 70 și 168 Bq/m³ iarna și 17-30 Bq/m³ vara, fiind mai mari decât concentrațiile respective în exterior de 2-5 ori iarna și de 1-4 ori vara. Ratele de ventilație au variat în funcție de sezon și au fost influențate de condițiile meteorologice la momentul măsurătorilor. Constatările indică faptul că nivelurile de concentrație de radon în interior depind de ratele de ventilație ale unității, dar și de materialele de construcție, viteza vântului în jurul clădirii, ora din zi (mai mare în jurul amiezii) și sezonul anului (mai mare în sezonul rece, când rata de ventilație este mai mare). În Grecia, estimarea concentrațiilor de radon în interior și variația sezonieră a acestuia a fost efectuată în 25 de locuințe din Atena, timp de trei sezoane (primăvară, vară, iarnă), a câte trei luni fiecare [45]. Folosind detectoarele CR-39, rezultatele au evidențiat o variație sezonieră a radonului după modelul: o concentrație mai mare iarna (137,5 Bq/m³) decât vara (96,10 Bq/m³).

În București, România, au fost studiate influențele aerosolilor urbane și ale radonului ²²²Rn împreună cu variabilitatea parametrilor climatici la scară locală și regională în relație cu incidența și mortalitatea pandemiei de COVID-19 [52]. O analiză spațio-temporală a PM10 și PM2,5 zilnice în relație cu concentrațiile zilnice de radon și parametrii meteorologici a evidențiat rolul condițiilor de stagnare anticiclonică sinoptică în timpul fiecărui val COVID-19 pentru răspândirea virusului SARS-CoV-2. Aceste rezultate contribuie la o mai bună înțelegere a factorilor de decizie locali și a epidemiologilor privind luarea în considerare a caracteristicilor specifice ale diferitelor sectoare urbane pentru îmbunătățirea calității aerului.

Efectul temperaturii aerului asupra fluxului de radon subteran a fost confirmat experimental, folosind un sistem special de laborator climatic controlat, care a putut izola efectul modificărilor temperaturii ambientale asupra transportului subteran de radon [53]. În general, modificările concentrației de radon în condițiile experimentale s-au ridicat până la 30%. Modificările coeficientului de difuzie moleculară în intervalul experimental de temperatură au fost de ~7%, difuzia termică fiind un posibil mecanism suplimentar, care facilitează transportul radonului determinat de temperatură. S-a stabilit, că schimbările ciclice ale temperaturii mediului în experimente în condiții forțate se corelează direct cu fluctuațiile radonului subteran. Repetabilitate similară a temperaturii ambientale și a concentrațiilor de radon a fost găsită în ciclurile de încălzire-răcire cu frecvență joasă (4-8 zile). Această corelație bună a fost pierdută la frecvențe mai mari (2 zile sau mai mult) din cauza răspunsului asimetric al radonului la încălzirea și răcirea atmosferei.

Astfel, din cauza influenței diferitor factori meteorologici asupra concentrațiilor radonului interior, este foarte important ca profesioniștii să efectueze sau să obțină măsurători ale temperaturii, vântului și precipitațiilor simultan, la fel ca pentru radonul de interior (Boxa 4). Mai mult, o bună cunoaștere a caracteristicilor clădirii va îmbunătăți acuratețea diagnosticului.

Boxa 4. Radonul și factorii meteorologici.

•	Parametrii meteorologici sunt factori importanți, care pot afecta schimbările sezoniere ale concentrațiilor de radon în mediile interioare.
•	Temperaturile extrem de înalte și joase: temperaturile guvernează ritmul vieții noastre (perioada de încălzire, ventilație), care induc variații mari ale concentrației radonului interior atât în spațiile ocupate, cât și în cele neocupate.
•	Furtuni și ploi abundente: aceste evenimente induc o etanșeitate la apa subterană, inhibând exhalarea radonului.
•	Vântul: atât viteza, cât și direcția vântului pot afecta concentrația radonului interior din cauza câmpului de presiune indus din jurul clădirii.

Elaborarea metodologiei pentru studierea riscului expunerii la radon în contextul schimbărilor climatice regionale

Potrivit proiecțiilor climatice, temperatura și umiditatea aerului se vor schimba, ceea ce ar putea duce cel mai probabil și la schimbarea impactului radonului asupra sănătății, pentru că parametrii meteo afectează concentrația de radon atât în interior, cât și în exterior. Dintre varietatea de factori fizici externi și interni, care influențează direct, indirect sau în combinație asupra concentrației de radon în interior, factorii meteorologici sunt cei mai sensibili la efectele schimbărilor climatice proiectate. Una din dovezi ale schimbărilor climatice, legate cu temperatura aerului exterior, este creșterea evenimentelor meteorologice extreme, cum ar fi înghețurile și valurile de căldură, cu severitatea lor în creștere [54]. În perioadele de iarnă și vară, casele sunt „sigilate” pentru eficiență energetică și pentru a preveni pătrunderea aerului foarte rece sau foarte cald din exterior, reducând semnificativ ventilația aerului din cauza riscului de a perturba echilibrul temperaturii din interiorul încăperii. Acest lucru contribuie la acumularea radonului în interior și, cu expunerea prelungită la plămâni în procesul respirației, crește riscul de a provoca cancer bronhopulmonar.

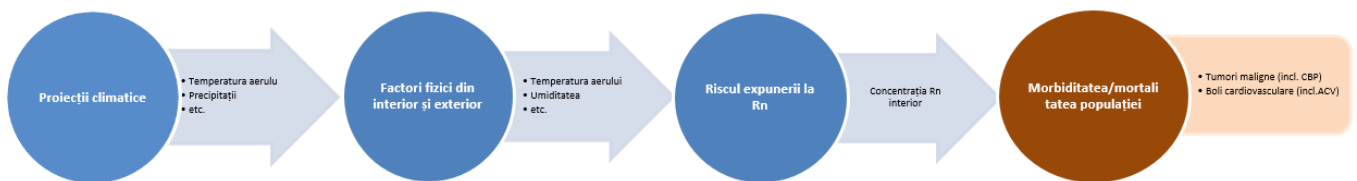
În Spania a fost efectuat un studiu al concentrației de radon în raport cu parametrii meteorologici locali și pentru a determina comportamentul acestuia în timpul valurilor de căldură [55]. Măsurătorile anuale, sezoniere și zilnice ale radonului și ale parametrilor meteorologici au fost executate în timpul a două valuri de căldură în nordul Spaniei, în regiunea cu orografie complexă și mare variabilitate temporală și spațială a condițiilor meteorologice. Conform rezultatelor obținute radonul prezintă evoluții temporale diferite și nu este posibil să se identifice un model general al concentrației radonului în cazul apariției valurilor de căldură, din cauza rolului direcției vântului în concentrațiile ^{222}Rn . Această analiză a demonstrat influența cheie a vântului de suprafață și, în special, a brizei asupra evoluției temporale a concentrațiilor de radon.

În contextul regional, în Republica Moldova la fel problema radonului rezidențial în legătură cu factorii interni și externi poate fi legată cu fluctuațiile condițiilor exterioare meteorologice în dependență de sezon fie prin modul de păstrare a echilibrului termic în clădiri (iarna – case „sigilate” de frig, vara – case „sigilate” din cauza caniculei), fie prin influența directă a parametrilor meteorologici asupra concentrațiilor radonului. În contextul schimbărilor climatice ca una dintre provocările globale, aceste relații pot fi, de asemenea, supuse schimbărilor, de aceea este deosebit de important să se elaboreze metode de evaluare a dependenței concentrației de radon rezidențial de factorii de mediu externi și interni la momentul actual, și legarea acestor dependențe cu proiecțiile schimbărilor climatice regionale. Dezvoltarea unor astfel de metode ar trebui să se bazeze pe utilizarea experienței internaționale, deși încă limitate în astfel de studii, pe disponibilitatea și compatibilitatea datelor regionale (măsurătorile concentrațiilor de radon, condiții meteorologice, proiecții climatice, indicatori de sănătate), precum și pe utilizarea instrumentelor analitice bazate

pe metode statistice de evaluare adoptate în cercetări biomedicale și de mediu. Studiul relațiilor condițiilor externe meteo cu concentrația radonului rezidențial pe baza datelor existente și folosirea proiecțiilor regionale ale schimbărilor climatice pentru construirea modelelor pronosticate al impactului viitor, este necesar în scopul elaborării măsurilor de prevenire și adaptare a sistemului de sănătate publică la provocările climatice regionale.

Luând în considerare cele de mai sus și conectând caracteristicile efectelor directe și indirecte ale factorilor de risc externi și interni asupra concentrațiilor de radon într-un climat în schimbare, este posibil să se identifice un lanț de influențe ale acestora asupra rezultatului final – sănătatea umană (Figura 2).

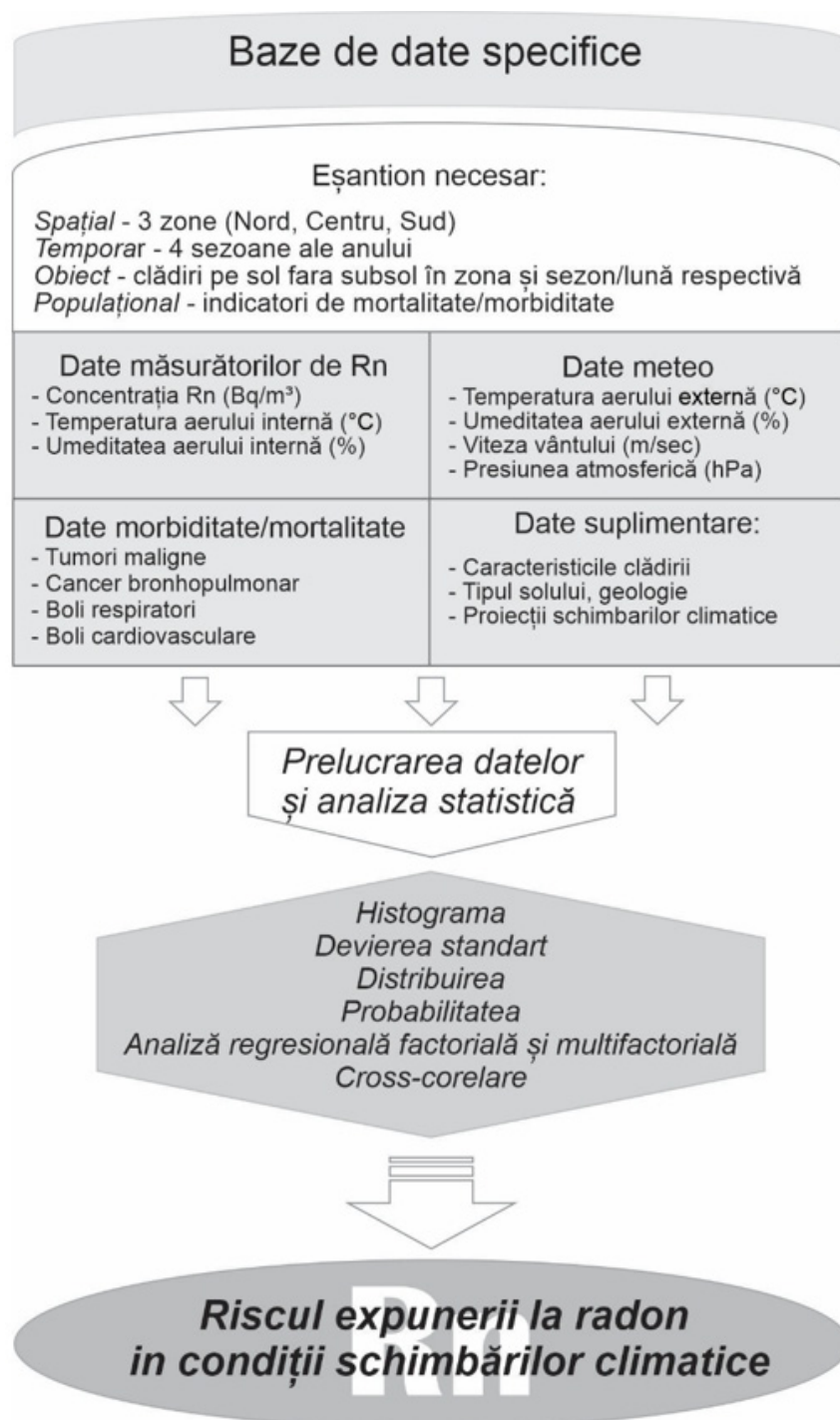
Figura 2. Lanțul de influență al schimbărilor climatice asupra expunerii sănătății umane la radon rezidențial.



Pentru a evalua cantitativ și calitativ un astfel de impact în lanț al schimbărilor climatice la nivel regional, este nevoie de aceeași metodologie de cercetare „în lanț”. În figura 3 este prezentată schema metodologiei de evaluare a relației dintre factorii meteorologici, radon și riscul de cancer bronhopulmonar într-un climat în schimbare. Inițial este necesar de a crea bazele de date (existente și accesibile) pentru formarea eșantionului necesar pentru studiu. Deoarece proiecțiile climatice în sine sunt limitate la scara țării și a zonelor agroecologice (Nord, Centru și Sud) din cauza dimensiunii mici a țării și a particularităților modelării climatice [27], formarea unui set (eșantion) de date necesare pentru studiu implică crearea bazelor de date, obținute din surse diferite, cu specificații diferite, dar unite prin caracteristici temporale și spațiale. Setul bazelor de date pentru studiu trebuie să fie completat cu date privind caracteristicile clădirii colectate în timpul măsurătorii de radon în interior; privind tipul de sol și geologie (roci subiacente) a teritoriului din cauza pătrunderii subterane a radonului natural în clădiri; și, de asemenea, în etapa finală a studiului, sunt necesare date din proiecțiile climatice regionale pentru trei orizonturi de timp (2010-2039, 2040-2069 și 2070-2099). Prelucrarea datelor primare este necesară pentru conversie (comasare) și standardizare a datelor, precum și corectare a incertitudinii în valorile factorilor eterogene de studiu.

Statisticile descriptive, inclusiv histogramme de frecvență, abateri standard, estimări de distribuție, probabilitate, erori etc. vor permite identificarea caracteristicilor seriilor de date pentru analiza ulterioară a impactului și riscurilor. Analiza unică și multifactorială ajută la identificarea contribuției unuia sau mai multor factori la fenomenul studiat și, prin urmare, la determinarea gradului de variabilitate a fenomenului în funcție de modificările factorilor. Aici este necesar să se evalueze influența factorilor de mediu externi și interni asupra concentrațiilor de radon, influența concentrațiilor de radon asupra indicatorilor de sănătate publică, precum și influența schimbărilor climatice asupra fluctuației radonului rezidențial și, în consecință, asupra riscului pentru sănătate umană. În plus, este important să se studieze relațiile potențiale dintre concentrațiile interne de radon și condițiile meteorologice specifice în funcție de sezon, cum ar fi zilele geroase (temperatura minimă zilnică a aerului sub 0°C), zilele de vară (temperatura maximă zilnică a aerului atinge 25°C), sau zilele caniculare (temperatura maximă zilnică a aerului atinge 30°C). Deoarece schimbările ciclice ale temperaturii ambientale s-au dovedit a fi corelate direct cu fluctuațiile radonului subteran în experimentele de expunere [53], evaluările regionale/locale ale acestor expuneri ar trebui să includă Cross-corelare (răspunsul *lag*) – o funcție care descrie măsura similitudinii dintre două serii de date în funcție de cantitatea de pârținare a unei serii în raport cu cealaltă. Cuantificarea influenței factorilor externi asupra concentrației de radon intern, exprimată în parametri statistici ai ecuațiilor, va servi ca bază pentru o analiză predictivă a concentrației radonului în funcție de modificările valorilor factorilor meteorologici pe baza proiecțiilor climatice regionale.

Figura 3. Schema metodologiei de estimare a relațiilor factori interni/externi-radon-sănătate în contextul schimbărilor climatice.



Astfel, algoritmul propus pentru evaluarea influenței factorilor externi și interni asupra riscului de expunere la radon într-un climat în schimbare include instrumentele metodologice necesare, inclusiv un studiu pas cu pas de la crearea și combinarea bazelor de date până la analiza riscului și evaluări predictive.

Concluzii

1. În timp ce strategiile de eficiență energetică sunt esențiale pentru combaterea schimbărilor climatice, ele pot contribui și la creșterea concentrațiilor de radon în interiorul clădirilor. Acest lucru este accentuat de tendința de construire a clădirilor mai etanșe pentru a economisi energie, ceea ce necesită o atenție sporită asupra ventilației și controlului radonului.

2. În lumina schimbărilor climatice, societatea se confruntă cu dilema creșterii expunerii la radon ca urmare a eforturilor pentru eficiența energetică. În lipsa unor practici adecvate de control și reducere a expunerii la radon, potențialul de creștere a cancerului bronhopulmonar asociat radonului poate deveni o problemă majoră.

3. Concentrațiile ridicate de radon în interior sunt influențate de factorii meteorologici și este crucial să se colecteze datele meteorologice simultan cu măsurătorile radonului pentru o înțelegere mai profundă a acestor interacțiuni. În contextul schimbărilor climatice, se anticipează modificările temperaturii și umidității aerului, care pot afecta concentrațiile de radon și, implicit, impactul său asupra sănătății umane.

4. Elaborată pe baza experienței internaționale, metodologia de evaluare a influenței factorilor externi meteorologici asupra riscului de expunere la radon în aspect regional este un algoritm de acțiuni bine structurat și argumentat, cu instrumente de cercetare adaptate capacităților și disponibilității de date pentru acest studiu specific.

Aceste concluzii subliniază importanța înțelegerii interacțiunii dintre factorii meteorologici și concentrațiile de radon în interior, și evidențiază necesitatea luării în considerare a acestor aspecte în contextul schimbărilor climatice, pentru protejarea sănătății publice și dezvoltarea strategiilor adecvate de prevenire și adaptare la climatul viitor.

Referințe:

1. ZEEB, H., SHANNOUN, F. *WHO handbook on indoor radon: a public health perspective*, 2009, 94 p. ISBN 978-92-4-154767-3
2. PANTELIĆ, G., ČELIKOVIĆ, I., ŽIVANOVIĆ, M., et al. Qualitative overview of indoor radon surveys in Europe. In: *Journal of Environmental Radioactivity*, 2019, Vol. 204, p.163–174. DOI:10.1016/j.jenvrad.2019.04.010.
3. RAVIKUMAR, P., SOMASHEKAR, R. K. *Estimates of the dose of radon and its progeny inhaled inside buildings*. In: *EUROPEAN JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES*, 2013, Vol. 3, Issue 2, p. 88–95. DOI: 10.14712/23361964.2015.10.
4. IARC. *Codul European împotriva cancerului*. 2016. <https://cancer-code-europe.iarc.fr/index.php/ro/12-modalitati/radiatii>. Accessed February 18, 2021.
5. TIRMARCHE, M., HARRISON, J. D., LAURIER, D., et al. *ICRP Publication 115. Lung cancer risk from radon and progeny and statement on radon*. In: *Annals of the ICRP*, 2010, Vol. 40, Issue 1, pp.1–64. DOI: 10.1016/j.icrp.2011.08.011.
6. IARC-WHO. *GLOBOCAN - Global Cancer Observatory*, 2024. <https://gco.iarc.fr/en>. Accessed February 23, 2021.
7. BIROUL NAȚIONAL DE STATISTICĂ AL REPUBLICII MOLDOVA. *Banca de date statistice Moldova. Ocrotirea sănătății. Morbiditatea populației*. [https://statbank.statistica.md/PxWeb/pxweb/ro/30 Statistica sociala/30 Statistica sociala__08 SAN__SAN020?rxid=2345d98a-890b-4459-bb1f-9b565f99b3b9](https://statbank.statistica.md/PxWeb/pxweb/ro/30%20Statistica%20sociala/30%20Statistica%20sociala__08%20SAN__SAN020?rxid=2345d98a-890b-4459-bb1f-9b565f99b3b9). Accessed February 15, 2024.
8. DARBY, S., HILL, D., DEO, H., et al. *Residential radon and lung cancer--detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14,208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe*. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 2006, Vol. 32 Suppl 1, pp.1–83. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16538937>.
9. KREWSKI, D., LUBIN, J. H., ZIELINSKI, J. M., et al. *Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case-control studies*. In: *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 2005, Vol. 16, Issue 2, pp.137–45. DOI: 10.1097/01.ede.0000152522.80261.e3.
10. AXELSSON, G., ANDERSSON, E. M., BARREGARD, L. *Lung cancer risk from radon exposure in dwellings in Sweden: how many cases can be prevented if radon levels are lowered?* In: *Cancer Causes & Control*, 2015, Vol. 26, Issue 4, pp.541–547. DOI: 10.1007/s10552-015-0531-6.
11. TURNER, M. C., KREWSKI, D., CHEN, Y., et al. *Radon and COPD mortality in the American Cancer Society Cohort*. In: *European Respiratory Journal*, 2012, Vol. 39, Issue 5, pp. 1113–1119. DOI: 10.1183/09031936.00058211.
12. BUCHHEIT, S. F., COLLINS, J. M., ANTHONY, K. M., et al. *Radon Exposure and Incident Stroke Risk in the Women's Health Initiative*. In: *Neurology*, 2024, Vol. 102, Issue 4. DOI: 10.1212/WNL.0000000000209143.

13. EU. Directive 2013/59/EURATOM. 2013:104.
14. STECK, D. J., FIELD, R. W., LYNCH, C. F. *Exposure to atmospheric radon*. In: *Environmental Health Perspectives*. 1999, Vol. 107, Issue 2, pp.123–127. DOI: 10.1289/ehp.99107123.
15. SILVA, J., LOPES, N., CURADO, A., et al. *A pre-diagnosis model for radon potential evaluation in buildings: A tool for balancing ventilation, indoor air quality and energy efficiency*. In: *Energy Reports*. 2022, Vol. 8, pp. 539–546. DOI: 10.1016/j.egyr.2022.02.100.
16. SPASIĆ, D., GULAN, L., YARMOSHENKO, I., et al. *High Indoor Radon Case Study: Influence of Meteorological Parameters and Indication of Radon Prone Area*. In: *Atmosphere*, 2022, Vol. 13, Issue 12, pp. 2120. DOI: 10.3390/atmos13122120.
17. IPCC. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for Policymakers*. In: [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller AO (eds.)], ed. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 2022:36.
18. GLOVER, P. W. J., BLOUIN, M. *Increased Radon Exposure From Thawing of Permafrost Due To Climate Change*. In: *Earth's Future*. 2022, Vol. 10, Issue 2. DOI: 10.1029/2021EF002598.
19. YARMOSHENKO, I., ZHUKOVSKY, M., ONISHCHENKO, A., et al. *Factors influencing temporal variations of radon concentration in high-rise buildings*. In: *Journal of environmental radioactivity*, 2021, Vol. 232, pp. 106575. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2021.106575.
20. WALLS, K. L., BENKE, G. P., KINGHAM, S. P. *Potential increased radon exposure due to greater building energy-efficiency for climate change mitigation*. In: *Air Quality and Climate Change*, 2014, Vol. 48, Issue 1, pp. 16–22. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.601649825561885>.
21. VARDOULAKIS, S., DIMITROULOPOULOU, C., THORNES, J., et al. *Impact of climate change on the domestic indoor environment and associated health risks in the UK*. In: *Environment international*, 2015, Vol. 85, pp. 299–313. DOI: 10.1016/j.envint.2015.09.010.
22. BONE, A., MURRAY, V., MYERS, I., et al. *Will drivers for home energy efficiency harm occupant health?* In: *Perspectives in Public Health*. 2010, Vol. 130, Issue 5, pp. 233–238. DOI: 10.1177/1757913910369092.
23. EPNI, EARM, UNEP. *Fifth National Communication of the Republic of Moldova. Developed to be reported to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. (Lekoyiet S, Leon R, eds). Chisinau: Public Institution „Environmental Projects National Implementation Office”, Environment Agency of the Republic of Moldova, United Nations Environment Programme, 2023.
24. UNSCEAR. *UNSCEAR 2020 Report: Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2020/2021. Report to the General Assembly, with Scientific Annexes Volume III. Scientific Annex C*. New York, USA; 2021.
25. COREȚCHI, L., BAHNAREL, I., VÍRLAN, S., APOSTOL I. *Controlul, reglementarea și remediarea expunerii la radon a populației Republicii Moldova*. Chișinău, RM: Tipografia „Sirius”, 2020.
26. WHO. Radon. In: *Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition*, WHO Region. Copenhagen, Denmark, 2000:288.
27. TARANU, L., TRESCILO, L., BUGAEVA, T., et al. *Climate Change Impacts, Risks and Vulnerabilities in the Republic of Moldova: Observed Trends and Future Projections. 5th National Communication to the UNFCCC*. Chișinău, RM: Bons Offices, 2023.
28. STRATAN, V., ȘUTKIN, V., BRENIȘTER, S., et al. *Epidemiologia cancerului pulmonar în Republica Moldova*. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științe Medicale*. 2015, Vol. 3, Issue 48, pp. 50–56. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/42325.
29. COREȚCHI, L., BAHNAREL, I., GÎNCU, M., COJOCARI, A., HOFFMANN M. *Controlul și evaluarea riscului expunerii populației la radon în Republica Moldova*. *One Health & Risk Management*, 2020, Vol. 1, pp. 42–49. DOI: 10.5281/zenodo.3701164.
30. ZHANG, S., JIN, D., JIN, H., et al. *Potential radon risk in permafrost regions of the Northern Hemisphere under climate change: A review*. In: *Earth-Science Reviews*. 2024, Vol. 250, pp. 104684. DOI: 10.1016/j.ear-scirev.2024.104684.

31. CHADBURN, S. E., BURKE, E. J., COCS, P. M., et al. *An observation-based constraint on permafrost loss as a function of global warming*. In: *Nature Climate Change*. 2017, Vol. 7, Issue 5, pp. 340–344. DOI: 10.1038/nclimate3262.
32. PUCHKOV, A. V., YAKOVLEV, E. Y., HASSON, N., et al. *Radon Hazard In Permafrost Conditions: Current State Of Research*. In: *Geography, Environment, Sustainability*, 2021, Vol. 14, Issue 4, pp. 93–104. DOI: 10.24057/2071-9388-2021-037.
33. AKDAG, S., YILDIRIM, H. *Toward a sustainable mitigation approach of energy efficiency to greenhouse gas emissions in the European countries*. In: *Heliyon*. 2020, Vol. 6, Issue 3, pp. e03396. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e03396.
34. YARMOSHENKO, I. V., MALINOVSKY, G. P., ONISHCHENKO, A. D., et al. *Problem of radon exposure in energy-efficient buildings: a review*. In: *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020, Vol. 12, Issue 4, pp. 56–65. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-4-56-65.
35. DERBEZ, M., WYART, G., LE PONNER, E., et al. *Indoor air quality in energy-efficient dwellings: Levels and sources of pollutants*. In: *Indoor air*. 2018, Vol. 28, Issue 2, pp. 318–338. DOI: 10.1111/ina.12431.
36. HAMILTON, I., MILNER, J., CHALABI, Z., et al. *Health effects of home energy efficiency interventions in England: a modelling study*. In: *BMJ open*. 2015, Vol. 5, Issue 4, pp. e007298. DOI: 10.1136/bmjopen-2014-007298.
37. SLEZÁKOVÁ, M., NAVRÁTILOVÁ ROVENSKÁ, K., TOMÁSEK, L., et al. *Short- and long-term variability of radon progeny concentration in dwellings in the Czech Republic*. In: *Radiation protection dosimetry*. 2013, Vol. 153, Issue 3, pp. 334–41. DOI: 10.1093/rpd/ncs111.
38. *EU. Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings*. Strasbourg, France: European Parliament and Council of Europe; 2023:02010L0031-20210101.
39. CUCOȘ, (DINU) A., DICU, T., COSMA, C. *Indoor radon exposure in energy-efficient houses from Romania*. In: *Environmental Science, Engineering*. 2015, Vol. 60, Issue 9, pp. 1574–1580. https://rjp.nipne.ro/2015_60_9-10/RomJPhys.60.p1574.pdf.
40. REY, J. F., GOYETTE, S., GOYETTE PERNOT, J. *Weather Impacts on Indoor Radon Short-Term Measurements in Switzerland*. In: *Atmosphere*, 2023, Vol. 14, Issue 7, pp. 1163. DOI: 10.3390/atmos14071163.
41. REY, J. F., GOYETTE, S., GANDOLLA, M., et al. *Long-Term Impacts of Weather Conditions on Indoor Radon Concentration Measurements in Switzerland*. In: *Atmosphere*. 2022, Vol. 13, Issue 1, pp. 92. DOI: 10.3390/atmos13010092.
42. AQUILINA, N., FENECH, S. *The Influence of Meteorological Parameters on Indoor and Outdoor Radon Concentrations: A Preliminary Case Study*. In: *Journal of Environmental Pollution and Control*. 2019, Vol. 2, Issue 1, pp. 107. https://www.researchgate.net/publication/337924946_The_Influence_of_Meteorological_Parameters_on_Indoor_and_Outdoor_Radon_Concentrations_A_Preliminary_Case_Study.
43. NARASIMHAMURTHY, K. N., ASHOK, G. V., RAGHU, A., et al. *Study of variation of indoor radon levels in houses and prediction of indoor concentrations using house characteristics and outdoor radon levels*. In: *Radiation protection dosimetry*. 2023, Vol. 199, Issue 20, pp. 2406–2411. DOI: 10.1093/rpd/ncad271.
44. SATYANARAYANA, G. V. V., RATNARAJU, M., VIDYASAGAR, D., et al. *Seasonal variation of Indoor radon concentration in the dwellings of Visakhapatnam and estimation of indoor annual effective dose*. In: *Journal For Basic Sciences*, 2023, Vol. 23, Issue 12, pp. 618–633. https://www.researchgate.net/publication/377472734_Seasonal_variation_of_Indoor_radon_concentration_in_the_dwellings_of_Visakhapatnam_and_estimation_of_indoor_annual_effective_dose?enrichId=rgreq-50b909de158da3d6b7a54c4c688f62faXXX&enrichSource=Y292ZXJQY.
45. GIAGIAS, V., BURGHELE, D., COSMA, C. *Seasonal variation of indoor radon in dwellings from Athens, Greece*. In: *Romanian Journal of Physics*, 2015, 60(9):1581-1588.
46. DARAKTCHIEVA, Z. *New Correction Factors Based on Seasonal Variability of Outdoor Temperature for Estimating Annual Radon Concentrations in UK*. In: *Radiation protection dosimetry*, 2017, Vol. 175, Issue 1, pp. 65–74. DOI: 10.1093/rpd/ncw270.
47. CROCKETT, R., GROVES-KIRKBY, C. J., DENMAN, A.R., et al. *Significant annual and sub-annual cycles in indoor radon concentrations: seasonal variation and correction*. In: *Special Publications*, 2016, Vol. 451, pp. 35–47.

48. MUNTEAN, L. E., COSMA, C., CUCOS (DINU), A., DICU, T., MOLDOVAN, D. V. *Assessment of annual and seasonal variation of indoor radon levels in dwelling houses from Alba county, Romania*. In: *Environmental Physics*, 2014, Vol. 59, Issue 1–2, pp. 163–171. https://www.academia.edu/21028922/Assessment_of_annual_and_seasonal_variation_of_indoor_radon_levels_in_dwelling_houses_from_Alba_County_Romania?email_work_card=view-paper.
49. YARMOSHENKO, I., MALINOVSKY, G., VASILYEV, A., et al. *Seasonal Variation of Radon Concentrations in Russian Residential High-Rise Buildings*. In: *Atmosphere*. 2021, Vol. 12, Issue 7, pp. 930. DOI: 10.3390/atmos12070930.
50. ALGIN, E., ASICI, C., SOGUKPINAR, H., et al. *A case study on the use of seasonal correction factors for indoor radon measurements*. In: *Radiation Protection Dosimetry*. 2019, Vol. 183, Issue 4, pp. 423–431. DOI: 10.1093/rpd/ncy161.
51. CUCU, M., DUPLÉAC, D. *The impact of ventilation rate on radon concentration inside high-rise apartment buildings*. In: *Radiation protection dosimetry*, 2022, Vol. 198, Issue 5, pp. 290–298. DOI: 10.1093/rpd/ncac047.
52. ZORAN, M., SAVASTRU, R., SAVASTRU, D., et al. *Climate effects of aerosols and radon on COVID-19 pandemic in Bucharest metropolitan area*. In: *RAP Conference Proceedings*. Sievert Association. 2023, p. 8-14. DOI: 10.37392/RapProc.2023.03
53. HAQUIN, G., ZAFRIR, H., ILZYCER, D., et al. *Effect of atmospheric temperature on underground radon: A laboratory experiment*. In: *Journal of Environmental Radioactivity*, 2022, Vol. 253–254, pp. 106992. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2022.106992.
54. IPCC. *IPCC, 2021: Summary for Policymakers*. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. ([Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. [Masson-Delmotte, and BZ (eds.)], ed). Cambridge, UK: Cambridge University Press. 2022, p. 3-32. DOI: 10.1017/9781009157896.001.
55. ALEGRÍA, N., HERNÁNDEZ-CEBALLOS, M. Á., CINELL, G., et al. *Analysis of ²²²Rn Surface Concentrations in the Basque Country (Spain): A Case Study of Heat Waves*. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2023, Vol. 20, Issue 3, pp. 2105. DOI: 10.3390/ijerph20032105.

Notă: Cercetarea este susținută de Ministerul Sănătății și Ministerul Educației și Cercetării din Republica Moldova în cadrul subprogramului „Monitoringul expunerii la radiații ionizante a personalului expus profesional și publicului cu elaborarea măsurilor de radioprotecție”, codul 130102, al Programului instituțional de cercetare (2024-2027).

Date despre autori:

Ala OVERCENCO (autor-corespondent), doctor în științe geonomice, cercetător științific coordonator, Laboratorul Igiena Radiațiilor și Radiobiologie, Agenția Națională pentru Sănătate Publică.

ORCID: 0000-0002-6970-9216

E-mail: ala.overcenco@ansp.gov.md, allaovercenco@gmail.com

Liuba COREȚCHI, doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător, șef laborator, Laboratorul Igiena Radiațiilor și Radiobiologie, Agenția Națională pentru Sănătate Publică.

ORCID: 0000-0001-5758-3831

E-mail: liuba.koretski@ansp.gov.md, coretchiliuba@gmail.com

Prezentat la 10.09.2024

ISODONTIA MEXICANA, A NEW INVASIVE WASP SPECIES IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA FAUNA

Alla GLADCAIA,
Moldova State University

A new invasive wasp species, *Isodontia mexicana* (Hymenoptera) was reared from artificial shelters in 2024 on the territory of the Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, Republic of Moldova. We analyzed the biology, the history of the species' distribution in Europe and the possibility of its use in plant protection. *I. mexicana* species came from Central America to Europe during the Second World War and did not change its ecological niche in the invaded area. The presence of a relatively hairy mesosome and frequent visitation of many flowering plants by *I. mexicana*, likely defines it as a powerful new pollinator. As the population of *I. mexicana* grows, a more likely effect may be that the wasp controls crop pests from the Orthoptera order. In this case, artificial refuges should be used in a manner that maximizes the emergence of healthy adult offspring of *I. mexicana* in agricultural areas.

Keywords: *Isodontia mexicana*; The Republic of Moldova; Sphecidae, artificial shelters, invasive species, plant protection, pest control, powerful pollinator.

ISODONTIA MEXICANA, O NOUĂ SPECIE INVAZIVĂ DE VIESPI ÎN FAUNA REPUBLICII MOLDOVA

O nouă specie de viespi invazive, *Isodontia mexicana* (Hymenoptera: Sphecidae) a fost crescută din adăposturi artificiale în anul 2024 pe teritoriul Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecția Plantelor, Republica Moldova. Am analizat biologia, istoria distribuției speciilor în Europa și posibilitatea utilizării acesteia în protecția plantelor. Specia *I. mexicana* a venit din America Centrală în Europa în timpul celui de-al Doilea Război Mondial și nu și-a schimbat nișa ecologică în zona invadată. Prezența unui mezosom relativ păros și vizitarea frecventă a multor plante cu flori de către *I. mexicana* îl definește probabil ca un nou polenizator puternic. Pe măsură ce populația de *I. mexicana* crește, un efect mai probabil ar putea fi acela că viespea controlează dăunătorii culturii din ordinul Ortoptere. În acest caz, refugiile artificiale ar trebui utilizate într-o manieră care să maximizeze apariția descendenților adulți sănătoși ai *I. mexicana* în zonele agricole.

Cuvinte-cheie: *Isodontia mexicana*; Republica Moldova; Sphecinae, adaposturi artificiale, specii invazive, protecția plantelor, combaterea dăunătorilor, polenizator puternic.

Introduction

Invertebrates are the most species-rich group of organisms. Adequate selection of a method and design of a recording methodology are based on an understanding of the biological characteristics of the taxon and the operating principles of existing methods. It is advisable to distinguish between „active” and „passive” accounting. Traditionally, traps are generally considered more effective than active (primarily manual) collection. For inventory and monitoring studies, we chose a method based on the use of artificial shelters, which combines the methods of „interception” and „attraction” of insects [1].

The method involves attracting Hymenoptera entomophages (tubular filler materials for nests, a corps made of various materials) and intercepting insects (placing artificial shelters in the feeding and breeding areas of entomophages, at their flight altitude). The benefits of different types and features of new biodiversity conservation techniques must be assessed and developed for the successful conservation of insect communities in agroecosystems. Agroecological schemes (AES) were introduced into EU agricultural policy in 1985 and have become the main tool for biodiversity conservation in Europe. The implementation of agri-environment schemes (AES) is a key tool for maintaining biodiversity and ecosystem services in European agricultural landscapes [2].

In the artificial shelters, that we used to attract entomophagous Hymenoptera: Sphecidae to the reproduction and development of offspring in 2024, a new wasp species for the Republic of Moldova, *Isodontia mexicana* de Saussure, 1867, was discovered. The object of our research – *I. mexicana* has been well

studied both in America and in Europe. The species nests in natural cavities, such as hollows of branches and stems of common reed, and adults provide larvae with paralyzed medium-sized prey, belonging to a wide range of the Orthoptera order species (Gryllidae, Tettigoniidae). The partitions of the nest are made of dried blades of grass, which gave the wasp its popular name: „grass-carrying wasp” [3]. The purpose of the research was to use artificial shelters to monitor and attract entomophagous Hymenoptera for reproduction and development of offspring. The method of artificial shelters makes it possible to assess the natural potential of entomophages in agrocenoses and the possibility of their use in plant protection.

Materials and methods

The research was carried out on the territory of laboratory and field conditions of the Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection of the Republic of Moldova.

The object of our research was a new invasive wasp species for the Republic of Moldova, *Isodontia mexicana* (Hymenoptera: Sphecidae), reared from artificial shelters in 2024. Taxonomic affiliation of the wasp: class Insecta → subclass Pterygota → infraclass Neoptera → superorder Holometabola → order Hymenoptera → suborder Apocrita → infraorder Aculeata → superfamily Apoidea → family Sphecidae → subfamily Sphecinae → tribe Sphecini → genus *Isodontia* → species *Isodontia mexicana* de Saussure, 1867 = *Sphex apicalis* de Saussure, 1867 = *Sphex apicalis mexicana* de Saussure, 1867.

The research was carried out in several stages during the vegetation period. We used 2 types of filler material: hollow tubes made of reed and plastic. 4 options of corps for artificial shelters were investigated: 1) white cardboard; 2) dark cardboard; 3) transparent plastic; 4) dark plastic. The experiment was carried out in triplicate. In April, artificial shelters were placed in various biotopes (according to the schemes), securing them at a certain height (1,5 m) above the ground, on poles. Biotopes of orchards (apple, pear tree) were chosen as a food source (pollen, nectar) for wasp imagoes. The *Miscanthus sinensis* field provided the wasps with a natural supply of tubular stems for nesting (Fig. 1)

Figure 1. Schemes of location and variants of artificial shelters for entomophages Hymenoptera attraction in different biocenoses during the vegetation period of 2024 (photo by the author).



1. Artificial delta shelters made from white cardboard



GARDEN (APPLE)



2. Artificial delta shelters made of black cardboard



MISCANTHUS SINENSIS FIELD



3. Artificial cylindrical shelters made of transparent plastic



GARDEN (PEAR)



4. Artificial cylindrical shelters made of dark plastic

Results and discussions

At the end of June, we dismantled the artificial shelters. We counted, photographed and identified the species *I. mexicana*, using a guide for the fauna of northwestern Europe. Currently, three species of the genus *Isodontia* Patton, 1880 are known in Europe. Two native species - *I. paludosa* and *I. splendidula* - and one non-native North American species, *I. mexicana*. Among the Sphecidae fauna of Moldova, *I. mexicana* immediately stands out due to its uniform black coloration.

Species characters of *I. mexicana*: gaster all black; dorsal propodeal area finely punctured and chagrined but with at most only a trace of transverse striation; petiole strongly curved in profile, as long or longer than tibia one; gaster without bands of pale hairs; clypeus and lower frons with the long erect hairs black; anterior clypeal margin of female with a small deep median emargination bounded by a tooth on each side; wings smoky, darker along apical margin; male antenna without clearly defined placoids [5].

In the climatic zone, to which the Republic of Moldova belongs, the wasp *I. mexicana* usually produces one summer generation of offspring in nests and goes into winter as pre-pupae, and then pupates and emerges as adults in the spring. The egg is laid in a protected environment (hollow branches or plant stems). It is small, oval and usually attached to a backing inside the nest. After hatching, the larva looks worm-like with a soft, elongated body. It has no wings, and its head is distinguished by chewing parts for food consumption (the adults supply it with paralyzed prey Orthoptera species). The stage primarily focuses on growth, molting repeatedly to increase its size. As a pupa, the wasp undergoes significant changes in its protective cocoon. The larva's shape gradually changes as its wings and adult body develop. This stage is motionless and outwardly appears incapacitated, although internal development occurs quickly.

The adult, emerging from the pupa, exhibits wings and functional reproductive organs. The exoskeleton is hardened, and the body acquires a characteristic color. *I. mexicana* pollinators show very clear preferences for plants from the families Lamiaceae, Asteraceae, Fabaceae and Apiaceae. Adults are often found in sunny, open areas such as meadows, gardens and fields, where they search for prey and suitable nesting sites. *I. mexicana* can cause toxic reactions with a wide range of severity. However, toxins are usually directed at their prey and predators. They are usually not fatal to humans. Predators dangerous to *I. mexicana* adults are birds, spiders, and mantises [6] (Fig. 2).

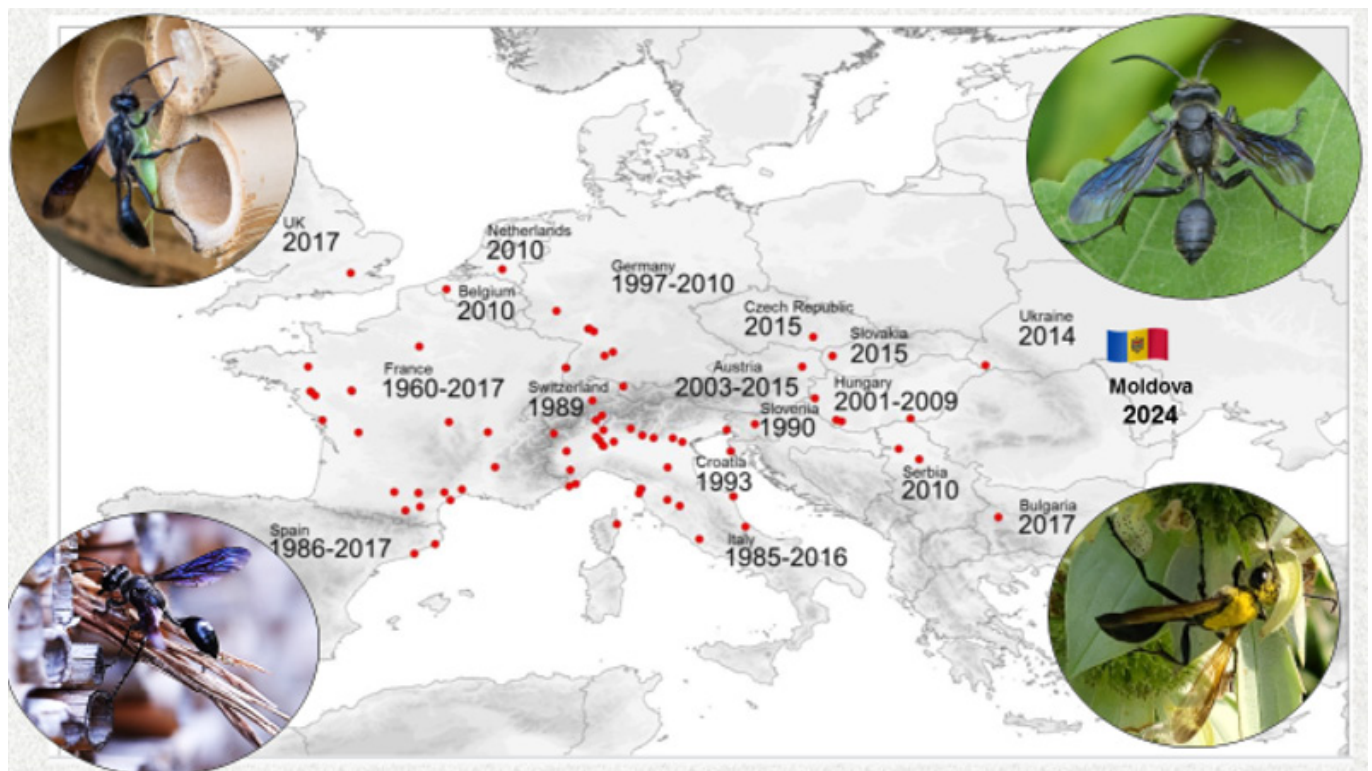
Figure 2. Use of artificial shelters for reproduction and development of *I. mexicana* wasps offspring: nesting station; exposed nests in reed stems; nest cells with cocoons, pupae and adults of *I. mexicana* reared from pupae (photo by the author).



In the experiments, we conducted in 2024, all wasp nests were found in the agroecosystem of an apple orchard, next to the forest belt. The nests were located in cardboard delta-shaped artificial shelters of white and black color (in equal proportions), in reed stems with a diameter of 0,7-0,9 cm. Plastic tubes and traps with a plastic corps did not contain wasp nests. Tubular stems, sealed with a characteristic grass plug, were placed in special containers for rearing adults. In this way, nests, pupae and adults of *I. mexicana* were obtained, photographed and placed in the collection.

According to the history of the *I. mexicana* species expansion, it came from Central America to Europe (Italy) during the Second World War. The species *I. mexicana* did not change its ecological niche in the invaded area. The wasp has shown a clear tendency to occupy areas with moderate temperatures in winter, little rainfall during the driest period of the year, and low altitudes. The habitat of the wasp *I. mexicana* is forests and forest-steppes, urban and suburban areas, agricultural and cultivated areas, meadows and steppes (Europe, Ukraine, Crimea). Scientists predict that *I. mexicana* may spread further across Europe and Asia, reaching new, not yet occupied continents in the Southern Hemisphere and surviving on them [6]. The discovery of *I. mexicana* on the Republic of Moldova territory confirms this prediction and complements the map, compiled in 2018 (Fig. 3).

Figure 3. Georeferenced species data for *I. mexicana* in Europe (invasion range). The estimated year of the species arrival is shown based on the year of first detection and the year of last recording for each of the 17 + 1 (Moldova) wasp-infested countries.



Conclusions

For the first time, a new invasive species of digging wasps is reported for the fauna of the Republic of Moldova - *Isodontia mexicana* (de Saussure, 1867), identified in 2024. The wasp settled only in artificial shelters (corps and tubes) made from natural materials. The biological characteristics of the species and the possibility of its use in plant protection are analyzed:

a) wasps of the *I. mexicana* species were found in the biotope closest to the forest belt of the 3 options. Proximity to forest is a major factor favoring the spread of insects, as forest plantations provide food, nesting sites and shelter. We emphasize the need for long-term monitoring of insects and the increasing focus of future AES agri-environment schemes on the provision of nesting habitats for the effective conservation and expansion of *I. mexicana*;

b) the presence of a relatively hairy mesosome and frequent visits to many flowering plants by *I. mexicana* probably defines a new powerful pollinator;

c) in the case of *I. mexicana*, the prey taxa (Gryllidae and Tettigoniidae) are usually quite numerous and diverse, while in most of Europe there are relatively few Sphecidae that prey on Orthoptera. As *I. mexicana* populations increase, a more likely effect may be that the wasp controls Orthoptera crop pests. In connection with the spread of locusts in the southern regions of the Republic of Moldova in 2024, there is a need for a detailed study of the species and the possibility of attracting the entomophage to the agroecosystems of the Republic to control pests from the Orthoptera order. In this case, artificial refuges should be used in a manner that maximizes the emergence of healthy adult offspring of *I. mexicana* in agricultural areas.

References:

1. Александров В. В., Алексеев С. К., Новикова О. А., Сионова М. Н., Телеганова В. В., Шмытов А. А. Методы инвентаризации и мониторинга биоразнообразия на особо охраняемых природных территориях регионального значения / Серия «Кадастровые и мониторинговые исследования биологического разнообразия в Калужской области». Тамбов: ООО «ТПС», 2021, Вып. 8, 148 с. ISBN 978-5-907349-48-3.
2. Nicole Beyer, Josephine Kulow, Jens Dauber. The contrasting response of cavity-nesting bees, wasps and their natural enemies to biodiversity conservation measures. *Insect Conservation and Diversity* 2023, p. 1–15. ISSN: 1752-458X
3. Kevin M. O'Neill, Casey M. Delphia, Ronald C. Spental. *Effect of temperature on the post-diapause developmental rate, survival, and body mass of the solitary wasp Isodontia elegans: Implications for rearing of trap-nesting Hymenoptera*. *Journal of Thermal Biology*. Volume 113, April 2023, p. 103516. ISSN: 0306-4565.
4. David G. Notton. *Grass-carrying wasp, Isodontia mexicana (de Saussure), genus and species new to Britain (Hymenoptera: Sphecidae)*. *British journal of entomology and natural history*, 2016, Volume 29, p. 241-245. ISSN: 0952-7583.
5. Carlo Polidori, Marcella Nucifora and David Sánchez-Fernández. *Environmental niche unfilling but limited options for range expansion by active dispersion in an alien cavity-nesting wasp*. *Polidori et al. BMC Ecol.* 2018, p. 18-36. ISSN: 1472-6785.

Notă: Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramului 011103 „Elaborarea mijloacelor ecologic inofensive de reducere a impactului organismelor dăunătoare ale culturilor agricole pe fundalul schimbărilor climatice, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării.

Date despre autor:

Alla GLADCAIA, doctor în științe biologice, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-9182-4352

E-mail: allagladcaia@mail.ru

Presented 10.09.2024

CZU: 547.567.3 + 577.161.6:616.34-008.87

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_23](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_23)

IMPACTUL DISBIOZEI INTESTINALE ASUPRA NIVELURILOR DE COENZIMA Q10

Camelia RÂTEA,

*Mitogenix Innovations - Centrul de nutriție clinică de regenerare mitocondrială,
Universitatea de Stat din Moldova*

Adriana-Daniela SOCIANU,

*Mitogenix Innovations - Centrul de nutriție clinică de regenerare mitocondrială,
Universitatea de Medicină, Farmacie, Științe și Tehnologie „George Emil Palade” din Târgu-Mureș*

Septimiu Toader VOIDĂZAN,

Universitatea de Medicină, Farmacie, Științe și Tehnologie „George Emil Palade” din Târgu-Mureș

Acest studiu investighează legătura dintre disbioza intestinală și deficitul de coenzima Q10 la un grup de 13 pacienți. Rezultatele au indicat că toți participanții prezentau un deficit de coenzima Q10, asociat cu dezechilibre ale microbiotei intestinale, pH fecal crescut și o încărcătură microbială ridicată, în special pentru specii patogene precum *Candida albicans*. Aceste modificări sugerează că disbioza poate afecta absorbția și utilizarea coenzimei Q10, reducând eficiența metabolică și favorizând stresul oxidativ.

Studiul subliniază rolul critic al unei microbiote echilibrate pentru menținerea nivelurilor optime de coenzima Q10, esențiale în susținerea sănătății mitocondriale și antioxidante. Concluziile recomandă intervenții dietetice și probiotice pentru restabilirea echilibrului microbionic, cu scopul de a îmbunătăți absorbția coenzimei Q10 și a susține funcțiile energetice și imunitare ale organismului. Aceste descoperiri evidențiază importanța monitorizării și optimizării sănătății intestinale în gestionarea deficiențelor de coenzima Q10.

Cuvinte-cheie: *coenzima Q10, disfuncție mitocondrială, disbioză intestinală, permeabilitate intestinală, stres oxidativ, microbiota, metabolism energetic.*

IMPACT OF GUT DYSBIOSIS ON COENZYME Q10 LEVELS

This study investigates the relationship between intestinal dysbiosis and coenzyme Q10 deficiency in a group of 13 patients. The results indicated that all participants exhibited a coenzyme Q10 deficiency, associated with imbalances in intestinal microbiota, elevated fecal pH, and a high microbial load, particularly for pathogenic species such as *Candida albicans*. These changes suggest that dysbiosis may affect the absorption and utilization of coenzyme Q10, reducing metabolic efficiency and promoting oxidative stress.

The study highlights the critical role of a balanced microbiota in maintaining optimal coenzyme Q10 levels, essential for mitochondrial and antioxidant health. Conclusions recommend dietary and probiotic interventions to restore microbial balance, aiming to improve coenzyme Q10 absorption and support the body's energy and immune functions. These findings underscore the importance of monitoring and optimizing intestinal health in managing coenzyme Q10 deficiencies.

Keywords: *coenzyme Q10, mitochondrial dysfunction, intestinal dysbiosis, intestinal permeability, oxidative stress, microbiota, energy metabolism.*

Introducere

Homeostazia intestinală, cunoscută și sub numele de eubioză, este capacitatea naturală a organismului de a menține stabilitatea mediului intern și a funcțiilor acestuia, chiar și în fața unor condiții externe variabile. Această stabilitate este susținută de microbiota intestinală, care joacă un rol esențial în păstrarea integrității epitelului intestinal, în asigurarea motilității intestinale (peristaltism) și în dezvoltarea sistemului imunitar prin activarea răspunsurilor imune înnăscute și adaptative [1].

În condiții de echilibru, microbiota funcționează optim. În schimb, în caz de disbioză (o perturbare a acestui echilibru), intestinul își poate pierde permeabilitatea naturală, crescând vulnerabilitatea organismului la boli și determinând dezechilibre acute și temporare[1].

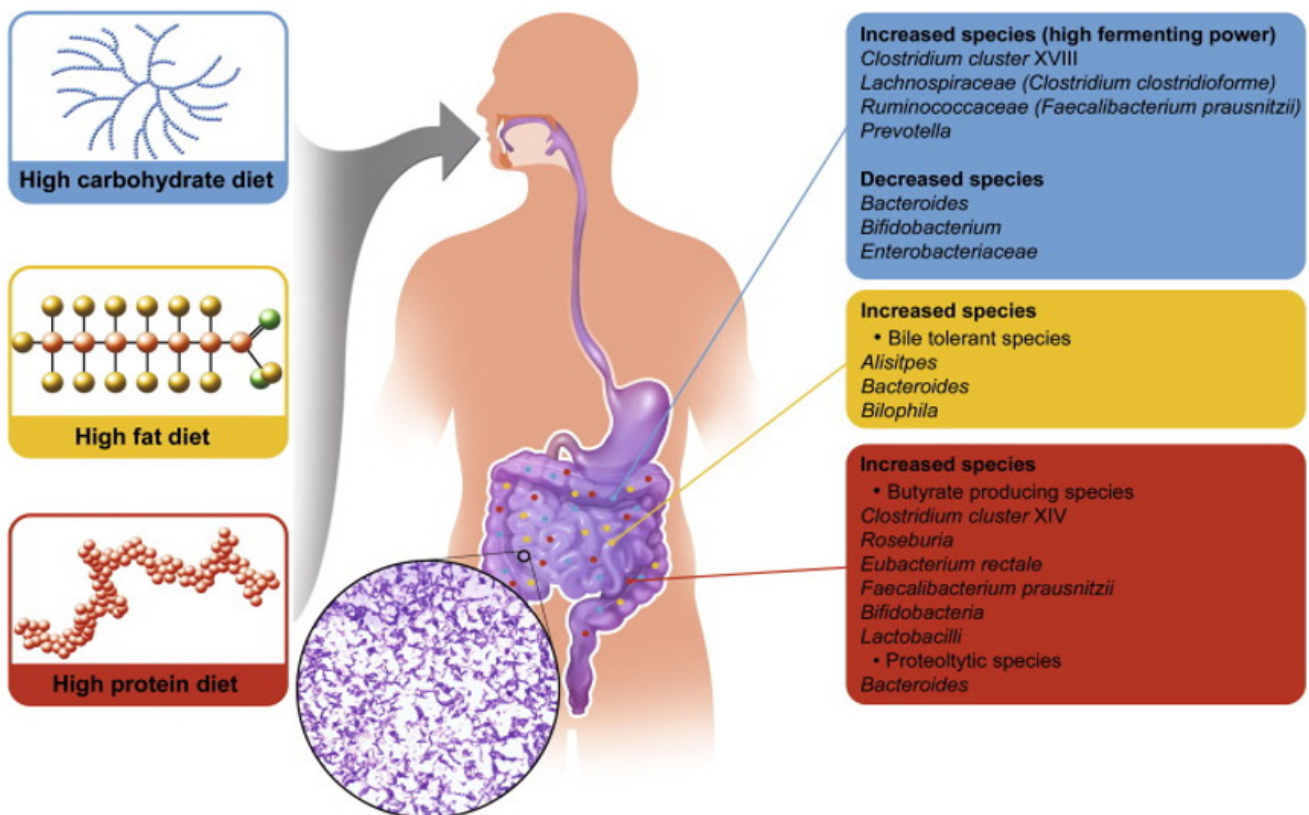
Microbiota intestinală umană are o diversitate redusă la nivel de înaltă clasificare (phylum), fiind compusă dintr-un singur phylumarheal, *Euryarchaeota*, și șapte phyla bacteriene: *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Proteobacteria*, *Fusobacteria*, *Verrucomicrobia* și *Cyanobacteria-like*[2].

La adulții sănătoși, microbiota este dominată de bacteriile din *phylaFirmicutes* (familiile *Lachnospiraceae* și *Ruminococcaceae*), *Bacteroidetes* (familiile *Bacteroidaceae*, *Prevotellaceae* și *Rikenellaceae*) și *Actinobacteria* (familiile *Bifidobacteriaceae* și *Coriobacteriaceae*)[2,3].

Structura microbiotei intestinale variază pe fiecare segment anatomic, influențată de factori locali precum temperatura, pH-ul, potențialul redox, oxigenul disponibil, activitatea apei, salinitatea și lumina. Acești factori determină variații în compoziția microbiotei și reflectă funcțiile specifice fiecărui segment al intestinului în procesul digestiei[4].

În colon, unde nu sunt secretate enzime digestive pentru macronutrienții nedigerabili, microbiota acționează prin fermentarea acestor componente. Oligo- și polizaharidele nedigerabile sunt metabolizate de bacteriile comensale din colon, rezultând acizi grași cu lanț scurt (SCFA) și compuși fenolici bioactivi. Principalele bacterii zaharolitice includ genuri precum *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Eubacterium*, *Lactobacillus* și *Ruminococcus*, în timp ce fermentarea proteinelor se realizează tot în colon, prin enzimele proteolitice produse de specii bacteriene precum *Clostridia*, *Propionibacterium* spp., *Prevotellaspp.*, *Bifidobacterium* spp. și *Bacteroidesspp.* [5,6,7].

Figura 1. Dieta influențează compoziția microbiotei intestinale [8].



Legătura dintre dietă și microbiota intestinală a devenit un subiect intens studiat datorită potențialului dietei de a influența compoziția și activitatea microbiotei. Fiecare categorie de macronutrienți (proteine, fibre, grăsimi) influențează distinct microbiota intestinală, modificând echilibrul bacterian. Dieta poate încuraja proliferarea bacteriilor benefice și reduce prezența celor patogene, aspect esențial pentru prevenirea bolilor cronice [5, 6, 7].

Intestinul uman găzduiește o densitate impresionantă de bacterii și alte microorganisme, estimată la 10^{11} bacterii pe gram de conținut colonic[9]. Compoziția microbiotei se modifică constant sub influența dietei, medicației, mucoasei intestinale, sistemului imunitar și interacțiunilor dintre diverse specii microbiene. Factorii de stres pot provoca dezechilibre (disbioză) prin reducerea diversității bacteriene și favorizarea proliferării unor anumite grupuri bacteriene[10].

Influența nutrienților dietetici asupra microbiomului intestinal este deosebit de importantă pentru dezvoltarea alimentelor funcționale și a strategiilor nutriționale destinate prevenirii bolilor netransmisibile[11].

Protocolul pentru managementul dietetic clinic al disbiozei intestinale (pe o perioadă de 3 luni) presupune:

Tabelul 1. Managementul dietetic în cadrul unei disbioze intestinale [1].

Componentă	Detalii administrare	Doză zilnică
Prebiotice și probiotice	Inulină și fructo-oligozaharide (în funcție de istoricul și severitatea simptomelor)	10-30 de miliarde de bacterii fermentate/zi
Omega-3, Omega-6, Omega-9	Acid alfa-linolenic, acid linoleic, acid oleic	1000 – 2000 mg/zi
Vitamina A	Retinol	1 mg/zi
Vitamina B1	Tiamină	1 mg/zi
Vitamina B3	Niacină	15 mg/zi
Vitamina B5	Acid pantotenic	5 mg/zi
Vitamina B7	Inozitol	500 mg/zi
Vitamina B12	Cobalamină	1000 – 3000 mg/zi
Vitamina C	Acid ascorbic	1000 – 3000 mg/zi
Vitamina D3	Colecalciferol (5 zile/săptămână)	1000 – 4000 UI/zi
Vitamina K	Menachinonă	1000 – 2000 mcg/zi
Vitamina E	Tocoferol	1000 – 2000 mg/zi
Curcudină	Supliment de curcumină	200 mg/zi (alternativă la piperină)
Piperină	-	5 mg/zi
Bromelaină	-	200 mg/zi
Quercetină	Bioflavonoid	200 – 500 mg/zi
Lactoferină	Proteină cu efect antimicrobian	300 – 500 mg/zi
Coenzima Q10	Ubiquinonă	100 mg/zi
Glutation	Antioxidant	500 -1000 mg/zi

Studii in vitro au arătat că flavonoidele, inclusiv antocianinele, acizii fenolici (epicatechina, acidul p-cumaric și acidul o-cumaric) și alți polifenoli, precum quercetina, rutina, acidul clorogenic și acidul cafeic, acestea pot stimula bacteriile benefice, cum ar fi *Bifidobacterium* și *Lactobacillus*, și pot reduce bacteriile patogene [12, 13, 14].

Cercetările clinice limitate arată că polifenolii din alimentele bogate în cacao, vin roșu, ceai verde și anumite fructe și legume pot crește semnificativ abundența *Bifidobacterium* și *Lactobacillus* după o perioadă de consum regulat [15].

Suplimentarea cu vitamina A poate susține microbiota intestinală, promovând creșterea bacteriilor benefice, cum ar fi genurile *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* și *Akkermansia*, în timp ce vitamina D pare să aibă efecte benefice pentru sănătatea intestinală, contribuind la menținerea stării de bine și la prevenirea bolilor cronice prin efecte asupra microbiotei[11].

Într-un studiu randomizat, suplimentarea săptămânală cu vitamina D (50.000 UI de ergocalciferol) pe

o perioadă de 12 luni a determinat o creștere a producției de acizi grași cu lanț scurt (SCFA) și a crescut abundența bacteriilor producătoare de SCFA, precum *Ruminococcus*, *Fecalibacterium* și *Dialister* [16].

Coenzima Q10 (CoQ10) este un compus liposolubil esențial în metabolismul celular, cu o concentrație ridicată în inimă, mușchii scheletici, ficat, rinichi și creier [17].

Deși necesarul zilnic de CoQ10 nu este bine stabilit, se estimează că un nivel de 500 mg/zi ar fi necesar pentru menținerea homeostaziei, având în vedere o rezervă corporală totală de 2000 mg și o rată de înlocuire a țesuturilor de aproximativ patru zile [18,19]. La adulții tineri, ficatul este principalul organ de biosinteză a CoQ10, iar producția optimă se atinge în jurul vârstei de 25 de ani, scăzând treptat după această vârstă [20].

Deficitul de CoQ10, care poate fi genetic (deficiență primară) sau secundar în cadrul unor boli cronice, cum ar fi afecțiunile cardiovasculare, diabetul de tip II și bolile renale cronice, este asociat cu diverse tulburări metabolice [20]. Identificarea precoce a deficienței de CoQ10 este crucială, deoarece administrarea de suplimente poate ameliora semnificativ simptomele, mai ales când tratamentul este inițiat devreme [20].

Studiile privind microecologia tractului gastrointestinal au demonstrat că o microbiotă alterată poate fi implicată în diferite afecțiuni, inclusiv în sindromul de oboseală cronică, unde stresul psihologic și dezechilibrele bacteriene contribuie la reducerea populațiilor de *Bifidobacterii* și *Lactobacili* și la creșterea bacteriilor patogene [21, 22, 23].

Scopul studiului

Studiul își propune să investigheze corelația dintre disbioza intestinală și nivelurile de coenzima Q10, examinând impactul disbiozei asupra metabolismului celular și rolul intervențiilor dietetice și suplimentării în restabilirea homeostaziei intestinale și îmbunătățirea statusului de coenzima Q10.

Material și metode

Studiul a inclus un grup de 13 pacienți din cadrul clinicii MitogenixInnovations, specializată în nutriție clinică și regenerare mitocondrială. Pentru evaluarea disbiozei intestinale și a nivelului de coenzima Q10, au fost efectuate teste specifice asupra fiecărui participant, cu scopul de a identifica posibile corelații între disbioză și deficiența de coenzima Q10, precum și de a monitoriza impactul asupra sănătății generale.

✓ Măsurarea nivelului de coenzima Q10: S-au prelevat probe de sânge de la fiecare pacient, iar nivelul de coenzima Q10 a fost măsurat utilizând tehnici cromatografice de înaltă performanță (HPLC) în cadrul laboratoarelor autorizate (Bioclinica). Aceste analize au fost realizate pentru a determina statusul coenzimei Q10 la nivel plasmatic, oferind o bază de referință pentru identificarea unui potențial deficit.

✓ Evaluarea disbiozei intestinale: S-au colectat probe de materii fecale de la fiecare pacient, analizate printr-un test detaliat de disbioză intestinală. Acest test a inclus analiza compoziției bacteriene, evaluând echilibrul microbiotei intestinale, precum și prezența bacteriilor patogene și a modificărilor specifice ce pot indica disbioză. Analizele microbiotei fecale au fost efectuate la laboratoarele Bioclinica, folosind metode specifice pentru identificarea diverselor specii bacteriene și cuantificarea acestora.

Datele obținute din aceste teste au fost centralizate și analizate statistic pentru a evalua legătura dintre nivelul de coenzima Q10 și prezența disbiozei intestinale.

Rezultate și discuții

Acest studiu a inclus 13 pacienți evaluați pentru disbioză intestinală și deficit de coenzima Q10, cu scopul de a investiga interacțiunile între dezechilibrele microbiotei intestinale și nivelurile reduse de coenzima Q10. Rezultatele au reliefat distribuții demografice și biologice specifice, evidențiind posibile corelații între compoziția microbiotei, pH-ul fecal și deficiența de coenzima Q10.

Caracteristicile demografice ale grupului țintă:

- Grupul a fost compus în majoritate din femei 76,9% (n=10), cu o vârstă medie de 41,77 ani (SD=17,49), pacienții având vârste între 10 și 71 de ani.

- Toți pacienții au fost identificați cu disbioză intestinală și au prezentat un deficit de coenzima Q10.

Tabelul 2. Distribuția pacienților în funcție de datele demografice.

Date demografice	Sex		Categoriile de vârstă (vârsta în ani)			
	Feminin	Masculin	10-30	31-50	51-70	71-90
Pacienți (n=13)	10	3	3	6	2	1
Procent %	76,9 %	23,1 %	23,1 %	46,2 %	15,4 %	7,7 %

Nivelul coenzimei Q10:

- Nivelurile medii de coenzima Q10 au fost de 614,08 $\mu\text{g/l}$ (SD = 170,06), sub pragul minim de referință de 750 $\mu\text{g/l}$.

- Valorile au variat între 419 $\mu\text{g/l}$ și 1008 $\mu\text{g/l}$, doar un singur pacient prezentând un nivel normal de coenzima Q10. Acest lucru sugerează o deficiență semnificativă și generalizată a coenzimei Q10 la pacienții cu disbioză.

Tabelul 3. Valorile modificate ale coenzimei Q10.

Valoarea minimă a coenzimei Q10 ($\mu\text{g/l}$)	Valoarea maximă a coenzimei Q10 ($\mu\text{g/l}$)	Mediana	Deviație standard	Medie
419	1008	580,0	170,06	614,08

Profilul microbiotei intestinale:

- Analiza pH-ului fecal a arătat că 61,5% dintre pacienți prezentau un pH de 6, valoare aflată la limita superioară a intervalului normal. Aproximativ 23,1% dintre pacienți au avut un pH fecal de 8, indicând o tendință spre un mediu alcalin, care poate afecta echilibrul microbiotei și poate compromite absorbția nutrienților, inclusiv a coenzimei Q10.

- Un pH fecal crescut poate crea un mediu favorabil pentru bacteriile patogene și poate inhiba bacteriile benefice, influențând echilibrul microbial și eficiența metabolică.

- *Escherichia coli*: Valorile de E. coli au depășit limita de referință de 1×10^4 CFU/g la 69,2% dintre pacienți, concentrațiile variate între 1×10^8 și 1×10^9 CFU/g. Supraaglomerarea acestor bacterii poate contribui la inflamație și poate influența negativ absorbția și metabolismul coenzimei Q10.

- *Bifidobacterium*: Valorile au variat între 9×10^7 și 8×10^9 CFU/g. Deși aceste bacterii benefice sunt prezente, doar 30,8% dintre pacienți au avut valori peste 3×10^9 CFU/g, sugerând o scădere generalizată a bacteriilor probiotice benefice, esențiale pentru integritatea barierei intestinale.

- *Lactobacillus species*: Nivelurile de Lactobacillus au fost scăzute la majoritatea pacienților, sub limita de referință, ceea ce arată un dezechilibru semnificativ.

Lactobacillus joacă un rol esențial în menținerea pH-ului acid și în protecție împotriva patogenilor intestinali, iar scăderea acestuia poate afecta atât integritatea barierei intestinale, cât și capacitatea de absorbție a nutrienților.

- *Enterococcus*: În 84,6% dintre cazuri, valorile au fost sub limita de referință, ceea ce poate indica un dezechilibru al microbiotei benefice, afectând sănătatea intestinală și digestia optimă.

- *Candida*: 76,9% dintre pacienți au avut valori sub 1×10^3 CFU/g, însă 15,4% dintre ei au înregistrat niveluri crescute până la 2×10^5 CFU/g, indicând o disbioză fungică. Candida poate afecta bariera intestinală și poate compromite absorbția eficientă a micronutrienților.

Tabelul 4. Prevalența germenilor în funcție de profilul microbiotei intestinale.

Germeni	CFU/g	Frecvență	Procent (%)
<i>Lactobacillus species</i>	$< 1 \times 10^6$	9	69.2
	1×10^6	3	23.1
	5×10^6	1	7.7

<i>Escherichia coli</i>	<1x10 ⁴	1	7,7
	1x10 ⁷	1	7,7
	1x10 ⁹	4	30,8
	2x10 ⁹	1	7,7
	3x10 ⁸	1	7,7
	4x10 ⁸	1	7,7
	5x10 ⁸	1	7,7
	6x10 ⁸	2	15.4
	7x10 ⁷	1	7.7
<i>Bifidobacteriumspecies</i>	<1x10 ⁸	2	15.4
	1x10 ⁸	1	7.7
	2x10 ⁹	2	15.4
	3x10 ⁹	4	30.8
	4x10 ⁹	2	15.4
	8x10 ⁹	1	7.7
<i>Enterococcuspecies</i>	<1x10 ⁴	11	84,6
	2x10 ⁷	1	7.7
	4x10 ⁷	1	7.7
<i>Candidaspecies</i>	<1x10 ³	10	76,9
	1x10 ⁶	1	7.7
	2x10 ⁵	2	15.4
<i>Candida albicans</i>	<1x10 ³	12	92.3
	8x10 ⁴	1	7.7
<i>Geotrichum</i>	<1x10 ³	11	84,6
	2x10 ⁶	2	15.4
<i>Candida glabrata</i>	<1x10 ³	12	92.3
	2x10 ⁴	1	7.7

Corelația între disbioză și deficitul de coenzima Q10:

Datele sugerează o asociere între disbioza intestinală și deficitul de coenzima Q10, în care disbioza (deseori caracterizată prin creșterea pH-ului fecal și a încărcăturii de patogeni intestinali) poate avea un rol important în absorbția și sinteza redusă a coenzimei Q10. Astfel, disbioza ar putea contribui indirect la insuficiența energetică celulară și la stresul oxidativ, afectând metabolismul general și funcția mitocondrială.

Pacienții care au prezentat niveluri ridicate de bacterii patogene, cum ar fi *Escherichia coli* și *Candida*, au avut constant niveluri reduse de coenzima Q10. Acestea sugerează o corelație între proliferarea acestor specii patogene și scăderea absorbției de coenzima Q10, prin inflamația mucoasei intestinale și reducerea capacităților de absorbție a nutrienților.

Un pH fecal crescut și dezechilibrul bacterian sugerează că disbioza poate compromite nu doar echilibrul intestinal, ci și metabolismul general, prin reducerea coenzimei Q10, un antioxidant esențial pentru funcția mitocondrială.

Studiul nostru evidențiază o asociere clară între disbioza intestinală și deficitul de coenzima Q10, fenomen susținut și de alte cercetări. Conform lui Ojetti et al. [24], disbioza poate afecta absorbția nutrienților, iar creșterea excesivă a bacteriilor în intestinul subțire este frecvent asociată cu deficiențe de micronutrienți, care, în timp, pot compromite metabolismul energetic și sănătatea generală.

Maes și Leunis [25] sugerează că disbioza intestinală poate contribui la stresul oxidativ și afectarea mitocondrială, rezultând într-un deficit de coenzima Q10. Această relație este deosebit de relevantă pentru pacienții cu permeabilitate intestinală crescută și disbioză, la care se pot observa deficiențe de coenzima Q10 și o afectare a homeostaziei energetice.

Autorulunuestudiu [26] detaliază rolul disbiozei în disfuncția barierei intestinale și absorbția deficitară a vitaminelor și antioxidanților, inclusiv a coenzimei Q10. Creșterea permeabilității intestinale poate amplifica dezechilibrul microbiotei și intensifica inflamația, contribuind la reducerea nivelurilor de Q10, esențial pentru protecția celulară și sănătatea metabolică.

În mod similar, Kaliora et al. [27] subliniază că antioxidanții precum coenzima Q10 joacă un rol crucial în prevenirea stresului oxidativ. Deficitul acestei coenzime, asociat frecvent cu disbioza, poate crește vulnerabilitatea la inflamație sistemică, având efecte negative asupra funcției mitocondriale și energiei celulare.

Potrivit lui Hemarajata și Versalovic[28],probioticele pot modula pozitiv microbiota intestinală, întărind bariera intestinală și susținând absorbția de nutrienți precum coenzima Q10. Restaurarea echilibrului microbiotei poate contribui la optimizarea metabolismului energetic, subliniind importanța suplimentării pentru pacienții cu dezechilibre intestinale.

Studiul lui Littarru și Tiano[29] accentuează funcția coenzimei Q10 în metabolismul energetic și efectele deficienței acesteia, care, asociate cu disbioza, pot duce la scăderea producției de energie la nivel celular. Această corelație subliniază nevoia de a menține un echilibru microbionic pentru a sprijini absorbția optimă a coenzimei Q10 și, implicit, sănătatea generală.

Concluzii

Studiul de față evidențiază o asociere clară între disbioza intestinală și deficitul de coenzima Q10, confirmând rolul esențial al microbiotei echilibrate în susținerea sănătății metabolice și a homeostaziei mitocondriale. La pacienții investigați, nivelurile scăzute de coenzima Q10 s-au corelat cu dezechilibrele microbiene și valori alterate ale pH-ului fecal, ceea ce sugerează că disbioza poate afecta absorbția și utilizarea coenzimei Q10. Aceste modificări indică faptul că un dezechilibru microbial poate compromite nu doar sănătatea intestinală, ci și eficiența funcțiilor energetice și antioxidante ale organismului, aspecte critice pentru sănătatea generală.

În plus, reducerea bacteriilor benefice și suprapopularea unor specii patogene și fungice, cum ar fi *Candida albicans*, au fost frecvent asociate cu scăderea nivelului de coenzima Q10, sugerând o legătură între disbioză și stresul oxidativ. Aceste rezultate subliniază importanța intervențiilor dietetice și a suplimentării cu probiotice și nutraceutice pentru refacerea echilibrului microbionic și susținerea nivelurilor optime de coenzima Q10.

Pe baza acestor constatări, este recomandată monitorizarea atentă a sănătății intestinale la pacienții cu deficiență de coenzima Q10 și aplicarea unei strategii nutriționale personalizate care să includă intervenții pentru restabilirea echilibrului intestinal. Acest studiu aduce contribuții importante în domeniul nutriției funcționale, arătând că o microbiotă sănătoasă poate juca un rol esențial în menținerea nivelurilor adecvate de coenzima Q10 și, implicit, în susținerea sănătății metabolice și antioxidante a organismului.

Referințe:

1. PERROTTA G. *Intestinal dysbiosis: definition, clinical implications, and proposed treatment protocol (Perrotta Protocol for Clinical Management of Intestinal Dysbiosis, PID) for the management and resolution of persistent or chronic dysbiosis?*. Archives of Clinical Gastroenterology, 2021, 7(2), 056-063.
2. JANDHYALA SM, TALUKDAR R, SUBRAMANYAM C, VUYURU H, SASIKALA M, NAGESHWAR REDDY D. *Role of the normal gut microbiota*. World J Gastroenterol. 2015, 21(29):8787-803.
3. GILL SR, POP M, DEBOY RT, ECKBURG PB, TURNBAUGH PJ et al. *Metagenomic analysis of the human distal gut microbiome*. Science, 2006, 312(5778), 1355-1359.
4. MAUKONEN J, SAARELA M. *Human gut microbiota: does diet matter?* Proceedings of the Nutrition Society, 2015, 74(1), 23-36.

5. GRAF D, Di CAGNO R, FAK F, FLINT HJ, NYMAN M, SAARELA M, WATZL B. *Contribution of diet to the composition of the human gut microbiota. Microbiome*, 2015, 26(1), 26164.
6. FLINT HJ, DUNCAN SH, SCOTT KP, LOUIS P. *Links between diet, gut microbiota composition and gut metabolism. Proceedings of the Nutrition Society*, 2015, 74(1), 13-22.
7. AGUIRRE M, ECK A, KOENEN ME, SAVELKOUL PH, BUDDING AE, VENEMA K. *Diet drives quick changes in the metabolic activity and composition of human gut microbiota in a validated in vitro gut model. Research in microbiology*, 2016, 167(2), 114-125.
8. ALOU MT, LAGIER JC, RAOULT D. *Diet influence on the gut microbiota and dysbiosis related to nutritional disorders. Human Microbiome Journal*, 2016, 1, 3-11.
9. CALDER PC, ORTEGA EF, MEYDANI SN, ADKINS Y, STEPHENSEN CB, THOMPSON B, ZWICKEY H. *Nutrition, immunosenescence, and infectious disease: an overview of the scientific evidence on micronutrients and on modulation of the gut microbiota. Advances in Nutrition*, 2022, 13(5), S1-S26.
10. WEISS GA, HENNET T. *Mechanisms and consequences of intestinal dysbiosis. Cellular and Molecular Life Sciences*, 2017, 74, 2959-2977.
11. YANG Q, LIANG Q, BALAKRISHNAN B, BELOBRAJDIC DP, FENG QJ, ZHANG W. *Role of dietary nutrients in the modulation of gut microbiota: a narrative review. Nutrients*, 2020, 12(2), 381.
12. SELMA MV, ESPIN JC, TOMAS-BARBERAN FA. *Interaction between phenolics and gut microbiota: role in human health. Journal of agricultural and food chemistry*, 2009, 57(15), 6485-6501.
13. PARKAR SG, STEVENSON DE, SKINNER MA. *The potential influence of fruit polyphenols on colonic microflora and human gut health. International journal of food microbiology*, 2008, 124(3), 295-298.
14. TABASCO R, SANCHEZ-PATAN F, MONAGAS M, BARTOLOME B, MORENO-ARRIBAS MV et al. *Effect of grape polyphenols on lactic acid bacteria and bifidobacteria growth: Resistance and metabolism. Food microbiology*, 2011, 28(7), 1345-1352.
15. TZOUNIS X et al. *Prebiotic evaluation of cocoa-derived flavanols in healthy humans by using a randomized, controlled, double-blind, crossover intervention study. The American journal of clinical nutrition* 2011, 93(1): 62-72.
16. CIUBOTARU I, GREEN SJ, KUKREJA S, BARENGOLTS E. *Significant differences in fecal microbiota are associated with various stages of glucose tolerance in African American male veterans. Translational Research*, 2015, 166(5), 401-411.
17. VITETTA L, LEONG A, ZHOU J, DAL FORNO S, HALL S, RUTOLO D. *The plasma bioavailability of coenzyme Q10 absorbed from the gut and the oral mucosa. Journal of Functional Biomaterials*, 2018, 9(4), 73.
18. WEBER C, BYSTED A, HLLMER G. *The coenzyme Q10 content of the average Danish diet. International Journal for Vitamin and Nutrition research. Internationale Zeitschrift für Vitamin- und Ernährungsforschung. Journal International de Vitaminologie et de Nutrition*, 1997, 67(2), 123-129.
19. MANTLE D, DYBRING A. *Bioavailability of coenzyme Q10: an overview of the absorption process and subsequent metabolism. Antioxidants*, 2020, 9(5), 386.
20. HARGREAVES I, HEATON RA, MANTLE D. *Disorders of human coenzyme Q10 metabolism: an overview. International journal of molecular sciences*, 2020, 21(18), 6695.
21. LAKHAN SE, KIRCHGESSNER A. *Gut inflammation in chronic fatigue syndrome. Nutrition & metabolism*, 2010, 7: 1-10.
22. LOGAN A, RAO V, IRANI D. *Chronic fatigue syndrome: lactic acid bacteria maybe of therapeutic value. Med Hypotheses*. 2003, 60: 915-923.
23. MYHILL S, BOOTH NE, MCLAREN-HOWARD J. *Chronic fatigue syndrome and mitochondrial dysfunction. Int J Clin Med*. 2009, 2: 1-16.
24. OJETTI, V., et al. *The role of small intestinal bacterial overgrowth in irritable bowel syndrome (IBS). Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 2009, 29(4), 466-474.
25. MAES, M., & Leunis, J. C. *Normobaric hypoxia and gut dysbiosis as new pathways to neurodegeneration: Cellular, oxidative, and inflammatory perspectives. Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 2008, 32(5), 1250-1262.
26. FUKUI, H. *Role of gut dysbiosis in liver diseases: What have we learned so far? World Journal of Hepatology*, 2016, 8(8), 634-643.

27. KALIORA, A. C., DEDOUSSIS, G. V., & SCHMIDT, H. *Dietary antioxidants in preventing atherogenesis. Atherosclerosis*, 2006, 187(1), 1-17.
28. HEMARAJATA, P., & VERSALOVIC, J. *Effects of probiotics on gut microbiota: Mechanisms of intestinal immunomodulation and neuromodulation. Therapeutic Advances in Gastroenterology*, 2013, 6(1), 39-51.
29. LITTARU, G. P., & TIANO, L. *Clinical aspects of coenzyme Q10: An update. Nutrition*, 2007, 23(9), 697-707.

Date despre autori:

Camelia RĂTEA, Mitogenix Innovations - Centrul de nutriție clinică de regenerare mitocondrială, doctorand, Fiziologie umană și animală, Școala Doctorală de Științe Biologice, Genomice, Chimice și Tehnologice, Universitatea de Stat din Moldova,

ORCID: 0009-0005-1087-0119

E-mail: adriana.socianu@mitogenix.ro

Adriana-Daniela SOCIANU, Mitogenix Innovations - Centrul de nutriție clinică de regenerare mitocondrială, masterandă în Nutriție Clinică și Comunitară, Universitatea de Medicină, Farmacie, Științe și Tehnologie „George Emil Palade” din Târgu-Mureș.

ORCID: 0009-0001-5312-1290

Septimiu Toader VOIDĂZAN, Departamentul de Epidemiologie, Universitatea de Medicină, Farmacie, Științe și Tehnologie „George Emil Palade” din Târgu-Mureș.

ORCID: 0000-0002-6467-6275

Prezentat la 30.09.2024

OPTIMIZAREA MODELELOR DE PREDICȚIE A HIPOGLICEMIEI PRIN COMBINAREA ALGORITMILOR GENETICI ȘI LEVENBERG-MARQUARDT

Ghenadie USIC,

Universitatea de Stat din Moldova

Această lucrare investighează o metodă de anticipare a episoadelor de hipoglicemie la persoanele cu diabet de tip 1, folosind rețele neuronale artificiale (RNA). Hipoglicemia este o problemă semnificativă care apare adeseori în urma tratamentului intens cu insulină; episoadele nocturne sunt foarte periculoase din cauză că simptomele pot fi adeseori greșit interpretate sau ignorate în timpul somnului și pot evolua către convulsii sau comă chiar și deces. Studiul examinează date de monitorizare continuă a glicemiei pe o perioadă de 3 luni ale cinci persoane diagnosticate cu diabet de tip I. Prin analiza datelor istorice disponibile, metoda propusă antrenează un model de învățare profundă pentru a detecta șabloane care pot semnaliza anticipat riscul de hipoglicemie. De asemenea, cercetarea prezintă o abordare pentru îmbunătățirea sensibilității și specificității predicțiilor prin includerea algoritmilor genetici și Levenberg-Marquardt în procesul de antrenare. Această adaptare refinează precizia predictivă a modelului și îmbunătățește adaptarea dinamică la caracteristicile unice ale fiecărui pacient în parte pentru a îmbunătăți rapiditatea și fiabilitatea predicțiilor sale.

Cuvinte-cheie: *sisteme de avertizare timpurie pentru diabet, rețele neuronale, algoritmi bio-inspirați, computație evoluționară, inteligență artificială, monitorizare glicemică personalizată.*

OPTIMIZING HYPOGLYCEMIA PREDICTION MODELS BY COMBINATING GENETIC AND LEVENBERG-MARQUARDT ALGORITHMS

This paper investigates a method for anticipating hypoglycemic episodes in individuals with type 1 diabetes using artificial neural networks (ANNs). Hypoglycemia is a significant problem that often occurs as a result of intensive insulin treatment; nocturnal episodes are particularly dangerous because symptoms can often be misinterpreted or ignored during sleep and can progress to seizures, coma, or even death. The study examines continuous glucose monitoring (CGM) data over a 3-month period, insulin dose records, and food diaries of five individuals diagnosed with type 1 diabetes. By analyzing available historical data, the proposed method trains a deep learning model to detect patterns that can signal the risk of hypoglycemia in advance. Additionally, the research presents an approach to improve the sensitivity and specificity of predictions by incorporating genetic algorithms and Levenberg-Marquardt in the training process. This adaptation refines the predictive accuracy of the model and enhances dynamic adaptation to the unique characteristics of each individual patient to improve the speed and reliability of its predictions.

Keywords: *early warning systems for diabetes, neural networks, bio-inspired algorithms, evolutionary computation, artificial intelligence, personalized glycemic monitoring.*

Introducere

Diabetul zaharat este o afecțiune metabolică cronică care se caracterizează prin producția insuficientă sau lipsa totală de insulină, ceea ce complică menținerea nivelurilor corecte de zahăr în sânge. Persoanele care au fost diagnosticate cu diabet zaharat trebuie să facă modificări semnificative în modurile lor de viață pentru a gestiona eficient nivelurile de glucoză în sânge. Conform Organizației Mondiale a Sănătății (OMS), diabetul zaharat este una dintre cele patru boli netransmisibile cu cea mai mare rată de mortalitate comparativ cu alte afecțiuni [1].

Hipoglicemia este definită ca fiind atunci când nivelul de glucoză în sânge scade la niveluri critice și reprezintă una dintre consecințele cele mai înfricoșătoare ale tratamentului cu insulină. Episoadele sunt considerate hipoglicemice când glicemia scade sub 60 mg/dl (3,33 mmol/l), iar cele severe, sub 50 mg/dl (2,8 mmol/l), necesită intervenție imediată [2].

O cercetare din 2004 a constatat că aproximativ o treime dintre cei care au participat (1076 de persoane) au experimentat hipoglicemie severă cu o incidență de 1,3 episoade/pacient pe an [3]. Hipoglicemia nocturnă este extrem de periculoasă deoarece somnul reduce semnificativ răspunsurile defensive ale corpului [4].

Intr-un studiu anterior subsemnatul sugera utilizarea unui model personalizat MISO (multi-input-single-output), care se bazează pe o rețea neuronală perceptron multistrat (MLP NN), ce integra o hartă autoorganizatoare (SOM) pentru a capta comportamentul metabolic al glucozei [5].

În domeniul cercetării medicale și biomedicale se folosesc des rețele neuronale artificiale (RNA) ca unelte puternice de clasificare; aceste rețele sunt recunoscute pentru abilitatea lor de modelare eficientă a relațiilor non-liniare dintre variabile. Printre metodele comune de antrenare se numără algoritmul Levenberg-Marquardt (LM), care utilizează informații de gradient de ordinul doi și Algoritmul Genetic (AG), o tehnică de optimizare inspirată din selecția naturală.

Această cercetare își propune să dezvolte o metodă de instruire a rețelelor neuronale pentru îmbunătățirea performanței algoritmului de clasificare prin explorarea unei abordări mixte care combină Algoritmul Genetic (AG) cu algoritmul lui Levenberg-Marquardt (LM), explorează beneficiile ambelor metode: AG este utilizat pentru identificarea constantă a zonelor în apropierea optimului global, în timp ce LM rafinează acest proces prin ajustarea rapidă a rețelelor.

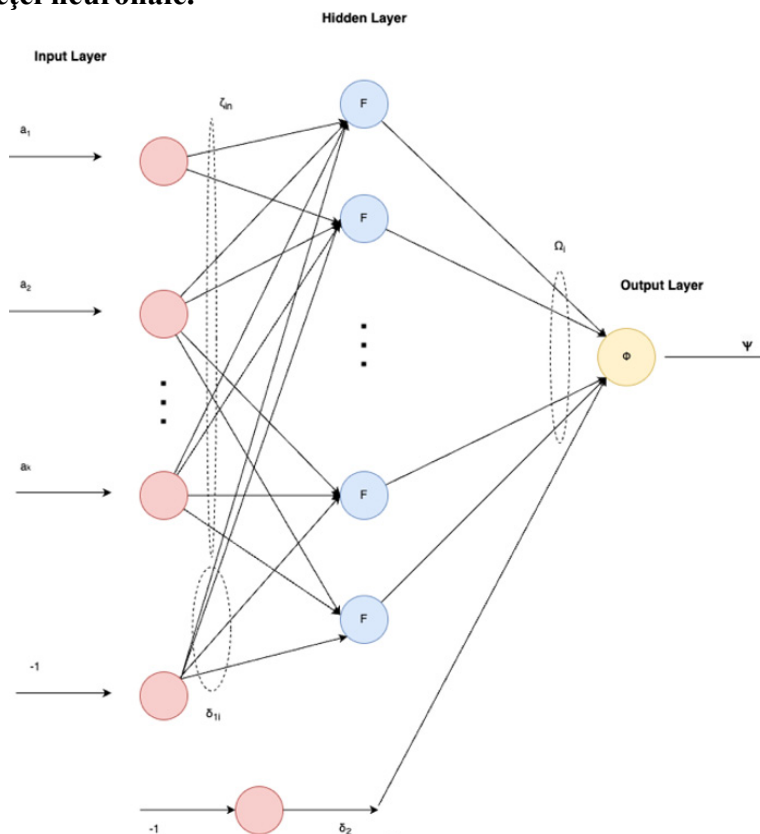
Metode și materiale aplicate

În cardul acestei cercetari a fost utilizat un set de date colectat de la 5 pacienți cu diabet zaharat de tip I prin intermediul unui sistem mobil de asistență, dezvoltat în studii anterioare [5].

Cu scopul de a dezvolta un sistem în timp real cu cerințe computaționale reduse, este proiectată o rețea neuronală feed-forward, formată din trei straturi care funcționează ca o unitate de clasificare în cadrul studiului. Structura rețelei este ilustrată în Fig. 1.

Stratul de intrare procesează caracteristicile derivate din măsurătorile glicemiei, în timp ce stratul de ieșire conține un singur nod care reprezintă rezultatul clasificării: stare hipoglicemică sau non-hipoglicemică. Ieșirea țintă este setată la valoarea 1 pentru stările hipoglicemice și -1 pentru condițiile non-hipoglicemice.

Fig. 1. Structura rețelei neuronale.



Din Fig. 1 relația de input-output a rețelei neuronale propuse poate fi scrisă ca:

$$\Psi = \sum_{i=1}^M \mu_i \operatorname{tansig} \left[\sum_{n=1}^K (\zeta_{in} a_n - \sigma_{1i}) \right] - \sigma_2$$

Unde μ_i este ponderea legăturii dintre al-lea nod ascuns și n-a intrare, ζ_{in} este ponderea legăturii dintre i- al-lea nod ascuns și ieșirea. a_n sunt părținiri pentru stratul de intrare și stratul ascuns. σ_{1i} este numărul de noduri ascunse, σ_2 este numărul de intrări, tansig este funcția de transfer sigmoid tangentă hiperbolică a stratului ascuns.

În dezvoltarea unei rețele neuronale, alegerea algoritmului de antrenament este esențială pentru obținerea performanței optime de clasificare. Această lucrare prezintă un proces de antrenament în doi pași care valorifică punctele forte ale algoritmilor genetici (GA) și ale metodei Levenberg-Marquardt (LM). Funcția de eroare utilizată pentru antrenament este eroarea medie pătratică (MSE) dintre ieșirea rețelei și ținta corespunzătoare. Numărul de noduri ascunse este determinat printr-o abordare de încercare și eroare pentru a identifica configurația care dă cele mai bune rezultate de clasificare.

GA este folosit pentru a optimiza parametrii rețelei neuronale prin explorarea întregului spațiu de căutare, ghidând antrenamentul către optimul global. Inițial, este generată o populație de cromozomi (indivizi), fiecare cromozom reprezentând un set de parametri pentru rețeaua neuronală sub forma \mathbf{p} . Lungimea fiecărui cromozom corespunde numărului total de parametri din rețea. În timpul evoluției, fiecare cromozom este evaluat folosind o funcție de fitness, care este definită după cum urmează [6]:

$$F(\text{chromosome}) = 1 / (1 + \text{MSE})$$

În fiecare iterație (sau generație) a procesului de antrenare, populația suferă actualizări prin selecție, încrucișare și mutație. În timpul selecției, cromozomii sunt aleși pe baza valorilor lor de fitness pentru a participa la reproducere. Cromozomii selectați sunt apoi supuși la două operații genetice: încrucișarea, care combină informații de la părinți, și mutația, care introduce variații în descendenți. Noii descendenți sunt evaluați de funcția de fitness, iar cei mai slabi cromozomi din populație sunt înlocuiți. Acest proces continuă până când se îndeplinește o condiție de terminare [6]. Cel mai bun cromozom din populația finală este utilizat pentru a inițializa parametrii rețelei neuronale pentru pasul următor, unde se aplică algoritmul Levenberg-Marquardt (LM).

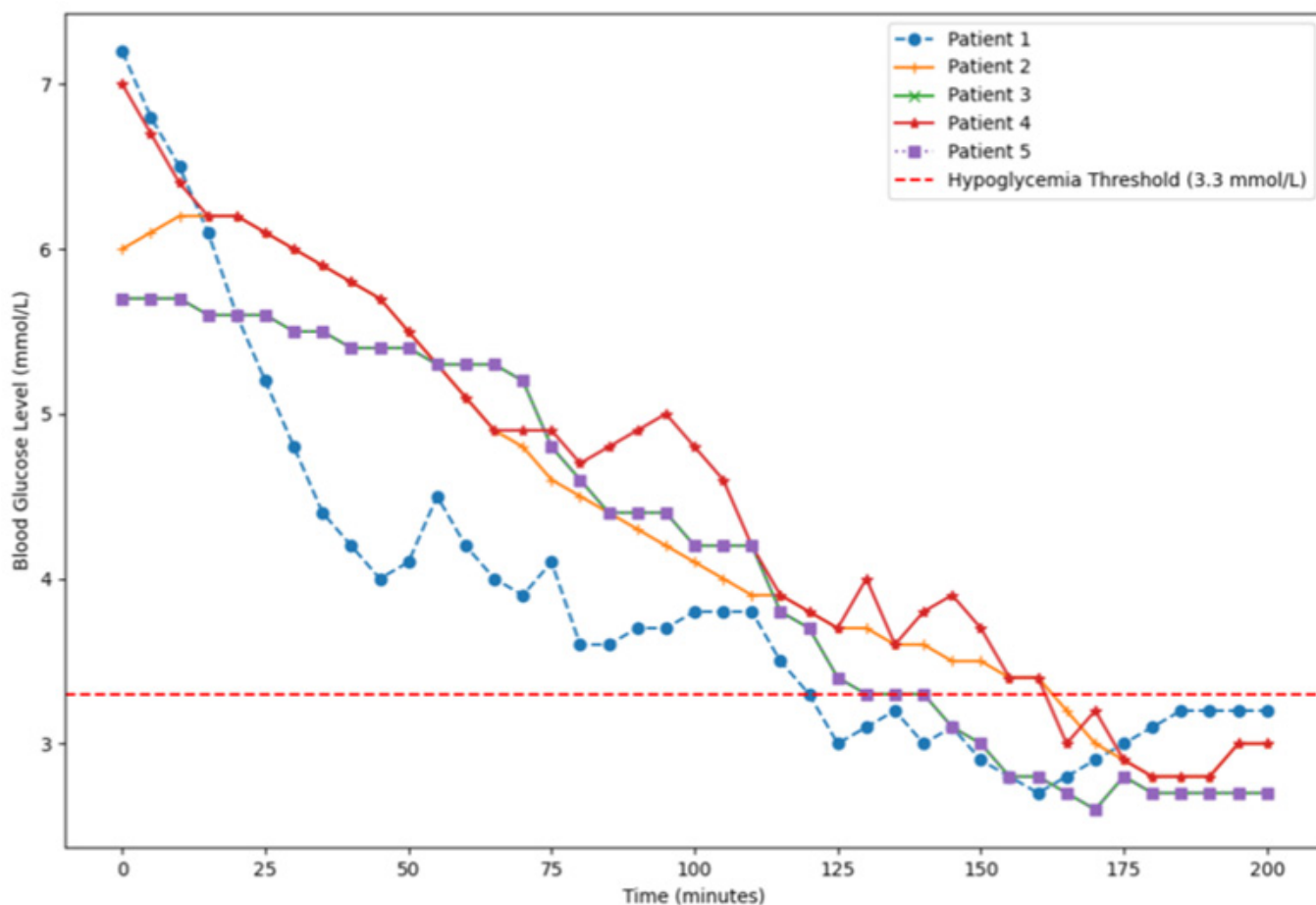
Pentru a aborda limitările GA, cum ar fi reglarea fină inefficientă și convergența lentă, algoritmul LM este folosit pentru optimizare locală, utilizând setul de parametri furnizat de GA. Algoritmul LM estimează derivata a doua direcțională a funcției de performanță (MSE) pentru a ghida antrenamentul către un optim local. Pentru a preveni supraajustarea și a menține generalizarea, eroarea pe un set de validare este monitorizată în timpul antrenamentului. Dacă eroarea de validare crește pentru un număr predefinit de iterații, antrenamentul este oprit, iar parametrii din acel punct sunt adoptați ca ponderile și bias-urile finale ale rețelei neuronale [7].

După determinarea parametrilor finali, se trasează o curbă Receiver Operating Characteristic (ROC) pentru setul de antrenare. Curba ROC ilustrează compromisul dintre rata de adevărat pozitiv (sensibilitatea) și rata de fals pozitiv (1-specificitatea) pentru diferite praguri ale clasificatorului. În contextul detectării hipoglicemiei, sensibilitatea - capacitatea de a identifica corect episoadele hipoglicemice - are prioritate față de specificitate [8]. Astfel, pe baza curbei ROC, pragul de ieșire este selectat pentru a obține o sensibilitate de clasificare de 80%. Această abordare asigură o sensibilitate ridicată, menținând în același timp o specificitate rezonabilă, în concordanță cu metodologia utilizată de Rickels et al. în evaluarea sistemelor de monitorizare continuă a glicemiei pentru evitarea hipoglicemiei [8].

Resultate obținute și discuții

Profilurile actuale ale BGL de la cinci pacienți cu diabet zaharat de tip I care au fost colectate în timpul studiului sunt prezentate în Fig. 2. Pragul BGL pentru a distinge între hipoglicemie și non-hipoglicemie este stabilit la 3,3 mmol/l.

Fig. 2. Profilurile nivelului de glucoză din sânge ale pacienților.



O rețea neuronală este dezvoltată cu 2 noduri de intrare (1 caracteristică x 2 canale), M noduri ascunse și 1 nod de ieșire. M variază de la 1 la 18 pentru a-l selecta pe cel care oferă cele mai bune performanțe. Ca rezultat, este recunoscut că pentru aplicația noastră cu 2 noduri de intrare și 1 nod de ieșire, $S = 7$ dă cele mai bune rezultate de clasificare. Următoarele rezultate corespund unei rețele neuronale de 7 noduri ascunse.

Pentru instruirea bazată pe GA, setul de date a fost împărțit într-un set de antrenament și un set de testare. Setul de antrenament a constat din date de la 3 pacienți, denumiți pacienți A, B și C. Setul de testare a fost format din date de la 2 pacienți suplimentari, D și E.

Următorii parametri și operatori au fost utilizați pentru formarea rețelelor neuronale bazate pe GA:

Tabel 1. Parametri pentru formarea rețelor neuronale bazate pe GA.

Parametru	Valoarea
Metoda de selecție	Clasament geometric normalizat
Operator crossover	Blend Crossover
Operator de mutație	Mutație neuniformă
Lungimea cromozomului	63
Generații maxime	5000
Dimensiunea populației	70
Interval de parametri	$[-3, 3]$ for

Rezultatele clasificării sunt prezentate în Tabelul 2.

Tabel 2. Rezultatele clasificării.

Metoda de antrenament	Sensibilitatea antrenamentului	Specificitatea antrenamentului	Sensibilitatea testării	Specificitatea testării
LM	74%	48%	61%	41%
GA	74%	36%	73%	39%
GA+LM	74%	52%	63%	57%

Concluzii

Această lucrare detaliază o abordare care combină algoritmi genetici (GA) și optimizarea Levenberg-Marquard (LM) pentru a îmbunătăți performanța în clasificarea unui algoritm de detectare a hipoglicemiei. Prin folosirea potențialului de căutare global al GA împreună cu avantajele căutării locale ale LM în procesul de antrenament al rețelelor neurale, rezultate arată o creștere a performanței clasificatorului, obținând până la 74% sensibilitate și 52% specificitate pe setul de antrenament și 63% sensibilitate și 57% specificitate pe setul de testare.

Având în vedere aceste rezultate, cercetările suplimentare sunt necesare pentru a explora algoritmi mai avansați și alte metode de a îmbunătăți și mai mult performanța sistemului. În prezent, unul dintre limitările studiului reprezintă cantitatea redusă de date disponibile.

Prin această metodologie propusă, se urmărește să avanseze în dezvoltarea sistem în timp real, capabil să monitorizeze starea pacienților, oferind alerte atât pacienților, cât și îngrijitorilor acestora atunci când se detectează hipoglicemie nocturnă în timpul somnului.

Referințe:

1. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Global status report on noncommunicable diseases*, 2014, 280 p. ISBN 9789241564854.
2. CRYER P. E. *Hypoglycaemia: the limiting factor in the glycaemic management of Type I and Type II diabetes*. *Diabetologia*, 2002 Jul 45(7), p. 937-948.
3. U. PEDERSEN-BJERGAARD, S. PRAMMING, S. R. HELLER, T. M. WALLACE, Å. K. RASMUSSEN, H. V. JØRGENSEN, D. R. MATTHEWS, P. HOUGAARD, AND B. THORSTEINSSON, *Severe hypoglycaemia in 1076 adult patients with type 1 diabetes: influence of risk markers and selection*, *Diabetes / Metabolism Research and Reviews*, vol. 20, 2004, p. 479-486.
4. DCCT RESEARCH GROUP, *Epidemiology of severe hypoglycemia in the diabetes control and complication trial*, *Am. J. Med.*, 90, 1991, p. 450-459.
5. G. USIC, *Personalized glucose prediction model for patients with type I diabetes*, *Proceedings of IV International Scientific and Technical Conference 'Computer and Information Systems and Technologies'*, CSI-TIC-2021, 2021, p. 9-10.
6. D. J. MONTANA and L. DAVIS, *Training Feed-Forward Neural Networks Using Genetic Algorithms*, *Proceedings of the 11th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 1989, p. 762-767.
7. M. T. HAGAN and M. B. MENHAJ, *Training feedforward networks with the Marquardt algorithm*, *Neural Networks, IEEE Transactions on*, vol. 5, 1994, p. 989-99.
8. RICKELS MR, PELECKIS AJ, DALTON-BAKES C, NAJI JR, RANNA, NGUYEN HL, O'BRIEN S, CHEN S, LEE I, *Continuous Glucose Monitoring for Hypoglycemia Avoidance and Glucose Counterregulation in Long-Standing Type 1 Diabetes*, *J Clin Endocrinol Metab*, 2018, 105-114.

Date despre autor:

Ghenadie USIC, doctorand, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0003-8423-0443

E-mail: ghenavl@gmail.com

Prezentate la 30.09.2024

CZU:591.69:636.598(478)

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_25](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_25)

INFESTAREA GÂȘTELOR (*ANSER ANSER DOMESTICUS L.*) DIN REPUBLICA MOLDOVA CU ECTOPARAZIȚI

Maria ZAMORNEA, Dumitru ERHAN, Ștefan RUSU, Olesia GLIGA,
Universitatea de Stat din Moldova

De la gâște (*Anser anser domesticus L.*) din Republica Moldova s-au recoltat 249 de eșantioane biologice. S-a stabilit infestarea lor cu 8 specii de malofagi (*Trinoton querquedulae* (Linnaeus, 1758), *Trinoton anserinum* (Fabricius, 1805), *Anatoecus adustus* (Nitzsch in Giebel, 1874), *Anatoecus icterodes* (Nitzsch, 1818), *Anaticola crassicornis* (Scopoli, 1763), *Anaticola anseris* (Linnaeus, 1758), *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)). Din speciile stabilite la gâște, o specie de malofagi (*Lipeurus caponis*) este comună pentru galinaceele domestice și sălbatice, 2 specii de acarieni: *Argas persicus* - parazitează pe galinaceele sălbatice și domestice, iar specia *Dermanyssus gallinae* - este comună la mai multe specii de păsări domestice, sălbatice și mamifere, inclusiv și la om.

Cuvinte-cheie: gâște, ectoparaziți, infestații, malofagi, acarieni.

INFESTATION OF GEESE (*ANSER ANSER DOMESTICUS L.*) FROM THE REPUBLIC OF MOLDOVA WITH ECTOPARASITES

From geese (*Anser anser domesticus L.*) from the Republic of Moldova, 249 biological samples were collected. Was established, their infestation with 8 species of malophages (*Trinoton querquedulae* (Linnaeus, 1758), *Trinoton anserinum* (Fabricius, 1805), *Anatoecus adustus* (Nitzsch in Giebel, 1874), *Anatoecus icterodes* (Nitzsch, 1818), *Anaticola crassicornis* (Scopoli, 1763), *Anaticola anseris* (Linnaeus, 1758), *Menopon obscurum* (Piaget, 1880), *Lipeurus caponis* (Linnaeus, 1758)), one species of gamasid mites (*Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778) and one species of argasid ticks (*Argas persicus* (Oken, 1818)). Of the species established in geese, one species of mite (*Lipeurus caponis*) is common to domestic and wild Gallinaceae, 2 species of mites: *Argas persicus* - parasitizes wild and domestic gallinaceae, and the species *Dermanyssus gallinae* - is common to several species of domestic, wild birds and mammals, including humans.

Keywords: geese, ectoparasites, infestations, malophagous, mites.

Introducere

Cercetările parazitologice a păsărilor domestice au o importanță multilaterală. Componenta paraziților la majoritatea păsărilor domestice pot influența considerabil asupra dinamicii populațiilor lor. Numai în cazuri unice păsările sunt atacate doar de o singură specie de parazit. Acarieni gamazizi și unele specii de malofagi, care parazitează pe păsările domestice și sălbatice, îndeplinesc și rolul de vectori ai unor agenți patogeni periculoși [1].

Numeroase date, privind infestarea păsărilor domestice, demonstrează că ele sunt, de obicei, parazitare concomitent de diverse specii de paraziți. Ecto- și endoparaziții păsărilor sunt răspândiți în toate unitățile avicole, indiferent de tehnologia de întreținere: intensiv, semi-intensivă sau tradițională. Malnutriția, suprapopulația și măsurile sanitare insuficiente favorizează creșterea infestației cu diverși agenți parazitari, până la valori maxime (100%). Autorii remarcă că, dintre păsări, galinaceele, în general, sunt mai receptive la infestare cu malofagi, decât palmipedele. Infestarea cu ectoparaziți afectează creșterea și productivitatea păsărilor din cauza iritației intense produse de acestea [2].

Datele oficiale demonstrează, că în anul 2023 în Republica Moldova activau 43 de unități de creștere a păsărilor și circa 227000 de gospodării individuale de creștere a păsărilor, în care erau crescute, în total, un număr de aproximativ șase milioane de păsări. Totuși, în anul 2023 Moldova nu a exportat niciun kilogram de carne, dar a importat peste 35400 tone [3].

Maladiile parazitare, prin particularitățile nișei ecologice a agenților cauzali, prin particularitățile evolutive a entităților determinate, îndeosebi prevalența ridicată, pierderile economice însemnate produse și caracterul zoonotic al multora dintre ele, impun „o luptă antiparazitara” continuă. Această luptă se realizează prin controlul parazitologic și prin eradicarea parazitozelor [4].

Așadar, este important de evidențiat comunitățile parazitare ale păsărilor domestice și sălbatice, care se păstrează, se mențin și se răspândesc de către ele, ceea ce este una din problemele actuale ale parazitologiei și ecologiei contemporane. Realizarea cercetărilor parazitologice la păsări, va contribui la creșterea producției de carne și ouă, la diminuarea morbidității, mortalității și costurilor la tratamentul lor prin dezvoltarea și aplicarea unei strategii de control parazitologic integrat.

Material și metode

Investigațiile cu privire la stabilirea diversității agenților parazitari la găște (*Anser anser domesticus* L.), au fost efectuate în perioada anilor 2023-2024. Au fost recoltate 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 [5] și metodei speciale de examinare și colectare a ectoparaziților la păsări după Dubinina, M. [6]. 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 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, care aparțin taxonomic la ordinele *Amblycera* și *Ischnocera* și familiile *Menoponidae* și *Philopteriidae*. Totodată, la păsările domestice au fost înregistrate parazitarea a 18 specii de malofagi, 2 specii de purici și 2 specii de acarieni gamazizi. [7, 8] (Tabelul 1).

Pentru stabilirea infestării cu agenți parazitari la palmipede (*Anser anser domesticus* L.) s-au recoltat 249 de eșantioane biologice din diverse gospodării particulare din Republica Moldova.

În rezultatul cercetărilor parazitologice efectuate la găște (*Anser anser domesticus* L.) s-a stabilit că ele sunt infestate cu diverși agenți parazitari periculoși. S-a înregistrat infestarea palmipedelor domestice din familia *Anatidae* (gâște) cu 10 specii de agenți parazitari care aparțin taxonomic la 2 clase (Insecta, Arachnida), 6 familii (*Trinotonidae*, *Philopteridae*, *Menoponidae*, *Lipeuridae*, *Dermanyssidae*, *Argasidae*) și 7 genuri (*Anatoecus*, *Anaticola*, *Trinoton*, *Menopon*, *Lipeurus*, *Dermanyssus*, *Argas*).

Totodată, la găște (*Anser anser domesticus*, Linnaeus, 1758) au fost stabilite infestarea lor cu 8 specii de malofagi (*Trinoton querquedulae*, Linnaeus, 1758, *Trinoton anserinum*, Fabricius, 1805, *Anatoecus adustus*, Nitzsch in Giebel, 1874, *Anatoecus icterodes*, Nitzsch, 1818, *Anaticola crassicornis*, Scopoli, 1763, *Anaticola anseris*, Linnaeus, 1758, *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).

Din speciile stabilite la găște, o specie de malofagi (*Lipeurus caponis*) este comună pentru galinaceele domestice și sălbatice, 2 specii de acarieni: *Argas persicus* - parazitează pe galinaceele sălbatice și domestice, iar specia *Dermanyssus gallinae* - este comună la mai multe specii de păsări domestice, sălbatice și mamifere, inclusiv și la om.

Așadar, s-a stabilit un nivel înalt de infestare a palmipedelor domestice cu diverși agenți parazitari din ecosistemele naturale și antropizate din diverse zone ale Republicii Moldova, ceea ce demonstrează participarea lor la menținerea lanțului epizootic al acestor maladii și au un rol important în formarea și menținerea focarelor de agenți parazitari în ecosistemele naturale și antropizate din Republica Moldova.

Infestații cu o singură specie de paraziți este rară în condiții naturale, infecțiile mixte fiind de regulă. Întrucât combaterea agenților parazitari este greu de realizat și foarte costisitoare, iar măsurile profilactice sunt eficiente.

Prin urmare, măsurile de biocontrol pot minimaliza răspândirea agenților parazitari.

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

Nº d/o	Denumirea paraziților	Gazda
MALOFAGI		
	<i>Cuclotogaster heterographus</i> (Nitzsch, 1866)	Găini (+), curci (++)
	<i>Chelopistes meleagridis</i> (Linnaeus, 1758)	Găini (+), curci (+++), picheri (+++)
	<i>Eomenacanthus stramineus</i> (Nitzsch, 1818)	Găini (+++), curci (+)
	<i>Goniocotes gallinae</i> (De Geer, 1778)	Găini (+++)
	<i>Goniocotes maculatus</i> (Taschenberg, 1882)	Găini (+), picheri (++)
	<i>Goniodes dissimilis</i> (Nitzsch, 1818)	Găini (+)
	<i>Menopon gallinae</i> (Linnaeus, 1758)	Găini (+++)
	<i>Menacanthus cornutus</i> (Schomer, 1913)	Găini (++)
	<i>Menacanthus pallidulus</i> (Neumann, 1912)	Găini (+)
	<i>Lipeurus caponis</i> (Linnaeus, 1758)	Găini (+)
	<i>Anaticola crassicornis</i> (Scopoli, 1763)	Rațe (+++), găște (+++)
	<i>Anatoecus dentatus</i> (Scopoli, 1763)	Rațe (++ +), găște (+++)
	<i>Anatoecus icterodes</i> (Nitzsch, 1818)	Rațe (++) , găște (++)
	<i>Bonomiella columbae</i> (Emerson, 1957)	Porumbei (+)
	<i>Campanulotes compar</i> (Burmeister, 1838)	Porumbei (++)
	<i>Columbicola columbae</i> (Linnaeus, 1758)	Porumbei (+++)
	<i>Hochorstiella lata</i> (Piaget, 1880)	Porumbei (+)
	<i>Neocolpocephalum turbinatum</i> (Denny, 1842)	Porumbei (++)
PURICI		
	<i>Ceratophylus gallinae</i> (Schrank)	Găini (+), picheri (+), porumbei (+), în așternutul cuiburilor (+++)
	<i>C. hirundinis</i> (Curtis)	Găini (+), porumbei (+), în așternutul cuiburilor (+++)
ACARIENI PARAZITIFORMI		
	<i>Dermanyssus gallinae</i> (Redi)	Găini (+++), curci (+), picheri (+), porumbei (+), așternutul cuibarilor (+++)
	<i>D. hirundinis</i> (Herm.)	Găini (+), curci (+), picheri (+), porumbei (+), așternutul cuiburilor

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

Concluzii

1. S-a stabilit, că **gâștele domestice** (*Anser anser domesticus*, Linnaeus, 1758) au fost infestate cu 8 specii de malofagi (*Trinoton querquedulae*, Linnaeus, 1758, *Trinoton anserinum*, Fabricius, 1805, *Anatoecus adustus*, Nitzsch in Giebel, 1874, *Anatoecus icterodes*, Nitzsch, 1818, *Anaticola crassicornis*, Scopoli, 1763, *Anaticola anseris*, Linnaeus, 1758, *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).

2. S-a determinat, că o specie de malofagi (*Lipeurus caponis*) este comună pentru galinaceele domestice și sălbatice, 2 specii de acarieni: *Argas persicus* - parazitează pe galinaceele sălbatice și domestice, iar specia *Dermanyssus gallinae* - este comună la mai multe specii de păsări domestice, sălbatice și mamifere, inclusiv și la om.

Referințe:

1. ТОДЕРАШ, И. и другие. Роль птиц и эктопаразитов в поддержании, возобновлении и возможном появлении новых очаговых зоонозных инфекций. Сообщение 1. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2008. nr 2, p. 4-10. ISSN 1857-2103.
2. ȘUTEU, I., COZMA, V. *Parazitologie clinică veterinară*. Edit Risoprint, Cluj-Napoca, 2007, Vol. 2, 349 p. ISBN 973-656-632-3.
3. <https://agora.md/2023/12/29/in-anul-2023-moldova-nu-a-exportat-niciun-kilogram-de-carne-dar-a-importat-pestes-35400-tone>].
4. MITREA, I. *Controlul parazitologic - concept biologic, medical și economic*. *Scientia Parasitologica*. Cluj-Napoca, 2002, vol. 1, p.79-89.
5. 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.
6. ДУБИНИНА, М. Н. *Паразитологическое исследование птиц*. 1955. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 132 с.
7. ЛУНКАШУ М., ЕРХАН Д., ЗАМОРНЯ М. *Изучение фауны пухоедов (Insecta: Mallophaga) домашних и диких птиц Днестровско – Прутского междуречья*. В: „*Ecologia, evoluția și diversitatea regnului animal și vegetal*”. Chișinău, 2003, p. 82-88.
8. 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.

Notă: *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 procedeelelor inovative de control integral al speciilor de interes comunitar”, cu cifrul: 20.80009.7007.12 F și a Subprogramului cu cifrul 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

CZU: 796.4:613.2.03

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_26](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_26)

EFECTELE INTERVENȚIEI DIETETICE ASUPRA PERFORMANȚEI SPORTIVE LA UN ATLET CU SINDROMUL INTESTINULUI PERMEABIL - STUDIU DE CAZ

Camelia RÂTEA,

*Mitogenix Innovations - Centrul de nutriție clinică de regenerare mitocondrială,
Universitatea de Stat din Moldova*

Adriana-Daniela SOCIANU,

*Mitogenix Innovations - Centrul de nutriție clinică de regenerare mitocondrială,
Universitatea de Medicină, Farmacie, Științe și Tehnologie „George Emil Palade” din Târgu-Mureș*

Studiul de caz explorează impactul intervenției nutriționale asupra performanței sportive și sănătății intestinale la un tânăr sportiv diagnosticat cu sindromul intestinului permeabil.

Obiectivul principal a fost evaluarea modificărilor în parametri biologici asociați cu permeabilitatea intestinală, precum zonulina, vitamina D3, fierul seric și feritina, în urma unei diete personalizate fără gluten și lactate, suplimentate cu alimente funcționale și nutraceutice. Studiul a implicat monitorizarea unui băiat de 11 ani, sportiv de performanță, pe o perioadă de 2,5 ani.

Rezultatele au indicat îmbunătățiri semnificative în nivelurile serice de vitamina D3 și o reducere constantă a zonulinei fecale, sugerând ameliorarea permeabilității intestinale.

Creșterea constantă a fierului seric și a piruvatului a reflectat optimizarea stării nutriționale și metabolice, susținând o recuperare fizică mai eficientă și o performanță sportivă îmbunătățită. Acest studiu demonstrează rolul crucial al intervențiilor dietetice personalizate în menținerea homeostaziei intestinale și susținerea dezvoltării sănătoase a sportivilor tineri.

Cuvinte-cheie: *intervenție nutrițională, nutriția sportivului, piruvat, zonulin, vitamina D3, feritină, permeabilitate intestinală.*

EFFECTS OF DIETARY INTERVENTION ON SPORTS PERFORMANCE IN AN ATHLETE WITH LEAKY GUT SYNDROME - A CASE STUDY

This case study explores the impact of nutritional intervention on sports performance and intestinal health in a young athlete diagnosed with leaky gut syndrome.

The primary objective was to evaluate changes in biological parameters associated with intestinal permeability, such as zonulin, vitamin D3, serum iron, and ferritin, following a personalized gluten- and dairy-free diet supplemented with functional foods and nutraceuticals. The study involved monitoring an 11-year-old performance athlete over a period of 2.5 years.

The results indicated significant improvements in serum vitamin D3 levels and a steady reduction in fecal zonulin, suggesting improved intestinal permeability. Consistent increases in serum iron and pyruvate reflected optimization of nutritional and metabolic status, supporting more efficient physical recovery and enhanced athletic performance.

This study demonstrates the crucial role of personalized dietary interventions in maintaining intestinal homeostasis and supporting the healthy development of young athletes.

Keywords: *nutritional intervention, athlete nutrition, pyruvate, zonulin, vitamin D3, ferritin, intestinal permeability.*

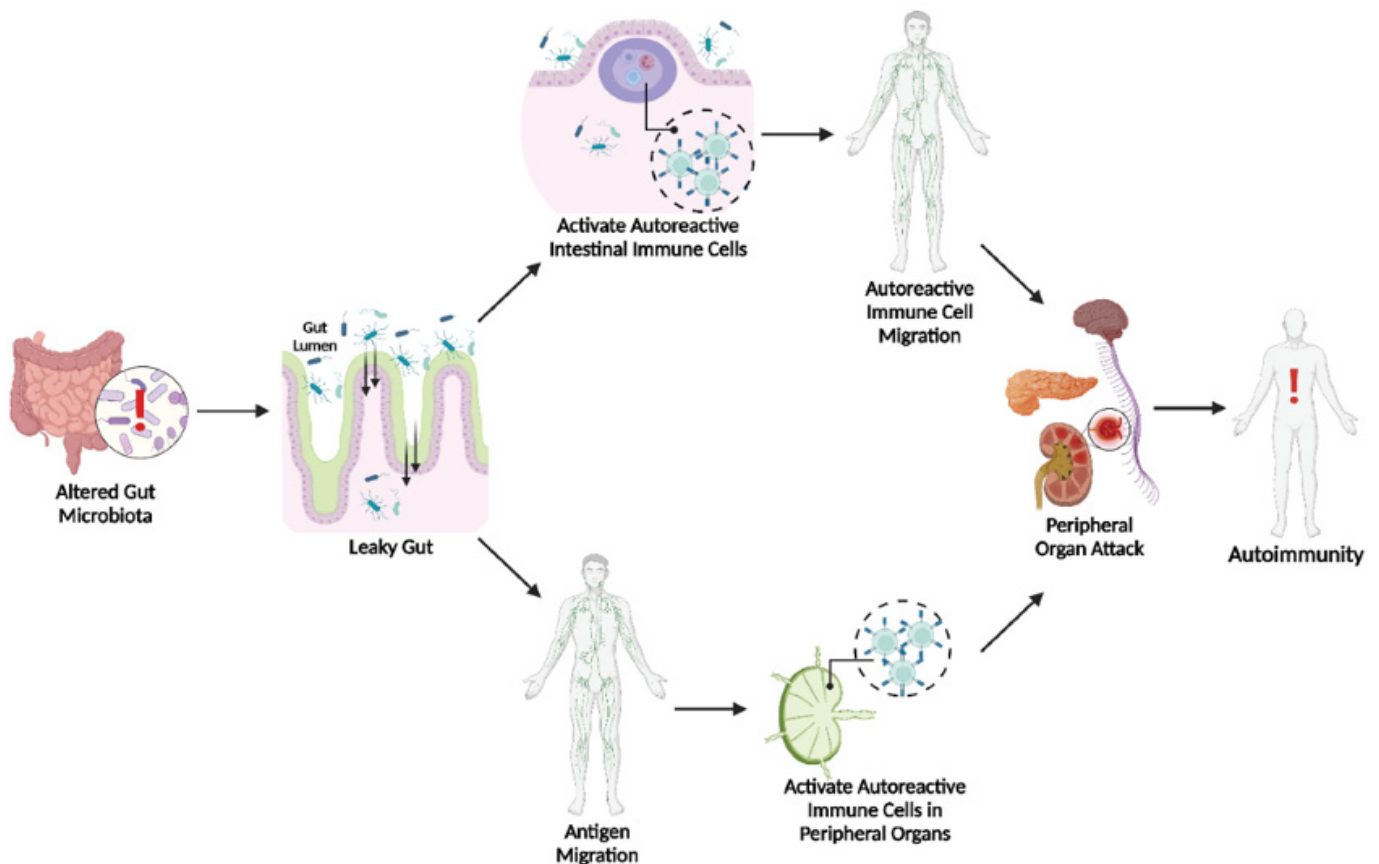
Introducere

Sindromul intestinului permeabil este o afecțiune medicală definită prin hiperpermeabilitatea intestinală. Deoarece bariera intestinală joacă un rol esențial în menținerea echilibrului în întregul tract gastrointestinal, deteriorarea integrității sale, cauzată de schimbările în compoziția bacteriană, reducerea expresiei proteinelor de joncțiune strânsă și creșterea concentrației de citokine pro-inflamatorii, poate conduce la hiperperme-

abilitatea intestinală, urmată de apariția unor afecțiuni gastrointestinale și non-gastrointestinale. Conform unui studiu multinațional pe scară largă, mai mult de 40% dintre oamenii din întreaga lume se confruntă cu tulburări gastrointestinale funcționale, afectând calitatea vieții și determinând utilizarea asistenței medicale. Principalele simptome ale sindromului intestinului permeabil, inclusiv diareea acută sau cronică, constipația, balonarea, oboseala și durerile de cap, sunt în mare parte asociate cu cauza principală a acestei tulburări, care poate fi hiperpermeabilitatea intestinală [1, 2, 3, 4, 5].

Tulburările gastrointestinale funcționale sunt extrem de comune și influențează viața copiilor și a adulților tineri, reprezentând 50% din vizitele la gastroenterologul pediatru. Se știe că aceste tulburări pot fi determinate de modificări în axa intestin-creier, de disbioză și de dereglarea barierei intestinale, ceea ce duce la creșterea permeabilității intestinale [6].

Figura 1. Disbioza microbiană și căile inițiate de intestin permeabil către autoimunitate [7].



Cercetările privind tratarea permeabilității intestinale se concentrează în principal pe evitarea consumului excesiv de zahăr și grăsimi și pe adoptarea unei diete FODMAP (oligozaharide fermentabile, dizaharide, monozaharide și polioli), precum și pe utilizarea de prebiotice, probiotice, fibre, glutamină, acizi grași cu lanț scurt, quercetină și metformină. Există câteva alimente și ingrediente funcționale care au demonstrat un mare potențial în tratarea intestinului permeabil. Unele plante, polifenoli, aminoacizi, minerale, antioxidanți și produse alimentare pot contribui la îmbunătățirea funcționalității barierei intestinale și la reducerea permeabilității intestinale [8].

Tabelul 1. Probiotice care s-au dovedit benefice în intestinul permeabil [8].

Probiotic	Potențiale beneficii pentru sănătate
<i>Lactobacillus rhamnosus GG</i>	Ameliorează tulburările gastrointestinale/sindromul intestinului permeabil la copii și adulți, ameliorează diareea și gastroenterita la copii
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Ameliorează diareea acută la copii și diareea cronică la adulți

<i>Lactobacillus plantarum</i>	Contribuie la reducerea simptomelor sindromului intestinului iritabil
<i>Bifidobacterium infantis</i>	Prin administrarea de <i>B. longum</i> și <i>B. breve</i> , se observă o îmbunătățire a absorbției antigenului la pacienții pediatrici cu boală Crohn
<i>Bifidobacterium animalis lactis BB-12</i>	Ameliorează diareea asociată antibioticelor și funcția intestinală la adulți
<i>E. coli Nissle 1917</i>	Contribuie la menținerea remisiunii la pacienții cu colită ulcerativă (adulți)

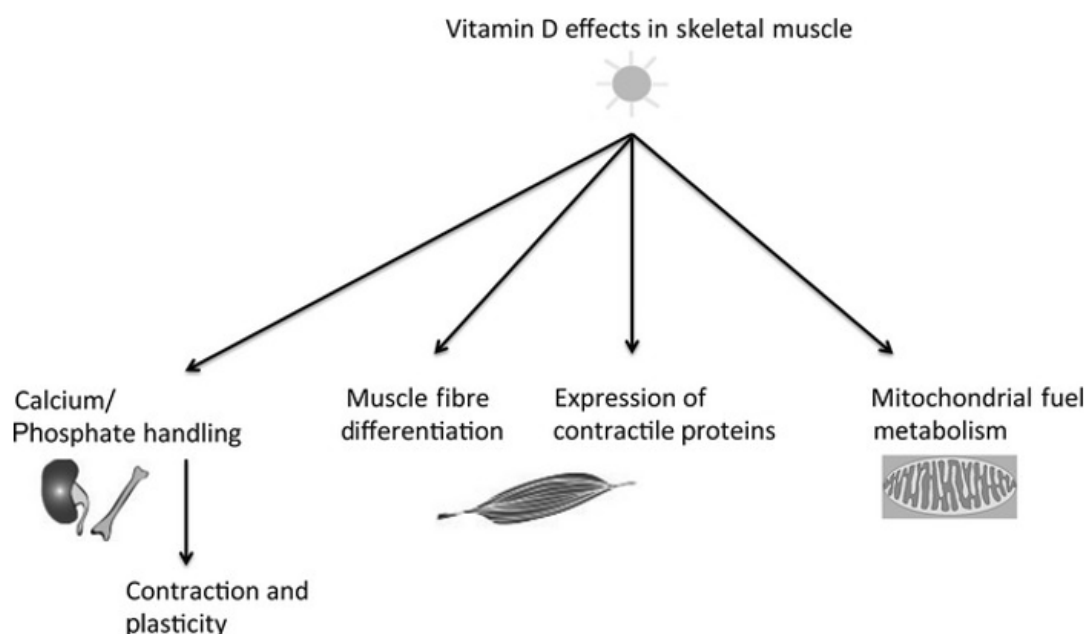
Zonulina este un mediator care facilitează mișcarea fiziologică a moleculelor din lumenul intestinal prin relaxarea joncțiunilor strânse. Aceste joncțiuni celulare sunt parte din structura joncțiunilor ocluzive, cunoscute sub denumirea de zonula occludens (ZO). Funcția lor primară este de a limita trecerea particulelor nocive în mucoasa intestinală. În situația unei secreții excesive de zonulină, creșterea mobilității macromoleculilor prin mucoasa intestinală poate declanșa un răspuns imunitar, care poate contribui la dezvoltarea bolilor autoimune intestinale și extra intestinale. Acest fenomen este influențat de factori genetici [10].

Principalii factori care declanșează eliberarea de zonulină sunt expunerea intestinului subțire la bacterii și gluten. Studiile arată că această secreție de zonulină, indiferent de tipul de bacterii, are loc în mucoasa intestinală și duce la creșterea permeabilității prin dezlipirea proteinei zonula occludens 1, deschizând calea paracelulară pentru eliminarea microorganismelor. În mod similar, gliadina, proteina din grâu, afectează bariera intestinală prin eliberarea de zonulină via receptorul CXCR3, contribuind astfel la răspunsul imunitar împotriva colonizării bacteriene [9].

Vitamina D este esențială pentru prevenirea stresului și sănătatea oaselor, aspecte critice pentru sportivi. Deși ratele de insuficiență variază, majoritatea cercetătorilor recomandă evaluarea și optimizarea nivelurilor de vitamina D, țintind valori de 25(OH)vitamina D > 40 ng/mL. Aceasta sprijină creșterea osoasă, metabolismul electroliților, sinteza proteinelor, expresia genelor și funcția imunitară, elemente fundamentale mai ales pentru sportivii de performanță. Chiar dacă dovezile privind impactul vitaminei D asupra performanței sunt limitate, menținerea nivelurilor optime rămâne o prioritate pentru sportivi [11].

Exercițiile fizice și performanța sportivilor pot fi afectate negativ de un nivel scăzut de vitamina D, influențând forța și performanța musculară. Studiile pe populații tinere și vârstnice non-sportive au arătat că deficiența de vitamina D se corelează negativ cu forța musculară. La sportivii cu deficiență, suplimentarea cu vitamina D poate îmbunătăți anumite aspecte ale performanței musculare [12].

Figura 2. Efectele potențiale ale vitaminei D asupra celulelor musculare [13].



Fierul este un mineral esențial pentru sportivii de anduranță, fiind vital în metabolismul energetic, transportul oxigenului și echilibrul acido-bazic, toate necesare pentru performanță optimă. Acești sportivi au un risc crescut de deficit de fier, din cauza cerințelor ridicate și a aportului alimentar adesea insuficient, ceea ce poate afecta negativ performanța [14].

Un studiu britanic a indicat că 21% dintre adolescenții cu vârste între 11 și 18 ani prezintă deficit de fier. Deși această prevalență ar putea fi și mai mare în rândul sportivilor tineri, există date limitate privind deficiența de fier la această categorie [15].

Scopul studiului

Scopul acestui studiu a fost evaluarea efectelor intervenției nutriționale și a alimentelor funcționale asupra unor biomarkeri relevanți pentru sindromul intestinului permeabil, cum ar fi zonulina din materii fecale, vitamina D3 (25-hidroxi), fierul seric și feritina serică. Analiza a utilizat date provenite dintr-o serie de teste de laborator realizate între anii 2021 și 2024, în cadrul laboratoarelor autorizate Bioclinica din România și GanzImmunoDiagnostics din Germania.

Material și metodă

Studiul de caz a implicat un băiat de 10 ani, sportiv de performanță în tenis, care s-a prezentat în anul 2021 la un nutriționist-dietetician autorizat din cadrul Mitogenix Innovations, o clinică autorizată de nutriție și dietetică specializată în regenerare mitocondrială și boli de nutriție, situată în orașul Târgu-Mureș. În urma anamnezei nutriționale, s-a constatat că acesta se afla la percentila 75 pentru greutate, fiind sub greutatea optimă și mai scund decât media pentru vârsta sa. De asemenea, prezenta simptome precum balonare, digestie lentă, oboseală, lipsa poftei de mâncare, greață și flatulență. Nivelurile de vitamina D3 (25-hidroxi), feritină serică, fier seric, piruvat seric și zonulina din materii fecale au fost măsurate atât la începutul intervenției dietetice, cât și pe parcursul acesteia.

S-a implementat o intervenție nutrițională specifică, care a exclus lactatele și glutenul și a inclus o dietă compusă din 70% proteine vegetale și 30% proteine animale, alături de fibre, fructe și legume, atât proaspete, cât și gătit. Pe parcursul a 2,5 ani, copilul a fost monitorizat pentru creșterea în greutate și în înălțime, precum și pentru evoluția simptomelor gastrointestinale. Alimentația a fost suplimentată cu diverse alimente funcționale pentru a sprijini recuperarea și a îmbunătăți performanța sportivă.

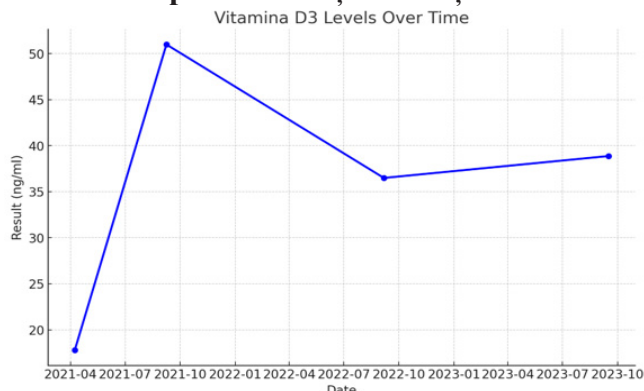
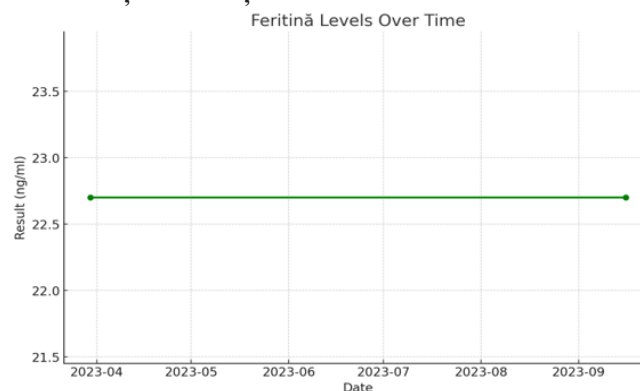
Suplimentele administrate au inclus: proteine din zer, Omega-3, vitamina D3 lichidă, probiotice, minerale, magneziu coloidal, piruvat, coenzima Q10, hepatoprotectori și enzime digestive naturale.

Rezultate și discuții

În acest studiu de caz, s-a observat o creștere semnificativă a nivelului de vitamina D3 25-hidroxi după administrarea orală. Analiza cronologică a rezultatelor de laborator și a suplimentelor administrate evidențiază îmbunătățiri marcante ale parametrilor de sănătate, în special pentru zonulină, piruvat seric, fier seric, feritină serică și vitamina D3. Scăderea nivelului de zonulină sugerează o ameliorare a permeabilității intestinale, probabil datorită dietei fără gluten și lactate, în asociere cu suplimentarea cu probiotice și collagen.

Graficele de mai jos ilustrează evoluția valorilor analizelor pentru vitamina D3, feritină, fier seric, zonulină și piruvat pe parcursul unei perioade de aproximativ trei ani, reflectând monitorizarea dietetică aplicată unui copil implicat în activități sportive de performanță, în contextul intervențiilor nutriționale menite să corecteze deficiențele micronutriționale.

Nivelul de vitamina D3 a prezentat variații pe parcursul studiului, înregistrând o creștere semnificativă după suplimentare, până la atingerea valorilor normale. Totuși, aceste niveluri au continuat să fluctueze, influențate de anotimp și de ajustările dietetice. Suplimentarea combinată cu vitamina D3 și Omega-3 s-a dovedit constant eficientă în menținerea unor niveluri optime de vitamine și acizi grași esențiali, esențiali pentru sănătatea generală și pentru susținerea performanței sportive. Într-un studiu realizat de Philpott et al. [16], publicat în *Research in Sports Medicine*, se evidențiază beneficiile suplimentării cu Omega-3 pentru sportivi, subliniind impactul pozitiv asupra sănătății cardiovasculare, reducerea inflamației și îmbunătățirea recuperării și performanței atletice.

Figura 3. Evoluția vitaminei D3 25-hidroxi serice în timpul intervenției nutriționale clinice.**Figura 4. Evoluția feritinei serice în timpul intervenției nutriționale clinice**

La începutul studiului, nivelurile de feritină s-au situat la limita inferioară a intervalului normal și au rămas constante pe parcurs, probabil datorită monitorizării regulate și intervențiilor dietetice adecvate.

Nivelurile de fier seric au crescut constant, atingând valori normale pe parcursul perioadei monitorizate, ceea ce sugerează o îmbunătățire semnificativă a statusului de fier, probabil ca rezultat al intervențiilor dietetice specifice.

Figura 6 prezintă evoluția nivelului de zonulină în timp, indicând o scădere constantă, cu o reducere semnificativă observată între martie și septembrie 2023. Aceasta sugerează un efect pozitiv al intervențiilor nutriționale și al alimentelor funcționale asupra reducerii permeabilității intestinale.

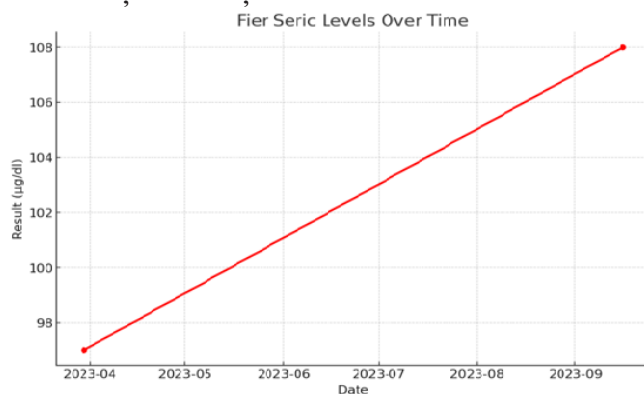
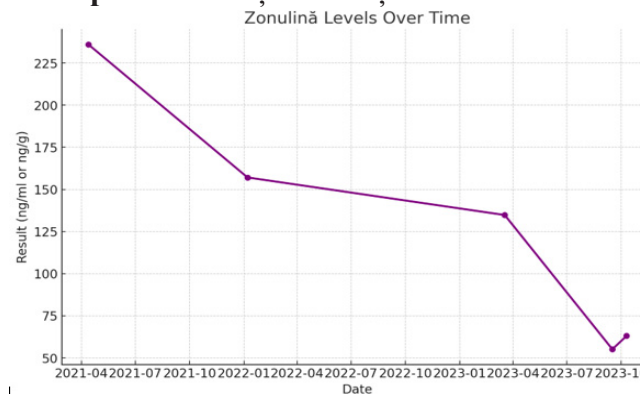
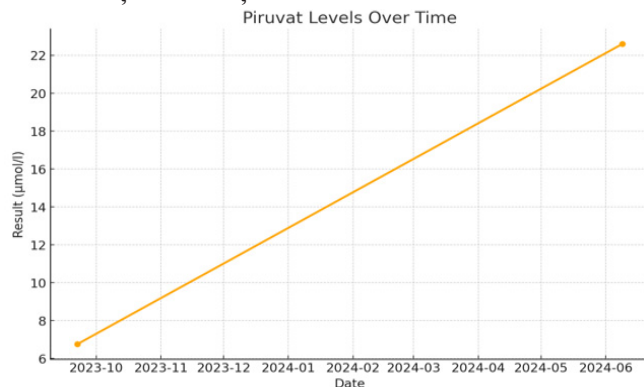
Figura 5. Evoluția fierului seric în timpul intervenției nutriționale clinice.**Figura 6. Evoluția zonulinei din materii fecale în timpul intervenției nutriționale.****Figura 7. Evoluția piruvatului seric în timpul intervenției nutriționale clinice.**

Figura 7 indică o creștere constantă, cu valori inițial scăzute care au progresat treptat, sugerând o posibilă optimizare metabolică obținută prin intervenții dietetice. Aceste variații sugerează că intervențiile

Studiile susțin că o dietă fără gluten și lactate poate diminua inflamația intestinală și susține sănătatea mucoasei intestinale, lucru evidențiat prin scăderea zonulinei, un marker al permeabilității intestinale (LeakyGut). Un studiu publicat în BMC Medicine [17] examinează spectrul tulburărilor legate de gluten, demonstrând că eliminarea glutenului poate reduce inflamația și îmbunătăți integritatea mucoasei intestinale la persoanele susceptibile. O lucrare din Therapeutic Advances in Gastroenterology descrie modul în care probioticele pot modula flora intestinală, întări bariera intestinală și reduce inflamația, contribuind astfel la sănătatea gastrointestinală [18].

nutriționale personalizate au avut un efect pozitiv asupra homeostaziei și statusul uinutrițional, menținând copilul într-o condiție optimă pentru activități fizice intense.

Aceste intervenții nutriționale, incluzând adaptarea dietei și suplimentarea cu alimente funcționale, au contribuit semnificativ la creșterea în greutate și înălțime a pacientului, aducându-l în intervalul percentilar normal pentru vârsta sa.

Aceste rezultate confirmă eficacitatea abordării nutriționale personalizate și a suplimentelor alimentare funcționale, demonstrând impactul pozitiv al acestora asupra dezvoltării armonioase și susținerii unui status nutrițional optim.

Tabelul 2. Suplimentele și alimentele funcționale recomandate în intervenția nutrițională clinică.

Nr.	Produs	Doză	Frecvență	Durată
1	Protein True Whey	25gr	O dată la 3 zile	2,5 ani
2	Cremă proteică	30 g	Zilnic	1,5 ani
3	Protein Pancake & Waffle Mix	2-3 bucati	De 3 ori pe săpt.	2ani
4	Omega 3 Forte 500mg DHA	1 capsulă	Zilnic	2 ani
5	Vitamina D3 2500 unități lichidă	1 pipetă	Zilnic	1 an
6	Jarro-Dophilus EPS Probiotic	1 capsulă	Zilnic	6 luni
7	Joint Support - Colagen lichid hidrolizat de tip 1,2 și 3	5gr	Zilnic	1 an
8	Magneziu coloidal 300mg	10 ml	Zilnic	6 luni
9	Pyruvat Calcium	300 mg per capsulă	Nespecificat	4 luni
10	Doctor Taller Advanced Growth Formula, Children 8+Teens	1 capsulă	Zilnic dimineața	1 an
11	Thor Trace Minerals	1capsulă 2ori pe săpt	Săptămănal	6 luni
12	Bromelain & Papain	1capsulă seara	10zile pe lună	2 ani
13	Serra-Plus Serapeptaza Forte	1capsulă seara	Zilnic	4 luni
14	Zenyth – Colobiotic s-a luat dupa Jarro-Dophilus	1 capsulă	Zilnic	6 luni
15	Coenzima Q10 Kaneka Zenyth	1 capsulă	Zilnic	6 luni
16	Zenyth - Hepatoprotector help	1 capsulă în ziua meciului	Zilnic	2,5 ani
17	L.glutamina Zenyth	2gr	Zilnic	10 luni

Concluzie

Pe parcursul studiului nostru de 2,5 ani, desfășurat în cadrul cabinetului autorizat de nutriție al Mitogenix Innovations din Târgu-Mureș, am observat rolul esențial al terapiei medicale nutriționale în susținerea dezvoltării armonioase a sportivului.

Adaptarea dietei s-a dovedit crucială pentru menținerea echilibrului microbiotei intestinale, oferind o sursă vitală de energie. Numeroase afecțiuni sunt asociate cu disfuncții ale barierei intestinale și modificări ale microbiotei.

O înțelegere mai profundă a interacțiunilor dintre alimentație, microbiotă și permeabilitatea intestinală poate coate la lumină aspecte esențiale privind stările patologice gastrointestinale, creșterea în înălțime și greutate, adaptările metabolismului energetic-proteic și, implicit, performanța sportivă.

Referințe:

1. TWARDOSKA, A., MAKARO, A., BINIENDA, A., FICHNA, J., at SALAGA, M. *Preventing Bacterial Translocation in Patients with Leaky Gut Syndrome: Nutrition and Pharmacological Treatment Options. International Journal of Molecular Sciences.* 2022, 23, 6: 3204.
2. CAMILLERI, M. *Leaky Gut: Mechanisms, Measurement, and Clinical Implications in Humans. Gut* 2019, 68, nr. 8, p. 1516-1526.
3. EL ASMAR, R., PANIGRAHI, P., BAMFORD, P., BERTI, I., NOT, T., at COPPA, G. V. *Host-Dependent Zonulin Secretion Causes the Impairment of the Small Intestine Barrier Function after Bacterial Exposure. Gastroenterology,* 2002, 123, nr. 5: 1607-1615.
4. SIMREN, M., and TACK, J. *Functional Bowel Disorders: Epidemiology and Natural History. Gut* 67, 2018, 1: 204-216.

5. MU, Q., KIRBY, J., REILLY, C. M., at LUO, X. M. *LeakyGut as a Danger Signal for Autoimmune Diseases. Frontiers in Immunology*, 2017, 8: 598.
6. GIORGIO, V., MARGIOTTA, G., STELLA, G., Di Cicco, F., Leoni, C., et al. *Intestinal Permeability in Children with Functional Gastrointestinal Disorders: The Effects of Diet. Nutrients* 14, 2022, nr. 8: 1578.
7. CHRISTOVICH, Anna; LUO, Xin M. *Gut microbiota, leaky gut, and autoimmune diseases. Frontiers in immunology*, 2022, 13: 946248.
8. ALEMAN, R. S., MONCADA, M., ARYANA, K. J. *Leaky Gut and the Ingredients That Help Treat It: A Review. Molecules* 28, 2023, nr. 2: 619.
9. FASANO, A. *Intestinal Permeability and Its Regulation by Zonulin: Diagnostic and Therapeutic Implications. Clinical Gastroenterology and Hepatology* 10, 2012, nr. 10: 1096-1100.
10. PABIJASZ, D., GRZYBOWSKA-CHLEBOWCZYK, U., at WOS, H. *Assessment of Intestinal Permeability Based on Zonulin Levels in Children with Inflammatory Bowel Disease. Advances in Medical Sciences*. 2013.
11. OGAN, D., at PRITCHETT, K. *Vitamin D and the Athlete: Risks, Recommendations, and Benefits. Nutrients* 5, 2013, nr. 6: 1856-1868.
12. DE LA PENTE YAGUE, M., COLLADO YURRITA, L., CIUDAD CABANAS, M. J., et Cuadrado Cenzual, M. A. *Role of Vitamin D in Athletes and Their Performance: Current Concepts and New Trends. Nutrients* 12, 2020, nr. 2: 579.
13. GIRGIS, C. M., CLIFTON-BLIGH, R. J., TURNER, N., LAU, S. L., et GUNTON, J. E. *Effects of Vitamin D in Skeletal Muscle: Falls, Strength, Athletic Performance, and Insulin Sensitivity. Clinical Endocrinology* 80, 2014, nr. 2: 169-181.
14. HINTON, P. S. *Iron and the Endurance Athlete. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 39, 2014, nr. 9: 1012-1018.
15. CLENIN, G., CORDES, M., HUBER, A., SCHUMACHER, Y. O., NOACK, P., SCALES, J., et KRIEMLER, S. *Iron Deficiency in Sports-Definition, Influence on Performance, and Therapy. Swiss Medical Weekly* 145 (2015): w14196.
16. PHILPOTT, JD, WITARD, OC et GALLOWAY, SDR. *Applications of omega-3 polyunsaturated omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation for sports performance. Research in Sports Medicine*, 2019, 27(2), 219-237.
17. SAPONE, A., BAI, JC, CIACCI, C., DOLINSEK, J., GREEN, PH, HADJIVASSILIOU, M., et al. *Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classifications. BMC Medicine*, 2012, 10, 13.
18. HEMARAJATA, P. at VERSALOVIC, J. *Effects of probiotics on gut microbiota: mechanisms of gut immunomodulation and neuromodulation. Therapeutic advances in gastroenterology*, 2013, 6(1), 39-51.

Date despre autori:

Camelia RÂTEA, Mitogenix Innovations - Centrul de nutriție clinică de regenerare mitocondrială, doctorand, Fiziologie umană și animală, Școala Doctorală de Științe Biologice, Genomice, Chimice și Tehnologice, Universitatea de Stat din Moldova,

ORCID: 0009-0005-1087-0119

E-mail: adriana.socianu@mitogenix.ro

Adriana-Daniela SOCIANU, Mitogenix Innovations - Centrul de nutriție clinică de regenerare mitocondrială, masterandă în Nutriție Clinică și Comunitară, Universitatea de Medicină, Farmacie, Științe și Tehnologie „George Emil Palade” din Târgu-Mureș.

ORCID: 0009-0001-5312-1290

Prezentat la 30.09.2024

SYNTHESIS OF NEW *bis*-THIOSEMICARBAZONES BASED ON 2,2'-[PROPANE-1,3-DIIL-*bis*-(OXI)]DIBENZALDEHYDE WITH BIOLOGICAL POTENTIAL

Andrei CIURSIN, Roman RUSNAC, Aurelian GULEA,
Moldova State University

Cancer is the second most common cause of death. No known drug meets 100% the needs of the medical industry. For these reasons, many researchers are trying to synthesize new molecules with anti-cancer properties. A class of organic compounds called thiosemicarbazones exhibit a broad spectrum of useful biological activities including anticancer and antimicrobial. One of the possible mechanisms of the anticancer action of thiosemicarbazones is the inhibition of topoisomerase II α . In this article the synthetic procedure of some novel *bis*-thiosemicarbazones is described. Their topoisomerase II α inhibition potential was estimated by Molecular Docking method.

Keywords: *bis-thiosemicarbazones, topoisomerase II inhibitors, anticancer activity, molecular docking.*

SINTEZA UNOR *bis*-TIOSEMICARBAZONE NOI ÎN BAZA 2,2'-[PROPANE-1,3-DIIL-*bis*-(OXI)]DIBENZALDEHIDEI CU POTENȚIAL BIOLOGIC

Cancerul este a doua cea mai frecventă cauză de deces. Nici un medicament cunoscut nu satisface 100% necesitățile industriei medicinale. Din aceste considerente mulți cercetători încearcă să sintetizeze molecule noi cu proprietăți anticancer. O clasă de compuși organici numită tiosemicarbazone manifestă un spectru larg de activități biologice utile, printre care cele anticancer și antimicrobiene. Unul din mecanismele posibile de acțiune anticancer a tiosemicarbazonelor este inhibarea topoizomerazei II α . În acest articol este descrisă procedura de sinteză a unor *bis*-tiosemicarbazone noi. Potențialul lor de inhibare a topoizomerazei II α a fost estimat cu ajutorul metodei de andocare moleculară.

Cuvinte-cheie: *bis-thiosemicarbazone, inhibitori de topoizomeraza II, activitate anticanceroasă, andocare moleculară.*

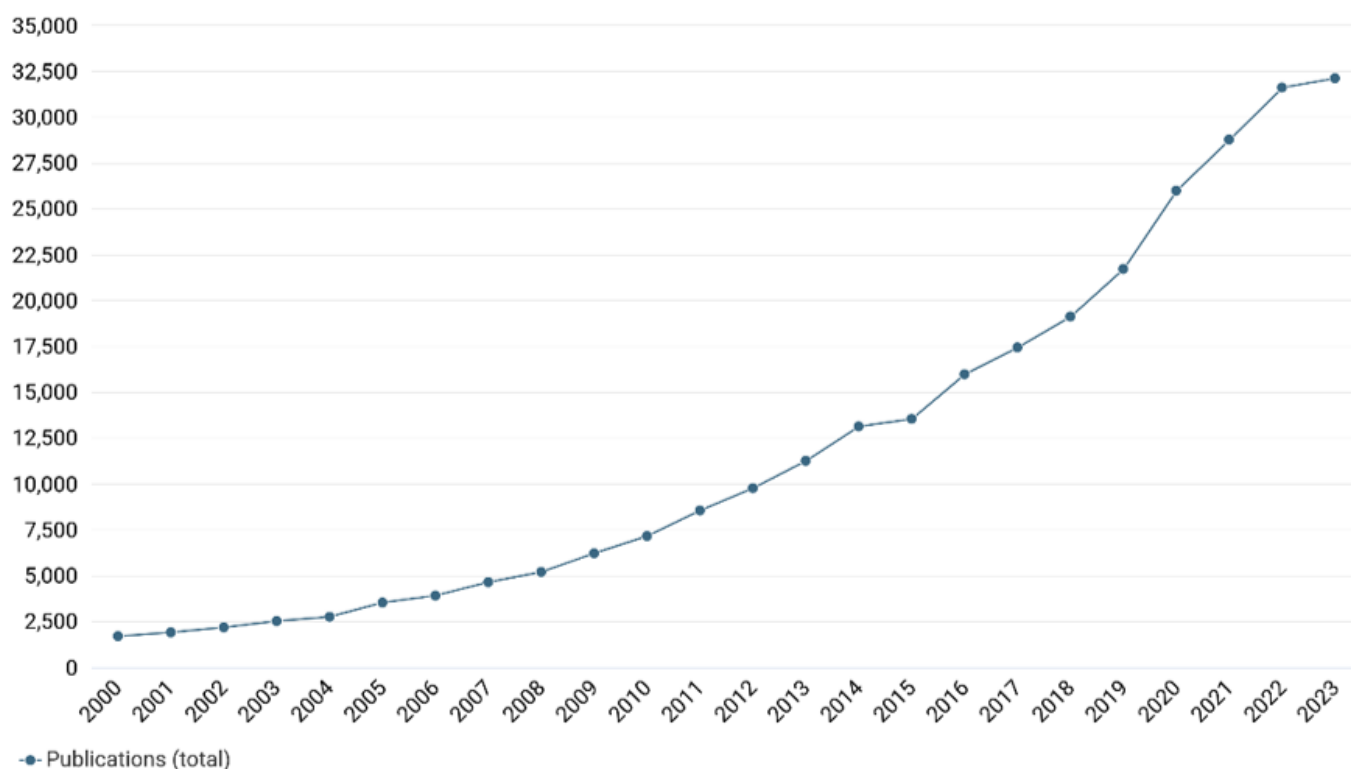
Introduction

Cancer remains one of the most serious problems in contemporary medicine. It is the second most common cause of death after cardiovascular disease. Known and implemented drugs, for example *cis*-platin, have a number of crucial disadvantages, such as very high toxicity [1]. Due to these considerations many research groups aim to synthesize new molecules with better anticancer effects and lower toxicity. This can be observed in Figure 1, in the year 2000 there were published 1684 articles which had in its title the word „anticancer”, and in the year 2023 already 32104 articles [2]. Despite these, at the moment there is no drug that would meet the needs of the medicinal industry on 100% and in several cases so far is used drug introduced in 1979 (*cis*-platin) [3].

For these reasons, the development and synthesis of new substances with a potential anticancer effect is an important and promising field. One class of compounds of great interest are thiosemicarbazones. These can be considered as Schiff base's derivatives. Through series of investigations it has been shown that these substances possess a number of versatile biological properties, specifically: anticancer [4], antimicrobial [5], antioxidative [6], antiviral [7], antifungal [8], etc. Besides this, they are good ligands for coordination with 3d metals, among which the vitally important ones - Cu and Fe.

In general, the biological activity of thiosemicarbazones strongly depends on their structure, and for this reason *bis*-thiosemicarbazones are of special interest. Having two reactive centres, they may lead to improved biological properties [9-10].

Figure 1. The number of articles published between 2000 and 2023 that have the word „anticancer” in their title [2].



One of the mechanisms of anticancer activity of thiosemicarbazones is the inhibition of topoisomerases [11]. The expression of these enzymes is known to be one of the differences between cancer cells and normal cells [12]. They participate in processes that promote cell growth and division. High levels of topoisomerases are associated with the majority of cancer cells [13-15]. All cells have two major forms of topoisomerases - topoisomerase I and topoisomerase II [16]. In turn, in mammalian cells, there are two isoforms of topoisomerase II - α and β [17-18]. These isoforms are differentially expressed throughout the cell cycle: topoisomerase II α is preferentially expressed in proliferating cells during S-phase [19], while topoisomerase II β is expressed at all points of the cell cycle, with no significant differences between proliferating and non-proliferating cells [20]. In previous studies it has been shown that inhibition of topoisomerase II β is associated with the development of secondary malignant tumours, these were based on the study of cancer treatment with etoposide [11]. From these considerations a prospective target for the development of new chemotherapeutic preparations with lower risks is namely topoisomerase II α . In source [21] the authors demonstrated correlation between the theoretical topoisomerase II inhibition study (Molecular Docking) and real anticancer assays, where the substance with the best theoretical score also had the best IC₅₀ (Half-maximal inhibitory concentration) in real assays demonstrating also a quite good selectivity.

In this article the methodology for the synthesis of novel *bis*-thiosemicarbazones is described. To assess their potential to inhibit topoisomerase II α the *in silico* method - Molecular Docking, was used.

Materials and methods

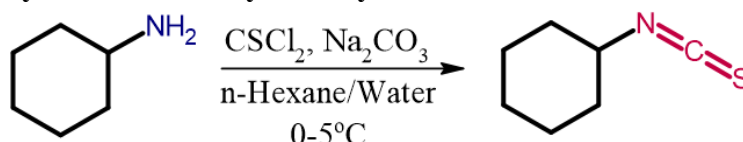
The reagents were purchased from „Sigma-Aldrich” and ”Thermo Fisher Scientific” and used without additional purification. ¹H and ¹³C NMR spectra were recorded on Bruker Ultrashield 400 Plus and Bruker Ultrashield 500 Plus spectrophotometers, chemical shifts are measured in ppm versus tetramethylsilane.

Cyclohexyl isothiocyanate synthesis

Synthesis of cyclohexylisothiocyanate was carried out according to the method described in [22]. Cyclohexyl amine (5 g, 50.4 mmol) was added to the hexane:water mixture (20 mL:50 mL), Na₂CO₃ (5.34 g,

50.4 mmol) was added to the resulting mixture. After its solubilization, the mixture was cooled in an ice-salt bath and thiophosgene (5.8 g or 3.87 mL, 50.4 mmol) was added dropwise. The contents of the flask were stirred for 10-15 min., while cooling, after which the temperature was increased to 45-50 °C and the stirring was continued for another hour. The progress of reaction was investigated by TLC (ethylacetate-hexane, 1:3). The hexane layer is separated and washed with NaHCO₃ saturated solution 3x15 mL, dried with Na₂SO₄, the clear solution was concentrated by using rotary evaporator and the crude mixture was purified by silica gel (200 mesh) column chromatography using hexane as eluent to obtain cyclohexyl isothiocyanate as an oily liquid.

Figure 2. Scheme of cyclohexyl isothiocyanate synthesis.



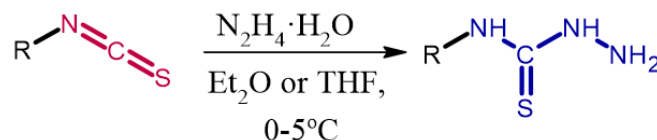
4-Cyclohexyl-3-thiosemicarbazide synthesis

The synthesis was carried out according to the methodology described in the source [23]. Cyclohexyl isothiocyanate (3.0 g, 21.2 mmol) is dissolved in diethyl ether or tetrahydrofuran (10 mL) and dropwise added to hydrazine monohydrate (1.08 g, 21.5 mmol) ethanol solution (10 mL), previously cooled to 0-5 °C. The formation of the white, crystalline solid is observed. After finishing the addition of isothiocyanate the reactant mixture is stirred for another 20-30 minutes, after which the sediment obtained is filtered, washed with distilled water and cold ethanol. A white crystalline solid is obtained, and recrystallized from ethanol. The resulting products were placed in a desiccator (CaCl₂ anhydrous) to perform melting point measurements, FTIR, ¹H-NMR and ¹³C-NMR spectra.

4-Allyl-3-thiosemicarbazide and 4-Phenyl-3-thiosemicarbazide synthesis

Synthesis of 4-allylthiosemicarbazide and 4-phenylthiosemicarbazide is carried out according to the similar method described above. All thiosemicarbazides are white crystalline solids.

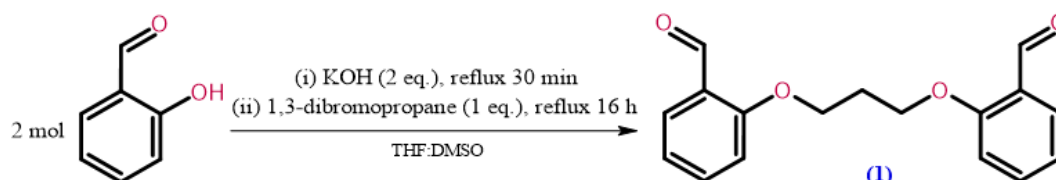
Figure 3. Synthesis scheme of thiosemicarbazides.



bis-Aldehyde (1) synthesis

The synthesis of 2,2'-(propane-1,3-diylbis(oxy))dibenzaldehyde (1) was carried out as described in [24]. Salicylic aldehyde (20 mmol, 2.44 g) was dissolved in the mixture consisting of 5 mL of THF and 1 mL of DMSO. The mixture was refluxed for 20-30 minutes. The sudden formation of the porous precipitate with a light-green color is observed. Next, 1,3-dibromopropane (10 mmol, 2.02 g) solubilized in THF and DMSO (3 mL:0.5 mL, correspondingly) is added to the reactant mixture. The reactant mixture is refluxed for 16 hours. After this, it is cooled and poured into cooled distilled water for sedimentation of the product. This results in the formation of a light yellow solid. For purification, it is recrystallized from 10 mL of ethanol. A white, crystalline solid is obtained.

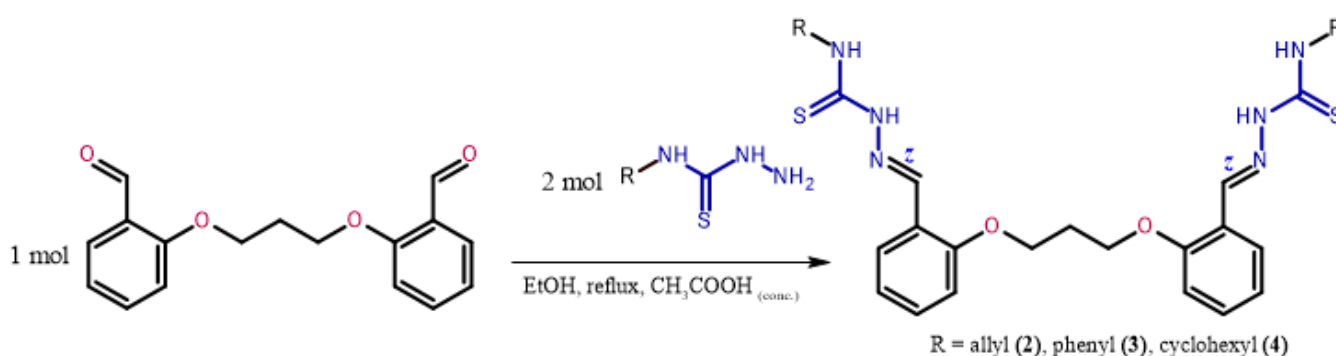
Figure 4. Scheme for the synthesis of bis-aldehyde (1).



bis-Thiosemicarbazones synthesis

To obtain symmetrical *bis*-thiosemicarbazones the mixture consisting of one equivalent of bis-aldehyde 1 (0.5 g, 1.76 mmol) and two equivalents of the respective thiosemicarbazide (3.52 mmol) was dissolved in 15 mL of ethanol and refluxed for 5-8 hours. In catalytic amounts (3-5 drops) glacial acetic acid was added. The precipitate was filtered and recrystallized from ethanol.

Figure 5. Synthesis of bis-thiosemicarbazones scheme.



The *in silico* study of the interaction of synthesized substrates with the target protein - Molecular docking

Molecular docking is one of the most commonly applied in medicinal chemistry and drug design *in silico* study method. Its use allows the exclusion of molecules with low potential of desired activity. It is known that topoisomerase II α inhibitors have high potential anticancer action. For these reasons this enzyme was used to evaluate the anticancer potential of synthesized bis-thiosemicarbazones. The coordinates of the active site of topoisomerase II α (PDB id: 5GWK [25-26]) were determined from the position of the cocrystallized etoposide. After this the etoposide structure was removed from the protein structure, as were cocrystallized water moieties. Similarly, polar hydrogens were added into the protein structure, Kollman and Gasteiger charges were calculated. Molecular docking was performed with AutodockVina [27-28], the results were visualized with BIOVIA Discovery Studio [29].

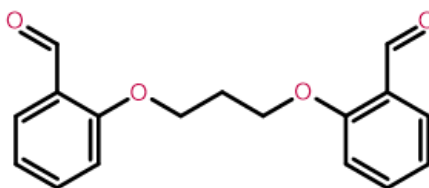
Results and discussions

Three new *bis*-thiosemicarbazones were synthesized. Their structure was confirmed with FTIR and ^1H , ^{13}C NMR spectroscopies. Molecular docking method was used to assess the biological potential.

NMR spectroscopy

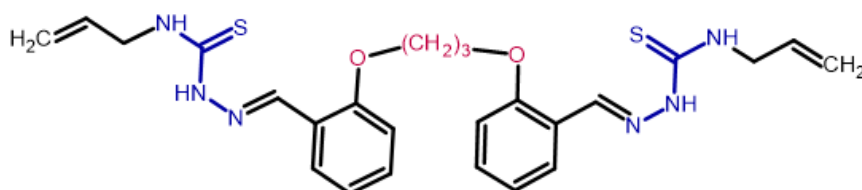
The structure of the synthesized bis-thiothiothiothio meticarbazones was confirmed by ^1H and ^{13}C NMR spectroscopy. The data obtained from the spectra are placed below.

Compound 2,2'-(propane-1,3-diylbis(oxy))dibenzaldehyde (1)



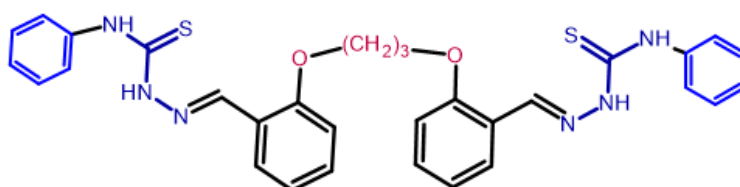
Crystalline white solid. Yield: 70%. **FT-IR (cm $^{-1}$):** 3079, 3039, 3012 ν_s (C-H) (aromatic), 2963, 2940 ν_{sy} (C-H), 2882 ν_{as} (C-H), 2846, 2761 ν_s (C-H, aldehydes), 1678 ν_s (C=O), 1597 and 1451 ν_s (C=C), 751 δ (C-H), 1231 ν_{as} (C-O-C), 1052 ν_s (C-O-C), 756 δ (C-H) (aromatic). **^1H RMN (400 MHz, DMSO- d_6) δ (ppm):** 2.33 q 2H; 4.35 t 4H; 7.07 t 2H; 7.26-7.28 d 2H; 7.62-7.70 m 4H; 10.40 s 2H. **^{13}C RMN (100 MHz, DMSO- d_6) δ (ppm):** 28.8 (-CH $_2$ -); 65.5(-CH $_2$ -O); 113.9; 121.1; 124.6; 128.1; 136.8; 161.3; 189.7 (C=O, aldehydes).

Compound 2,2'-(((propane-1,3-diylbis(oxy))bis(2,1-phenylene))bis(methanylylidene))bis(*N*-allylhydrazinecarbothioamide) (**2**)



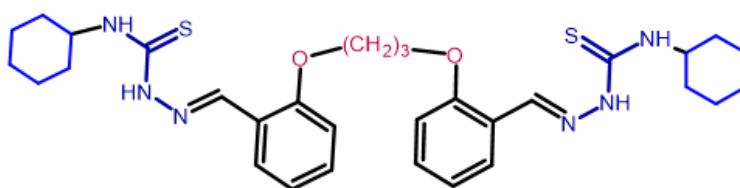
Yellow solid. Yield: 81%. **FT-IR (cm⁻¹):** 3370 ν (N²-H), 3173 ν (N⁴-H), 3083 ν (C-H) (aromatic), 2985, 2936 ν (C-H), 2878 ν (C-H), 1647 δ (N-H), 1598 ν (C=N), 1534 and 1449 ν (C=C), 1249 ν (C=S), 1222 ν (C-O-C), 1046 ν (C-O-C), 928 (-CH=CH₂), 753 (*ortho*-substitution). **¹H RMN (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ (ppm):** 2.25 m 2H; 4.21-4.27 m 8H; 5.08-5.16 m 4H; 5.90 m 2H; 6.97 t 2H; 7.09-7.11 d 2H; 7.38 t 2H; 8.10-8.11 d 2H; 8.52 s 2H; 11.51 s 2H. **¹³C RMN (100 MHz, DMSO-*d*₆) δ (ppm):** 28.7; 45.7; 64.9; 112.5; 115.4; 120.5; 122.3; 125.9; 131.2; 135.1; 137.9; 157.0; 176.8(C=S).

Compound 2,2'-(((propane-1,3-diylbis(oxy))bis(2,1-phenylene))bis(methanylylidene))bis(*N*-phenylhydrazinecarbothioamide) (**3**)



Yellow solid. Yield: 86%. **FT-IR (cm⁻¹):** 3326 ν (N²-H), 3134 ν (N⁴-H), 3033 ν (C-H) (aromatic), 2959 ν (C-H), 2877 ν (C-H), 1674 δ (N-H), 1595 ν (C=N), 1531 and 1449 ν (C=C), 1247 ν (C=S), 1204 ν (C-O-C), 1064 ν (C-O-C), 744 (*ortho*-substitution), 690-730 (monosubstituted). **¹H RMN (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ (ppm):** 2.29 m 2H; 4.31 t 4H; 6.99 t 2H; 7.13-7.14 d 2H; 7.20 m 2H; 7.36 m 6H; 7.57-7.58 d 2H; 8.26-8.28 dd 2H; 8.64 s 2H; 10.08 s 2H. **¹³C RMN (100 MHz, DMSO-*d*₆) δ (ppm):** 28.8; 64.5; 112.5; 120.6; 122.1; 125.2; 125.7; 126.4; 128.0; 131.5; 138.8; 139.0; 157.2; 175.6(C=S).

Compound 2,2'-(((propane-1,3-diylbis(oxy))bis(2,1-phenylene))bis(methanylylidene))bis(*N*-cyclohexylhydrazinecarbothioamide) (**4**)



Yellow solid. Yield: 78%. **FT-IR (cm⁻¹):** 3343 ν (N²-H), 3128 ν (N⁴-H), 3079 ν (C-H) (aromatic), 2980, 2927 ν (C-H), 2851 ν (C-H), 1612 δ (N-H)/ ν (C=N), 1539 and 1452 ν (C=C), 1241 ν (C=S), 1231 ν (C-O-C), 1052 ν (C-O-C), 747 (*ortho*-substitution). **¹H RMN (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ (ppm):** 1.29 m 4H; 1.41 m 4H; 1.59 m 2H; 1.70 m 4H; 1.85 m 4H; 2.24 m 2H; 4.18 m 2H; 4.27 t 4H; 6.98 t 2H; 7.10 d 2H; 7.38 t 2H; 7.96 d 2H; 8.05 dd 2H; 8.51 s 2H; 11.39 s 2H. **¹³C RMN (100 MHz, DMSO-*d*₆) δ (ppm):** 24.9; 25.1; 28.7; 31.8; 52.5; 64.5; 112.5; 120.6; 122.2; 126.0; 131.2; 138.0; 157.0; 175.4(C=S).

FTIR spectroscopy

From the FTIR spectra obtained for the synthesized substances can be concluded that in the spectrum of the *bis*-thiosemicarbazones the aldehyde group characteristic band disappears, which means that the condensation process between the *bis*-aldehyde and the thiosemicarbazides has completely occurred. In addition to this, in the spectra of *bis*-thiosemicarbazones the band characteristic for the azomethine group

appears, which once again confirms the structure of the synthesized substances. Also, in the spectra of the substances the characteristic bands of the monosubstituted benzene ring were found. Also in the spectra of the *bis*-thiosemicarbazones the characteristic band for the (N-H) group is present.

Molecular Docking

In order to assess the potential of topoisomerase II α inhibition, obtained results (presented below in Table 1) are compared with etoposide - the drug used to treat cancer, which is a topoisomerase inhibitor.

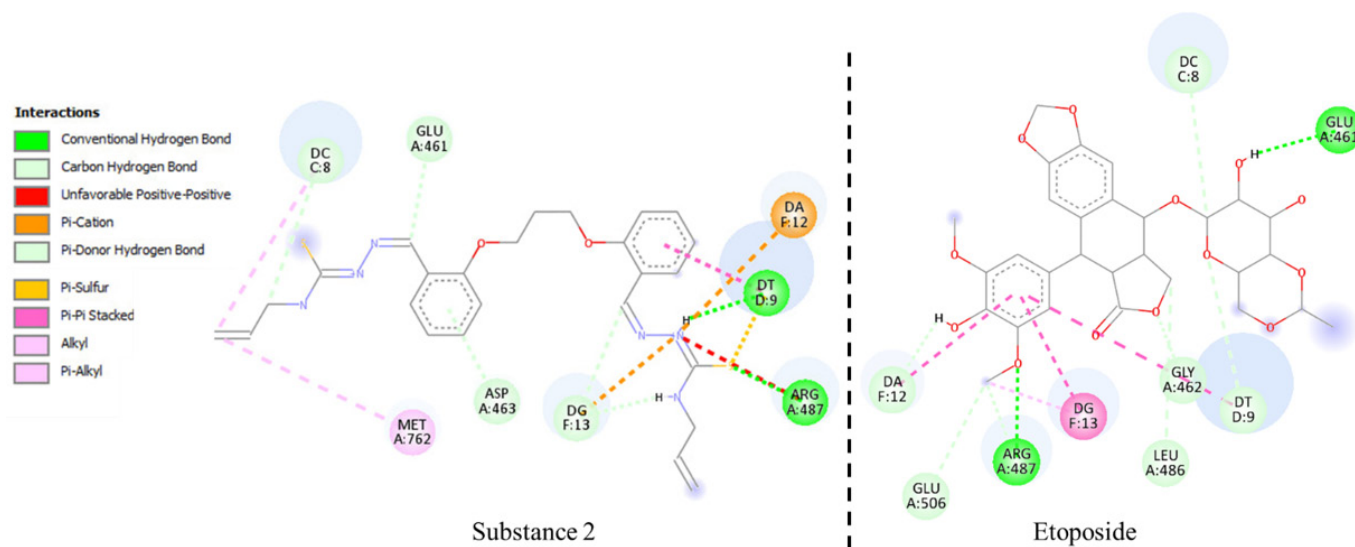
Table 1. Binding affinity of synthesized substances and etoposide to the target protein.

Substance	Etoposide	2	3	4
*K _a , kcal/mol	-12.2	-8.0	-9.5	-8.9

*Binding affinity

As can be observed from Table 1, the affinity of the known inhibitor (etoposide) is lower than that of the synthesized substances, which indicates that energetically its interaction is more favorable with the target protein compared to the synthesized bis-thiosemicarbazones. The closest to etoposide is the bis-thiosemicarbazone (3) having binding affinity -9.5 kcal/mol results (presented below in Figure 6).

Figure 6. Interactions of substance (2) and etoposide with the topoisomerase II α active site.



In general the synthesized substances manifest a lower affinity for the target protein compared to etoposide, but they have a fairly similar binding mode to the active site of topoisomerase II α . This may indicate good potential to manifest the desired activity results (presented below in Table 2).

Table 2. Interaction of etoposide and synthesized substances with the active site amino acid residues of topoisomerase II α active site.

Substance	Interaction with active site amino acid residues
Etoposide	DC C:8; GLU A:461; DT D:9; GLY A:462; LEU A:486; DG F:13; ARG A:487; GLU A:506; DA F:12
2	DC C:8; GLU A:461; DT D:9; DG F:13; ARG A:487; DA F:12; ASP A:463; MET A:762
3	DC C:8; GLU A:461; DT D:9; DG F:13; ARG A:487; DA F:12; MET A:766; LYS A:614; GLY A:615; ASP A:541; GLY A:488
4	DC C:8; DT D:9; DG F:13; GLY A:760; MET A:766; MET A:762; HIS A:759; LYS A:614

Conclusions

Three new *bis*-thiosemicarbazones were obtained according to the synthesis protocols in very good yields, the structural formulas were confirmed with the help of spectral research methods such as ¹HMRN and ¹³C NMR and FTIR. The anticancer activity potential of the synthesized substances was assessed using molecular docking.

References:

1. ALDOSSARY, S. A. *Review on pharmacology of cisplatin: clinical use, toxicity and mechanism of resistance of cisplatin. Biomed.pharmacol. J*, 2019, 12(1). <https://dx.doi.org/10.13005/bpj/1608>
2. *Digital Science*. <https://app.dimensions.ai>. Accessed on (DATE), under licence agreement, (2018-2024).
3. PRESTAYKO, A. W., D'AOUST, J. C., ISSELL, B. F., CROOKE, S. T. *Cisplatin (cis-diamminedichloroplatinum II). Cancer treatment reviews*, 1979, Mar 1, 6(1):17-39. [https://doi.org/10.1016/S0305-7372\(79\)80057-2](https://doi.org/10.1016/S0305-7372(79)80057-2).
4. RICK, A., MAO-CHIN, L., SUSAN, P., WILLIAM, C., REGINA, L., KAREN, M., YUNG-CHI CHENG, ALAN, C SARTORELLI. *Triapine (3-aminopyridine-2-carboxaldehyde- thiosemicarbazone): A potent inhibitor of ribonucleotide reductase activity with broad spectrum antitumor activity. Biochemical Pharmacology*, Volume 59, Issue 8, 2000, Pages 983-991. [https://doi.org/10.1016/S0006-2952\(99\)00419-0](https://doi.org/10.1016/S0006-2952(99)00419-0)
5. PÎNTEA, A., CIURSIN, A., RUSNAC, R., GULEA, A. *Combinății coordinative ale Cu(II) în baza N-hexil-2-[(piridin-2-il)metiliden]hidrazine-1-carbotioamidei: proiectare, sinteză, evaluarea proprietăților antimicrobiene și antifungice*. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe Reale și ale Naturii)*, 2024, nr. 1(171), pp. 168-177. ISSN 1814-3237. DOI: [https://doi.org/10.59295/sum1\(171\)2024_21](https://doi.org/10.59295/sum1(171)2024_21).
6. GRAUR, I., BESPALOVA, T., GRAUR, V., et al. *A new thiosemicarbazone and its 3d metal complexes: synthetic, structural, and antioxidant studies. Journal of chemical research*, 2023, 47(6). <https://doi.org/10.1177/17475198231216422>.
7. PADMANABHAN, P., KHALEEFATHULLAH, S., KAVERI, K., PALANI, G., RAMANATHAN, G., THENNARASU, S., TIRICHURAPALLI, SIVAGNANAM, U. *Antiviral activity of Thiosemicarbazones derived from α-amino acids against Dengue virus. Journal of medical virology*, 2017, 89(3):546-52. <https://doi.org/10.1002/jmv.24655>.
8. KRITIKA, BAJAJ, ROBERT, M. BUCHANAN, CRAIG, A GRAPPERHAUS. *Antifungal activity of thiosemicarbazones, bis(thiosemicarbazones), and their metal complexes, Journal of Inorganic biochemistry*, volume 225, 2021, 111620. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2021.111620>.
9. GRAUR, Vasiliu, GULEA, Aurelian. *Novel biological agents based on metal complexes of N4-allylthiosemicarbazones and their derivatives*. Chișinău: CEP USM, 2024, 290 p. ISBN 978-9975-62-716-0.
10. GARBUZ, OLGA, GUDUMAC, Valentin, TODERAS, Ion, GULEA, Aurelian. *Antioxidant properties of synthetic compounds and natural products. Action mechanisms*. – Chișinău. CEP USM, 2023, 298 p. ISBN 978-9975-62-516-6. 544.1:577.1(075.8)
11. SHAKYA, B., YADAV P. N. *Thiosemicarbazones as potent anticancer agents and their modes of action. Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 2020, Apr 1, 20(8):638-61. <https://doi.org/10.2174/1389557519666191029130310>.
12. KADAYAT, T. M., PARK, C., JUN K.Y., THAPA, MAGAR, T. B., BIST G., YOO H. Y., KWON Y., LEE, E. S. *Hydroxylated 2,4-diphenyl indenopyridine derivatives as a selective non-intercalative topoisomerase IIa catalytic inhibitor. Eur. J. Med. Chem.* 2015, 27;90:302-14. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2014.11.046>.
13. KADAYAT, T. M.; PARK, C.; JUN, K. Y.; MAGAR, T. B. T.; BIST, G.; YOO, H. Y.; KWON, Y.; LEE, E. S. *Design and synthesis of novel 2,4- diaryl-5H-indeno[1,2-b]pyridine derivatives, and their evaluation of topoisomerase inhibitory activity and cytotoxicity. Bioorg. med. chem.*, 2015, 23, 160-173.
14. BISCEGLIE, F.; MUSIARI, A.; PINELLI, S.; ALINOVI, R.; MENOZZI, I.; POLVERINI, E.; TARASCONI, P.; TAVONE, M.; PELOSI, G. *Quinoline-2- carboxaldehyde thiosemicarbazones and their Cu(II) and Ni(II) complexes as topoisomerase II-α inhibitors. J. Inorg. Biochem.*, 2015, 152, pp. 10-19.
15. TABASSUM, S.; ASIM, A.; KHAN, R.A.; ARJMAND, F.; RAJAKUMAR, D.; BALAJI, P.; AKBARSHA, M. A. *A multifunctional molecular entity Cu(II)-Sn(IV) heterobimetallic complex as a potential cancer chemotherapeutic agent: DNA binding/cleavage, SOD mimetic, topoisomerase Ia inhibitory and in vitro cytotoxic activities. RSC Adv.*, 2015, 5, 47439-47450.

16. SCHOEFFLER, A. J.; BERGER, J. M. *DNA topoisomerases: Harnessing and constraining energy to govern chromosome topology*. *Q. Rev. Biophys.*, 2008, 41, 41-101.
17. BECK, W. T.; DANKS, M. K.; WOLVERTON, J. S.; CHEN, M.; GRANZEN, B.; KIM, R.; SUTTLE, D. P. *Resistance of mammalian tumor cells to inhibitors of DNA topoisomerase II*. *Adv. Pharmacol.*, 1994, 29B, 145-169.
18. HOCHHAUSER, D.; HARRIS, A. L. *The Role of topoisomerase II α and β in drug resistance*. *Cancer Treat. Rev.*, 1993, 19(2), 181-194.
19. HWANG, J.; HWONG, C. L. *Cellular regulation of mammalian DNA topoisomerase*. *Adv. Pharmacol.*, 1994, 29A, 167-189.
20. WOESSNER, R. D.; MATTERN, M. R.; MIRABELLI, C. K.; JOHNSON, R. K.; DRAKE, F. H. *Proliferation- and cell cycle-dependent differences in expression of the 170 kilodalton and 180 kilodalton forms of topoisomerase II in NIH-3T3 cells*. *Cell Growth Differ.*, 1991, 2(4), 209- 214.
21. MOHAMMED, F. Z., RIZZK, Y. W., EL DEEN, I. M., MOURAD, A. A., EL BEHERY, M. *Design, synthesis, cytotoxic screening and molecular docking studies of novel hybrid thiosemicarbazone derivatives as anticancer agents*. *Chemistry & biodiversity*, 2021, 18(12):e2100580. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202100580>.
22. RUSNAC, R., NICOLENCO, N., ZAROVNAIA, A., RUSU, V., BÎRCĂ, M., GULEA, A. *Metode de sinteză a unor izotiocianați alifatici, aromatici, heterociclici*. In: *Integrare prin cercetare și inovare.: Științe ale naturii și exacte*, 7-8 noiembrie 2019, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2019, SNE, pp. 202-206. ISBN 978-9975-149-46-4.
23. CIURSIN, A., RUSNAC, R., GULYA, A. *Synthesis of n-cyclohexyl-2-[(3-ethoxy-2- hydroxyphenyl) methylidene] hydrazine-1- carbothioamide*. In: *Life sciences in the dialogue of generations: connections between universities, academia and business community*, Ed. 2, 29-30 septembrie 2022, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Moldova State University, 2022, p. 210. ISBN 978-9975-159-80-7.
24. DARABI, H.R., RASTGAR, S., AGHAPOOR, K. et al. *Pinacolophanes as versatile precursor for the practical synthesis of tolanophanes*. *Monatsh Chem* 149, 1121–1124 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00706-017-2125-3>.
25. YING-REN, W., SHIN-FU C., CHYUAN-CHUAN W., YI-WEN L., TE-SHENG, L., KO-TING L., YI-SONG, C., TSAI-KUN, L., TUN-CHENG, C., NEI-LI C. *Producing irreversible topoisomerase II-mediated DNA breaks by site-specific Pt(II)-methionine coordination chemistry*, *Nucleic Acids Research*, Volume 45, Issue 18, 2017, pages 10861–10871. <https://doi.org/10.1093/nar/gkx742>.
26. H. M. BERMAN, J. WESTBROOK, Z. FENG, G. GILLILAND, T. N. BHAT, H. WEISSIG, I. N. SHINDYALOV, P. E. BOURNE. *The Protein Data Bank (2000) Nucleic Acids Research*, 28: 235-242. <https://doi.org/10.1093/nar/28.1.235>. <https://www.rcsb.org/>.
27. EBERHARDT J., SANTOS-MARTINS D., TILLACK A.F., FORLI S. *AutoDock Vina 1.2. 0: New docking methods, expanded force field, and python bindings*. *Journal of chemical information and modeling*, 2021 Jul 19;61(8):3891-8. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.1c00203>.
28. TROTT, O., OLSON, A. J. *AutoDock Vina: improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading*. *Journal of computational chemistry*, 2010, Jan 30;31(2):455-61. <https://doi.org/10.1002/jcc.21334>.
29. BIOVIA, Dassault Systèmes, [Discovery Studio Visualizer], [v21.1.0.20298], San Diego: Dassault Systèmes, [2024].

Notes: The experimental material presented in the article was developed within the national project „Synthesis and study of new materials based on complex combinations with polyfunctional ligands and with useful properties in medicine, biology and technology” (SSMCCLP) (code: 010602); details at: <https://ichem.md/SSMCCLP> and project „young researchers 2024-2025” 24.80012.5007.14TC (ANCD), Republic of Moldova.

Another part of the material of this article is part of the international research project with AUF funding entitled „Synthèse et analyse de dérivés organiques à base de fluorénone pour des applications en biologie” (SAFLUO) details at: <https://www.auf.org/nouvelles/actualites/projet-synthese-et-analyse-de-derives-organiques-base-de-fluorenone-pour-des-applications-en-biologie-safluo/>.

Date about authors:

Andrei CIURSIN, doctor în științe chimice, lector universitar, cercetător științific superior, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-3160-4582

E-mail: andrei.ciursin@usm.md

Roman RUSNAC, doctor în științe chimice, lector universitar, cercetător științific superior, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0002-5713-5252

E-mail: roman.rusnac@usm.md

Aurelian GULEA, academician, doctor habilitat în științe chimice, profesoe universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-2010-7959

E-mail: aurelian.gulea@usm.md

Prezentat la 30.09.2024

CZU: 582.711.71:543.055

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_28](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_28)

INFLUENȚA CONDIȚIILOR DE PROCESARE ASUPRA CONȚINUTULUI DE ANTIOXIDANȚI ÎN FRUCTUS ROSAE

Carolina GRIGORAȘ, Vladislav BLONCHI, Gheorghe DUCA,

Universitatea de Stat din Moldova

Simona NICA,

*Institutul de Chimie Organică și Supramoleculară
„C. D. Nenițescu”, București, România*

Fructele de măceș sau *Fructus Rosae* este un produs vegetal medicinal bogat în vitamine (A, B, C, D și E), minerale (Ca, Fe, K, Mg, Mn, S, Si și Se), polifenoli și are capacitate antioxidantă înaltă. Cel mai mare dezavantaj însă al vitaminei C, extrasă din produsele vegetale, este că aceasta se descompune ușor sub influența oxigenului, a condițiilor de procesare și păstrare din cauza fermentului ascorbinaza. A fost determinat regimul optim de temperatură și forma fructelor de măceș pentru a menține un conținut înalt de vitamina C și alți antioxidanți, responsabili de activitatea biologică a produsului vegetal medicinal. S-a stabilit că regimul optim de temperatură necesar dezactivării ascorbinazei este de 60°C timp de 30 minute, de asemenea forma produsului integral sau pulbere nu afectează esențial activitatea antioxidantă demonstrată prin metoda ABTS a ambelor forme.

Cuvinte-cheie: *produs vegetal medicinal, condiționare, antioxidanți, vitamina C, fructus Rosae, ABTS.*

INFLUENCE OF PROCESSING CONDITIONS ON ANTIOXIDANT CONTENT IN FRUCTUS ROSAE

Rosehip fruits or *Fructus Rosae* is a medicinal plant product rich in vitamins (A, B, C, D and E), minerals (Ca, Fe, K, Mg, Mn, S, Si and Se), polyphenols and has a high antioxidant capacity, but the biggest disadvantage of vitamin C, extracted from plant products, is that it decomposes easily under the influence of oxygen, light, processing and storage conditions due to the ascorbinase ferment. The optimal temperature regime and shape of rosehip fruits has been determined to maintain a high content of vitamin C and other antioxidants, responsible for the biological activity of the medicinal plant product. It has been established that the optimal temperature regime necessary for the deactivation of ascorbinase is 60°C for 30 minutes, also the form of the whole product or powder does not essentially affect the antioxidant activity demonstrated by the ABTS method of both forms.

Keywords: *medicinal plant product, conditioning, antioxidants, vitamin C, fructus Rosae, ABTS.*

Introducere

Plantele sunt o sursă de antioxidanți exogeni, deci acei antioxidanți pe care organismul nostru nu îi poate produce singur și este necesar să îi obțină din alimentație sau suplimente [1 p. 982].

Antioxidanții exogeni includ vitamine precum vitaminele E și C etc. Antioxidanții liposolubili (ex. vitamina E) sunt importanți în prevenirea peroxidării acizilor grași polinesaturați din membranele biologice, iar antioxidanții solubili în apă, cum ar fi vitamina C, joacă un rol-cheie în neutralizarea ROS în faza hidrofilă [2, p. 2].

Se crede că două treimi din speciile de plante din lume au importanță medicinală și aproape toate acestea au un potențial antioxidant excelent [3 p. 217]. Interesul pentru antioxidanții exogeni din plante a fost evocat mai întâi de descoperirea și izolarea ulterioară a acidului ascorbic din plante. De atunci, potențialul antioxidant al plantelor a primit o atenție sporită, deoarece stresul oxidativ crescut a fost identificat ca un factor cauzal major în dezvoltarea și progresia mai multor boli care pun viața în pericol. În plus, suplimentarea cu antioxidanți exogeni sau creșterea apărării antioxidante endogene a organismului s-a dovedit a fi o metodă promițătoare de contracarare a efectelor nedorite ale stresului oxidativ [4, p.8, 5, p. 393].

Fructul de măceș este un produs vegetal medicinal (PVM) bogat în vitamine (A, B, C, D și E), minerale

(Ca, Fe, K, Mg, Mn, S, Si și Se), polifenoli și are capacitate antioxidantă înaltă, cu un nivel moderat de aminoacizi și acizi grași [6 p.2].

Dezavantajul cel mai mare al vitaminei C extrase din fructele de măceș este descompunerea ușoară, de aceea se impun reguli stricte în ceea ce privește cantitatea de oxigen, căldură, lumină, temperatură și condițiile de depozitare [7].

Pentru a putea extinde durata de păstrare a fructelor de măceș, este necesar ca acestea să fie uscate. Uscarea se face doar artificial, deoarece necesită temperaturi mari pentru inactivarea ascorbinazei care conduce la oxidarea vitaminei C, la temperaturi de 20-25°C ascorbinaza este foarte activă [8 p. 10, 9 p. 283]. Totuși, în literatura din domeniul farmacognostic lipsește informația clară despre parametrii tehnici ai procesului de uscare a fructelor de măceș.

Astfel, scopul cercetării a constat în identificarea condițiilor optime de uscare, a formei de depozitare a fructelor de măceș și influența acestor condiții asupra conținutului de acid ascorbic și alți antioxidanți, produsul finit fiind posibil de utilizat în industria farmaceutică și/sau cosmetică.

Metode și materiale

Reactivi chimici: hidroxid de sodiu, soluție de 5%; acid clorhidric, soluție de 2% și de 10%; acid sulfuric, soluție de 2%; 2,6-diclorofenolidofenolat de sodiu, soluție de 0,001M; iodat de potasiu, soluție de 0,001 M; amidon, soluție de 0,5%; ABTS⁺, soluție de 7,00 mM; persulfat de potasiu, soluție de 2,45 mM; trolox, soluție de la 0,10-1,00 mM.

Materia primă: fructele de măceș au fost colectate în conformitate cu regulile indicate pentru acest produs, în sud-estul Republicii Moldova, raionul Ștefan Vodă, s. Popeasca.

Determinarea autenticității produselor vegetale analizate a fost realizată prin analiza farmacognostică calitativă a *Fructus Rosae* și anume prin examinarea macroscopică și microscopică în conformitate cu Farmacopeea Europeană 9.0 [10 p. 1338].

Standardizarea fructelor de măceș a fost realizată conform prevederilor din Farmacopeea Europeană, astfel au fost realizate următoarele determinări: conținutul de umiditate, conținutul total de cenușă, conținutul de vitamina C, valorile obținute fiind comparate cu cele specificate în actul normativ enunțat anterior.

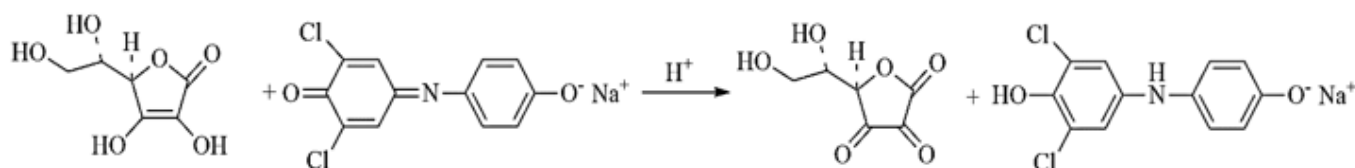
Obținerea produselor finite din *Rosa Canina L.*

Obținerea produselor finite a fost constituită din următoarele etape:

1. colectarea fructelor de măceș și sortarea impurităților;
2. uscarea fructelor la diferite regimuri de temperatură: (60/80/100 ±5)°C, timp de 30 minute, pentru fiecare probă, ulterior uscarea la 40°C până la valorile impuse de farmacopee.
3. determinarea parametrilor de calitate propuși (conținutul de vitamina C și activitatea antioxidantă totală) se realizează pentru fiecare formă a produsului obținut.
4. ambalarea și depozitarea produselor finite în spațiu uscat.

Determinarea conținutului de vitamina C

Dozarea acidului ascorbic se bazează pe proprietățile acestuia de a reduce 2,6-diclorofenolidofenolatul de sodiu (1), care în mediul acid prezintă culoare roșie, în mediul alcalin, colorație albastră, iar la reducere se decolorează.



Determinarea activității antioxidante prin metoda ABTS

Cation radicalul de ABTS (ABTS^{•+}) este produs prin reacția dintre ABTS (soluție de 7,00 mM) și persulfatul de potasiu (2,45 mM concentrația finală), timp de 12-16 ore la întuneric la temperatura camerei. Soluția de ABTS^{•+} (acid 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonic) obținută este diluată cu etanol de 70 % până la A = 0,700 ± 0,020 măsurată la 734 nm. Introducerea a 30 μL de antioxidant la 3 mL de ABTS^{•+} trebuie să producă o inhibiție de 20-80% față de soluția inițială. Curba de calibrare se construiește după

standardul Trolox (concentrațiile variază între 0–1 mM), absorbanta fiind măsurată la 734 nm la 1 și 6 min după amestecare.

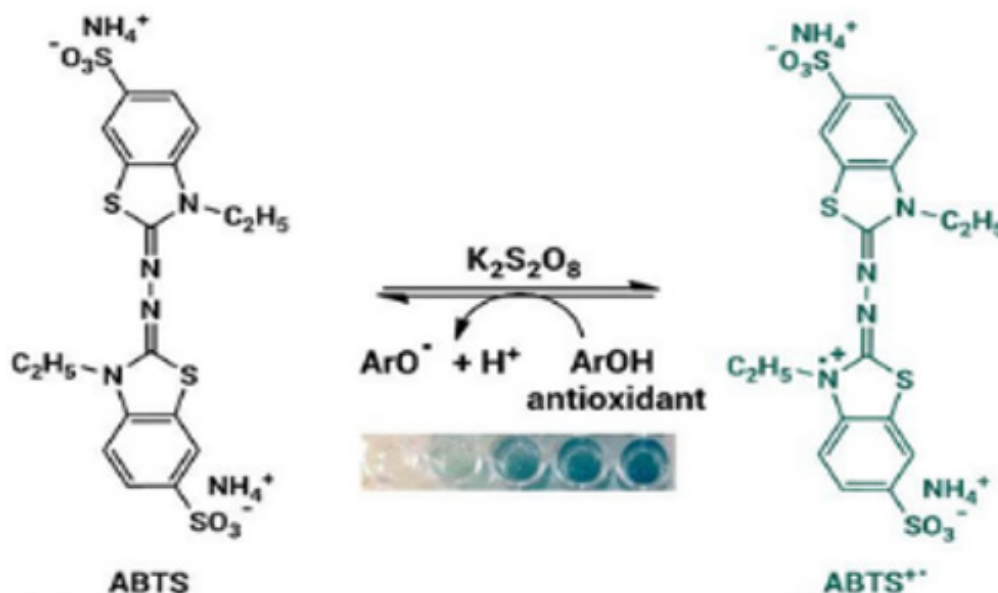
Activitatea antioxidantă totală (AAT) va fi determinată conform ecuației:

$$AAT = (T_{0_a} - T_{1_a} / T_{0_a}) - (T_{0_b} - T_{1_b} / T_{0_b})$$

unde T_{0_a} și T_{1_a} sunt absorbanțele soluției la 0 și la 1 min respectiv a probei testate, iar T_{0_b} și T_{1_b} sunt absorbanțele soluției probei martor la 0 și 1 min. Corecția se face după soluția martor. Pentru activitatea antioxidantă totală s-a construit curba de etalonare după Trolox, din care s-a calculat capacitatea antioxidantă în echivalenți Trolox (TEAC, Trolox equivalent antioxidant capacity).

Testul ABTS a cărui mecanism de reacție este prezentat în (Figura 1) măsoară capacitatea antioxidantilor de a neutraliza cationul radical stabil ($ABTS^{•+}$), un cromofor albastru-verde cu absorbție maximă la 734 nm, a cărui intensitate scade în prezența antioxidantilor, $ABTS^{•+}$ poate fi generat din ABTS în prezența agenților antioxidanți puternici. Gradul de decolorare a culorii albastru-verde, cuantificat ca o scădere bruscă a absorbanței la 734 nm, depinde de durata reacției, activitatea antioxidantă intrinsecă și concentrația probei [2].

Figura 1. Mecanismul de interacțiune a cation radicalului $ABTS^{•+}$ cu antioxidanți [11 p. 8].



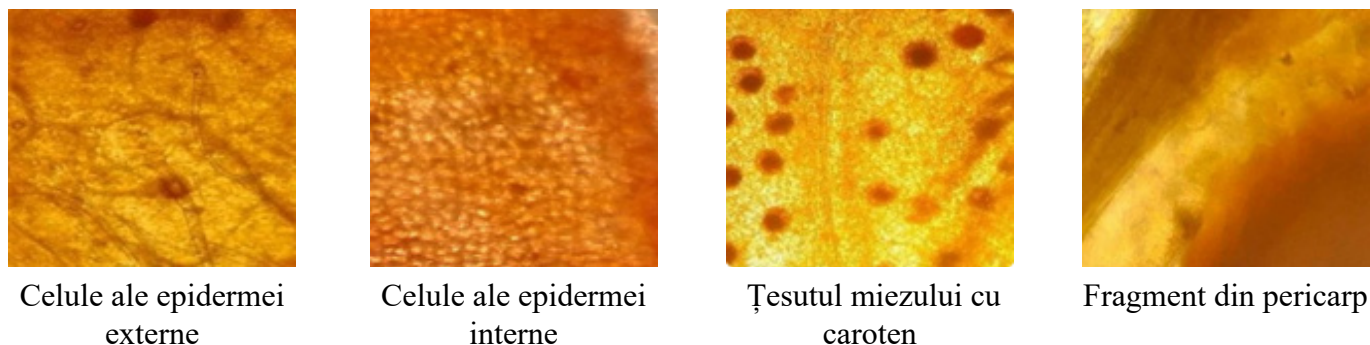
Rezultate și discuții

Analiza macroscopică reprezintă prima etapă de investigare a produselor vegetale medicinale, care presupune o serie de analize morfologice și organoleptice, rezultatele obținute practic au fost înregistrate în Tabelul 1.

Tabelul 1. Caracteristicile macroscopice ale fructelor de măceș analizate.

Fructul analizat	Măceș
Aspect/culoare	Roșu - maroniu
Diametrul	0,8 -12,0 mm
Gust	Dulciu
Miros	Foarte slab
Formă	Ovală

Prin analiza microscopică s-a confirmat autenticitatea produselor vegetale vitaminice, în special a caracterelor anatomice diagnostice pentru fructele de măceș. În urma determinării au fost indentificate patru caractere distinctive pentru fructele de măceș: celule ale epidermei externe, celule ale epidermei interne, țesutul miezului cu caroten, fragment din pericarp, care confirmă apartenența la specia *Rosa Canina L.* (Figura 2).

Figura 2. Imaginea la microscop a fructelor de măceș analizate, 280x.

Calitatea fructelor de măceș colectate, a fost stabilită prin determinarea umidității, conținutului de vitamina C, conținutului total de cenușă. Valorile obținute sunt prezentate în Tabelul 2.

Tabelul 2. Rezultatele obținute în determinările cantitative pentru fructele de măceș în stare proaspătă.

Parametrul	Valoarea determinată	Valoarea de referință din Farmacopeea Europeană 9.0
Conținutul de umiditate, %	33,1	max. 10,0
Conținutul de cenușă, %	7,2	max. 7,0
Conținutul de vitamina C, %	0,2	min. 0,3

Cantitatea de principiu activ (vitamina C) reglementată de farmacopee, este determinantă în obținerea PVM, în caz contrar produsul nu va fi distribuit în rețeaua farmaceutică. Conținutul de cenușă indică siguranța ecologică a fructelor colectate, în cazul valorilor peste normă se concluzionează despre prezența și poluarea produsului cu metale grele, iar o valoare a umidității peste normele stabilite presupune că produsul a fost păstrat necorespunzător și este posibilă alterarea prematură.

Fructus Rosae fiind produs medicinal este reglementat de farmacopee, ceea ce înseamnă că este specificată forma produsului. În cazul *Fructus Rosae* se obține PVM uscat *in toto*. Principala problemă identificată este lipsa unor tehnologii elaborate pentru standardizarea fructelor de măceș, iar farmacopeea nu include partea tehnologică (procesarea). Studiul literaturii de specialitate a confirmat lipsa unei tehnologii clasice de prelucrare a PVM vitaminice (hidrosolubile), în principal din cauza stabilității joase a acestor metaboliți în timpul procesării.

În această ordine de idei au fost verificate diferite regimuri de temperatură de uscare a fructelor de măceș 60, 80, 100°C timp de 30 minute, pentru inactivarea ascorbinazei.

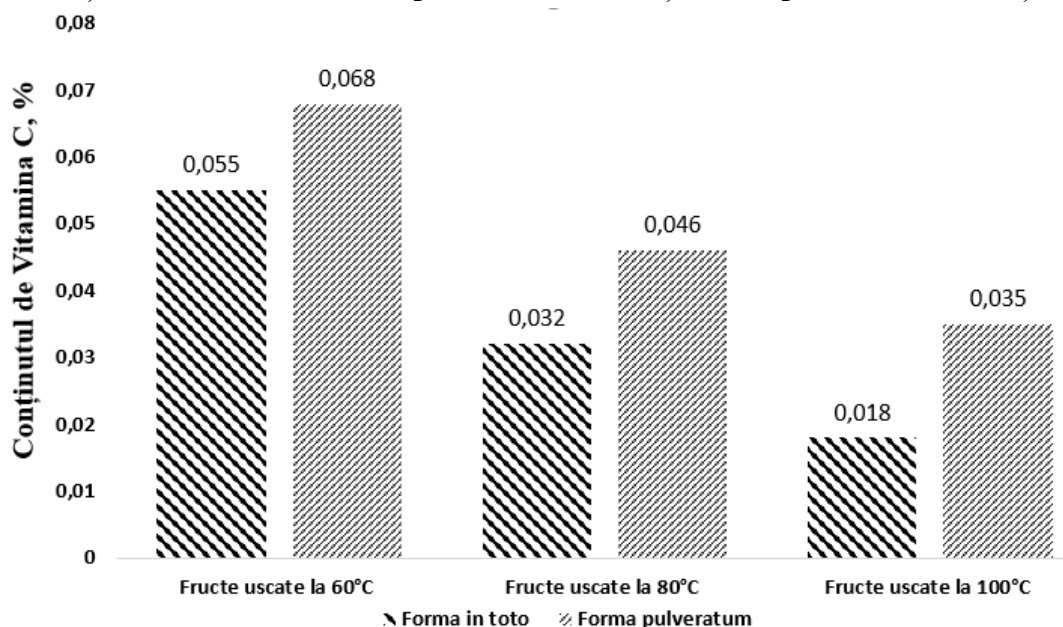
O altă optimizare propusă este obținerea altei forme a PVM și anume forma *pulveratum* pentru fructele uscate. Calitatea PVM procesat a fost verificată după conținutul principiului activ- vitamina C. Deci, s-a propus a se stabili condițiile optime de uscare la obținerea formei *in toto*, stipulată în farmacopee și de a obține pulberea de măceș (forma *pulveratum*) produs lipsă pe piața farmaceutică din Republica Moldova.

Datele experimentale privind conținutul vitaminei C în probele de măceș, după condiționare sunt prezentate în Figura 3.

Ținând cont de prevederile farmacopeei (obținerea produsului uscat), a fost determinat că temperatura optimă de uscare timp de 30 minute a fructelor este cea de 60°C, deoarece conținutul de vitamina C a scăzut doar de 3,6 ori la temperatura de 60°C comparativ cu conținutul inițial de vitamina C (0,2%) și a constituit 0,055%, uscarea la 80°C a redus conținutul de 6,3 ori comparativ cu conținutul inițial de vitamina C și a constituit 0,032%, iar pentru fructele uscate la 100°C conținutul de vitamină s-a diminuat de 11,1 ori comparativ cu conținutul inițial, valoarea obținută fiind de 0,018%. Astfel, a fost demonstrat că temperatura ridicată pe un interval scurt de timp nu este benefică în conservarea conținutului vitaminei C. Trebuie

de remarcat un conținut ușor mai ridicat al vitaminei C în cazul pulberilor, datorită faptului că o parte din „semințe” au fost mărunțite împreună cu fructul fals. Totodată, datele obținute confirmă că pulberea de măceș poate fi obținută și cu succes utilizată în industria farmaceutică.

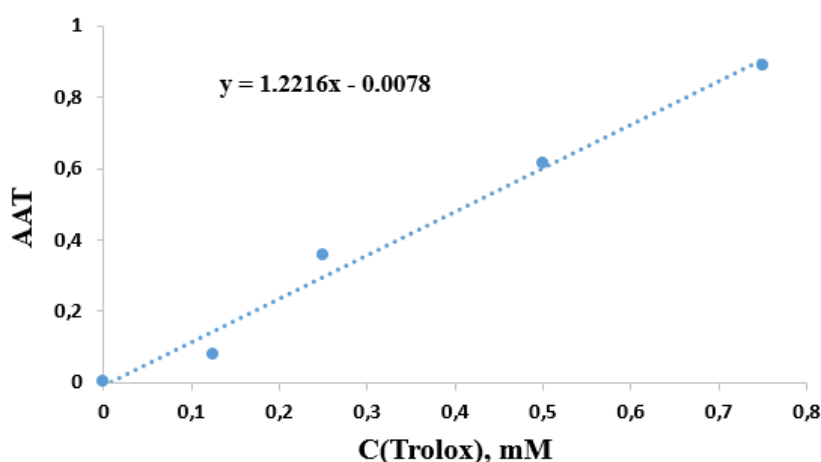
Figura 3. Conținutul de vitamina C în produsele finite obținute la prelucrarea măceșului proaspăt.



Calitatea produselor vegetale obținute a fost verificată încă după un parametru, activitatea antioxidantă. A fost utilizată metoda ABTS, considerată cea mai rapidă și eficientă metodă de determinare a activității antioxidante.

Inițial a fost construită curba de calibrare (Figura 4) utilizând ca substanță etalon troloxul, din curba de calibrare a fost dedusă ecuația dreptei, prin intermediul căreia AAT poate fi exprimată în unități TEAC.

Figura 4. Curba de calibrare Trolox.



Din produsele vegetale vitaminice inițiale au fost obținute extractele, utilizate în determinarea activității antioxidante totale și a valorii TEAC. În Tabelul 4 sunt prezentate valorile obținute pentru fructele de măceș până la condiționare și după condiționare, fiind selectate pentru testare doar fructele de măceș uscate la 60°C și pulberea uscată la aceeași temperatură, deoarece în acestea a fost determinat cel mai înalt conținut de Vitamina C. Totodată, a fost determinată activitatea antioxidantă totală și pentru fructele de măceș păstrate la frigider și în congelator, ca metode alternative de păstrare, însă rezultatele AAT pentru acestea nu sunt mai mari decât pentru formele uscate.

Tabelul 4. Date cinetice de consum a ABTS•+ de către extractele obținute ($\lambda=734\text{nm}$).

EXTRACT t, min	Proba martor	Fructe de măceș proaspete	Fructe de măceș păstrate în frigider	Fructe de măceș congelate	Fructe de măceș uscate la 60°C	Pulbere de măceș, obținute la 60°C
0	0,704	0,704	0,704	0,704	0,704	0,704
1	0,703	0,0020	0,025	0,015	0,016	0,020
2	0,701	0,0018	0,020	0,015	0,015	0,018
3	0,700	0,0012	0,020	0,015	0,015	0,023
4	0,700	0,0018	0,020	0,015	0,015	0,025
5	0,700	0,0013	0,019	0,015	0,014	0,025
6	0,700	0,0013	0,019	0,014	0,014	0,025
AAT	-	0,995	0,963	0,977	0,975	0,973
TEAC	-	0,923	0,892	0,906	0,904	0,863

Valorile până la condiționare sunt apropiate ceea ce denotă că procesul de păstrare a măceșului proaspăt, nu influențează esențial activitatea antioxidantă, în modul în care influențează conținutul de vitamina C, deoarece în compoziția chimică a fructelor de măceș sunt și alți compuși ce manifestă activitate antioxidantă, și nu sunt supuși descompunerii din cauza ascorbinazei, în modul în care acidul ascorbic este influențat de această enzimă. Totuși, pentru cantități industriale, păstrarea la frigider nu este deloc rentabilă. După condiționare, deși conținutul de vitamina C este practic de 2 ori mai mic, decât conținutul inițial, activitatea antioxidantă prezintă la fel valori apropiate celor pentru produsul proaspăt, ceea ce de asemenea se datorează conținutului variat de compuși chimici de natură antioxidantă prezenți în produsele finite obținute.

Concluzii

1. Pentru optimizarea proceselor tehnologice de obținere a fructelor de măceș *in toto* și *pulveratum* au fost analizate 3 regimuri de temperatură de uscare (60, 80, 100°C), și s-a determinat că temperatura optimă este de 60°C timp de 30 minute. Valoarea confirmată de conținutul mare de vitamina C din forma *pulveratum* (0,068%), comparativ cu valorile obținute la uscarea la 80°C (0,046%) și uscarea la 100°C (0,035%), și a activității antioxidante totale de 0,975 la 60°C și comparativ cu forma *in toto* din Farmacopee.

2. Condiționarea fructelor de măceș, mai exact regimul de temperatură selectat și forma de păstrare influențează conținutul de vitamina C, însă nu influențează esențial activitatea antioxidantă, datorită compoziției chimice variate a fructelor de măceș în special a compușilor ce manifestă activitatea antioxidantă și nu sunt influențate de activitatea enzimatică a ascorbinazei.

3. Valoarea activității antioxidante a pulberii de măceș (0,973) și conținutul mai mare de vitamina C după condiționarea la 60°C (0,068%), sugerează că forma *pulveratum* ar putea fi utilizată ca materie primă farmaceutică și/sau cosmetică pe piața locală.

Referințe:

- KASOTE, D. M., KATYARE, S. S., HEGDE, M. V., BAE, H. *Significance of antioxidant potential of plants and its relevance to therapeutic applications*. In: *International Journal of Biological Sciences*, 2015, nr. 11(8), p. 982-991. DOI: 10.7150/ijbs.12096.
- MUNTEANU, I.G., APETREI, C. *Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review*. In: *International Journal of Molecular Sciences*, 2021, nr. 22(7), p.1-30. DOI: 10.3390/ijms22073380.
- DUDUKU, K., ROSALAM, S., RAJESH, N. *A review of the antioxidant potential of medicinal plant species*. In: *Food and Bioproducts Processing*, 2011, nr. 89 (3), p. 217-233. ISSN 0960-3085.
- SZENT-GYÖRGYI, A. *Lost in the twentieth century*. In: *Annual review of biochemistry*, 1963. Disponibil: <https://www.chm.bris.ac.uk/sillymolecules/lost.pdf> [Accesat:27.09. 2024]

5. KASOTE, D. M., HEGDE, M. V., KATYARE, S. S. *Mitochondrial dysfunction in psychiatric and neurological diseases: cause (s), consequence (s), and implications of antioxidant therapy*. In: *Biofactors*, 2013. nr. 39(4), p. 392-406.
6. VLAICU, P. A., UNTEA, A. E., TURCU, R. P., PANAIT, T. D., SARACILA, M. *Rosehip (Rosa canina L.) Meal as a Natural Antioxidant on Lipid and Protein Quality and Shelf-Life of Polyunsaturated Fatty Acids Enriched Eggs*. In: *Antioxidants (Basel)*, 2022, nr. 11(10), p. 1-21. DOI: 10.3390/antiox11101948.
7. GHENADOV-MOȘANU, A. *Obținerea și stabilizarea unor coloranți, antioxidanți și conservanți de origine vegetală pentru alimente funcționale/ Autoreferat al tezei de doctor habilitat în științe inginerești, Chișinău, 2021.*
8. DADU, C., DONEA, V., BUCAȚEL, V., CECOI, V. *Măceșul Rosa Canina L. cultură de perspectivă pentru industria alimentară și farmaceutică*. În: *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*, 2017, nr. 3, p. 2-10. CZU: 634.8: 663.25.
9. BALAN, V., PARASCOVIA, S., CALALB, T., CIORCHINĂ, N., CUMPANICI, A., DODICA, D., ROȘCA, I., TODIRAȘ, V., ZBANCĂ, A. *Cultura arbuștilor fructiferi și căpșunului*. Chișinău: 2017, p. 434. ISBN 978-9975-53-067.
10. European pharmacopoeia 9.0. *Dog Rose. Rosae pseudo-fructus*, 2008, p. 1338-1339.
11. SHAHZAD, S. M., MORIDI FARIMANI, M., FOROUMADI, A. *et al. Bioengineered synthesis of phytochemical-adorned green silver oxide (Ag₂O) nanoparticles via Menthapulegium and Ficus carica extracts with high antioxidant, antibacterial, and antifungal activities*. In: *Scientific Reports*. 2022. nr. 12, p. 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26021-4>

Notă: Această lucrare a fost susținută printr-un grant al Ministerului Cercetării, Inovării și Digitalizării a României, CNCS-UEFISCDI, proiect PN-IV-P8-8.3-ROMD-2023-0045, în cadrul PNCDI IV.

Date despre autori:

Carolina GRIGORAȘ, doctorandă, Școala Doctorală Științe ale Naturii, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0009-0006-7123-7453

E-mail: carolina.grigoras@usm.md

Vladislav BLONSCHI, doctor în științe chimice, lector universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-8628-6756

E-mail: vlad.blonschi@usm.md

Gheorghe DUCA, academician, doctor habilitat în științe chimice, profesor universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0001-7265-6293

E-mail: ggduca@gmail.com

Simona NICA, doctor în științe chimice, cercetător științific II, Institutul de Chimie Organică și Supramoleculară „C. D. Nenițescu” din București.

ORCID: 0000-0001-5666-9043

E-mail: simona.nica@isoscdn.ro

Prezentat la 30.09.2024

CZU: 377.8

[https://doi.org/10.59295/sum6\(176\)2024_29](https://doi.org/10.59295/sum6(176)2024_29)

PRODUS EDUCAȚIONAL PREZENTAT LA PROBA PRACTICĂ ÎN PROCESUL DE ATESTARE A CADRELOR DIDACTICE

Mariana GORAȘ,

Ministerul Educației și Cercetării

Mariana DÎRU,

Universitatea de Stat din Moldova

Natalia TACHI,

IPLT „Liviu Deleanu”, Chișinău

Zinaida CHIOSA,

IP „Da Vinci”, Chișinău

În articol este prezentat un exemplu de produs educațional, prevăzut pentru proba practică în Regulamentul de atestare a cadrelor didactice din învățământul general, profesional tehnic și din cadrul structurilor de asistență psihopedagogică, aprobat prin ordinul Ministrului Educației, Culturii și Cercetării nr. 1091 din 07.10.2020, cu modificările ulterioare, aprobate prin ordinul Ministrului Educației și Cercetării nr. 1335 din 30.09.2024 (publicat în Monitorul Oficial al Republicii Moldova nr. 437-439, art. 814, la 18.10.2024) [1]. În calitate de produs din practica educațională propunem - Ghidul de implementare a curriculumului la disciplina opțională STEM în Criminalistică. Sunt descrise etapele de elaborare ale produsului educațional, precum și elementele de structură: 1) Argument/ Descrierea problemei și motivarea necesității schimbării; 2) Scop și obiective SMART; 3) Planul de acțiuni implementat (Ce? Când? Cum? Responsabil, resurse); 4) Rezultate cantitative și calitative obținute/impactul practicii educaționale de succes; 5) Asigurarea durabilității schimbărilor inițiate; 6) Diseminarea rezultatelor prin prezentări, publicații, formări la nivel de instituție/ raion/ municipiu/ republică.

Cuvinte-cheie: *cadre didactice, cadre didactice debutante, produs educațional, atestare.*

EDUCATIONAL PRODUCT PRESENTED AT THE PRACTICAL TEST IN THE CERTIFICATION PROCESS OF TEACHERS

The article presents an example of an educational product, provided for the practical test in the Regulation on the attestation of teaching staff in general, professional technical education and within psycho-pedagogical assistance structures, approved by order of the Minister of Education, Culture and Research no. 1091 of 07.10.2020, with subsequent changes, approved by the order of the Minister of Education and Research no. 1335 of 30.09.2024 (publishes in the Official Gazette of the Republic of Moldova no. 437-439, art. 814, on 18.10.2024) [1]. As a product of educational practice, we propose - Curriculum Implementation Guide for the STEM discipline in Forensics. The development stages of the educational product are described, as well as the description of the structural elements: 1) Argument/ Description of the problem and motivation of the need for change; 2) SMART goal and objectives; 3) Action plan implemented (What? When? How? Responsible, resources); 4) Quantitative and qualitative results obtained/the impact of successful educational practice; 5) Ensuring the sustainability of the initiated changes; 6) Dissemination of the results through presentations, publications, trainings at institution/ district/ municipality/ republic level.

Keywords: *teaching staff, beginning teaching staff, educational product, attestation.*

Introducere

Atestarea cadrelor didactice este benevolă și se realizează o dată la cinci ani pentru confirmarea sau conferirea consecutivă a gradului didactic doi, unu și conferirea gradului didactic superior. Acest proces

se desfășoară în conformitate cu Regulamentul [1] care prevede pentru conferirea / confirmarea gradului didactic unu și conferirea gradului didactic superior susținerea a două probe: 1) interviul de evaluare a competențelor profesionale; 2) prezentarea produsului/ proiectului din practica educațională. Cadrul didactic elaborează și implementează, timp de 5 ani, un produs ce reprezintă performanța la nivel local, raional/ municipal sau național (în funcție de gradul didactic solicitat).

În dicționarul explicativ găsim mai multe definiții pentru termenul produs, printre care:

1. Bun material rezultat dintr-un proces de muncă; totalitatea obiectelor sau a bunurilor obținute în procesul de producție;

2. Rezultat material al unui proces social sau natural, al unui proces fiziologic sau de creație; rezultat material al unui complex de fenomene sau de acțiuni.

În dicționarul de termeni pedagogici [2] și în accepțiunea autorului Sorin Cristea, produsul reprezintă rezultate obținute și valorificate prin manifestarea aptitudinilor pedagogice care exprimă un ansamblu de calități psihosociale, generale și specifice, necesare pentru proiectarea activităților care au finalitate - formarea și dezvoltarea permanentă a personalității umane, activități realizate în diferite medii instituționale. Din opinia expusă ne permitem să constatăm că, pentru asigurarea dezvoltării personalității cadrelor didactice și în vederea valorificării potențialului uman pedagogic în corespundere cu prioritățile strategice ale educației și în contextul provocărilor rapide care au loc în mediul profesional, sporește necesitatea de înregistrare a progreselor la nivel formativ în toate aspectele educației, prin dezvoltarea tuturor dimensiunilor de personalitate: intelectuală, morală, tehnologică etc. Astfel, scopul strategic în domeniul educației este oferirea de oportunități pentru toate cadrele didactice de a-și dezvolta deprinderi, cunoștințe, abilități și competențe necesare pentru a-și valorifica cât mai bine propriul potențial creativ de dezvoltare profesională continuă, atât în viața profesională, cât și în cea personală.

Prin urmare, produsul educațional îl atribuim procesului de cercetare și de creație, în care cadrul didactic realizează o investigație bibliografică în anumit domeniu, pornind de la ipoteză, formulează obiective STEM, identifică resursele necesare și partenerii, elaborează planul de acțiuni și implementează acest proiect la nivel de instituție, comunitate, municipiu/ raion sau republică.

Dacă ne referim la cercetarea pedagogică, atunci observăm că reprezintă un tip special de cercetare științifică, un proces creativ, critic, dinamic și continuu de cunoaștere, ce are drept scop explicarea, înțelegerea, optimizarea, inovarea, reformarea și prospectarea activității de instruire și educare [3]. Activitatea profesorului poate fi considerată o microcercetare pedagogică, deoarece realizarea unui proiect didactic al lecției parcurge toate etapele unei cercetări pedagogice:

1. Etapa organizare – elaborarea proiectului didactic al lecției: determinarea temei, precizarea problemei, definirea obiectivelor;

2. Etapa desfășurare – reprezintă scenariul lecției, care cuprinde realizarea obiectivelor stabilite prin activități de formare a elevilor, utilizând metode, procedee, materiale didactice adecvate;

3. Etapa finalizare – include evaluarea activităților desfășurate în cadrul lecției în vederea determinării eficienței acestora în formarea personalității elevului.

Pentru produsul educațional cadrele didactice trebuie să identifice problemele de organizare a activității de cercetare în instituțiile de învățământ preuniversitar, să determine în ce măsură activitatea de cercetare influențează asupra eficientizării și randamentului procesului educațional, să încurajeze inițiativele de implicare a elevilor în activități de cercetare, să posede și să aplice metode de motivare a elevilor, precum și să asigure schimbul de experiență cu alte instituții de învățământ preuniversitar sau universitar [4, 5].

Prezentarea proiectului

În această lucrare prezentăm un proiect educațional, elaborat și implementat la nivel republican, utilizat în procesul de atestare a cadrelor didactice pentru conferirea/confirmarea gradului didactic unu și conferirea gradului didactic superior. De asemenea, proiectul educațional va servi un punct de reper pentru cadrele didactice debutante, în vederea dezvoltării competențelor profesionale, în concordanță cu rolurile prescrise de funcția didactică în traseul de dezvoltare profesională continuă. În continuare va fi prezentată structura proiectului, în conformitate cu algoritmul din Regulamentul de atestare.

Titlul proiectului – Ghid de implementare a curriculumului la disciplina opțională STEM în criminalistică.

Argument - Necesitatea formării persoanelor competente, capabile de a se adapta și a activa productiv în circumstanțe noi, de a rezolva problemele cu care se confruntă, determină completarea listei disciplinelor opționale cu diverse cursuri. Elaborarea Ghidului de implementare a curriculumului a fost condiționată ca urmare a completării produselor curriculare, care vine să completeze procesul de aplicare a Curriculumului în diverse aspecte ale demersului educațional și reprezintă o resursă metodologică cu funcția de informare, formare, dar și îndrumare a cadrelor didactice pentru realizarea unei educații de calitate.

În elaborarea subiectelor prezentului Ghid s-a ținut cont de elemente importante pentru abordarea în cadrul demersului educațional:

- orientarea spre învățarea activă, spre a învăța să înveți, spre formarea de competențe, spre dezvoltarea creativității elevilor;
- asigurarea unui echilibru optim între abordările teoretice și cele aplicative;
- posibilitățile reale de aplicare la clasă.

Pentru realizarea eficientă a procesului de învățare și susținerea motivației elevilor sunt importante abordările inter- și transdisciplinare ale conținuturilor în sensul aplicabilității și flexibilității acestora. Astfel, pentru dezvoltarea competențelor la elevi, valorificarea activităților practice au o importanță semnificativă asupra implicării elevilor în activități la nivel cotidian și favorizarea potențialului de învățare prin: comunicare, cercetare, investigare și rezolvare a diferitor situații-probleme.

Obiective SMART (S – specifice, M – măsurabile, A – posibil de atins, R – relevante, T – timp)

Tabelul 1. Obiective SMART formulate în cadrul elaborării proiectului.

Exemplul 1	Exemplul 2
S. Elaborarea produsului/ documentului curricular care are rol	S. Elaborarea ghidului de implementare a curriculumului
M. de a complementa procesul de aplicare a Curriculumului de către profesori	M. a proiectelor de lungă durată, proiectelor de scurtă durată, metodelor didactice, produselor de evaluare
A. prin intermediul modelelor de proiecte didactice, exemplelor de evaluări, situațiilor problemă, exercițiilor interactive, activităților practice și studiilor de caz	A/R. oferirea unui produs curricular util și eficient - cadrului didactic
R. care aduc un plus de profit cognitiv / formativ și asigură un proces didactic continuu	T. pentru perioada de predare a disciplinei opționale STEM în Criminalistică (cl. 8-9 și cl. 10-11)
T. pentru perioada de predare a disciplinei opționale STEM în criminalistică (cl. 8-9 și cl. 10-11)	

Planul de acțiuni implementat

Tabelul 2. Părțile componente ale planului de acțiuni.

Ce	Când	Cum	Responsabil	Resurse
1. Examinarea surselor de referință: Curriculumului STEM în criminalistică, suportului didactic, manualului	Februarie-martie 2023	În colaborare cu membrii grupului de lucru	Grupul de lucru	Curriculumul STEM în criminalistică, manualul, suporturile educaționale
2. Elaborarea Ghidului de implementare	Martie-iunie 2023			
2.1. Elaborarea modelelor de proiecte didactice de lungă durată (2 modele)	Martie-aprilie 2023			
2.2. Elaborarea modelelor de proiecte didactice de scurtă durată (2 modele)	Martie-aprilie 2023			
2.3 Elaborarea modelelor de evaluări sumative (2 modele) și a modelelor de evaluări formative (4 modele)	Mai-iunie 2023			

2.4 Elaborarea fișelor activităților practice (4 modele)	Mai-iunie 2023	Individual și în colaborare cu membrii grupului de lucru	Grupul de lucru	Ghid de implementare a curriculumului la disciplina opțională STEM în criminalistică
2.5 Elaborarea studiului de caz (1 model)	Mai-iunie 2023			
2.6 Redactarea conținutului Ghidului și prezentarea lucrării recenzenților pentru analiză	Iunie 2023			
2.7 Diseminarea rezultatelor	August 2023			
2.8 Aplicarea Ghidului de implementare a curriculumului la disciplina opțională STEM în criminalistică în activitățile proiective și de evaluare	Septembrie 2023 - mai 2024 Septembrie 2024 - mai 2025	Individual și în colaborare cu membrii grupului de lucru și cadrele didactice care au predat disciplina opțională STEM în criminalistică		

Rezultate cantitative și calitative

1. În Ghid cadrele didactice găsesc 2 modele de proiecte didactice de lungă durată pentru disciplina opțională STEM în criminalistică, clasele a 8-a și a 11-a. Aceste proiecte pot fi ușor adaptate pentru clasele a 9-a și a 10-a.

2. În lucrare sunt prezentate 2 modele de proiecte didactice de scurtă durată, unul cu subiectul lecției *Fotografia judiciară. Categoriile de fotografii judiciare. Reguli în realizarea fotografiei obiectelor principale. Fotografii de orientare, de detaliu, schiță*. Echipamentul fotografic și altul cu subiectul lecției *Armele. Cartușul. Pulberea*. Modelele de proiecte sunt structurate în compartimentele: date generale; desfășurarea lecției/ activității conform cadrului ERRE; anexe.

3. De asemenea, în Ghid se regăsesc 2 modele de evaluări sumative, la unitățile de conținut *Cercetarea criminalistică a urmelor și Tactica criminalistică*. Evaluările sunt însoțite de bareme de corectare și scheme de convertire a punctelor în note.

4. Întrebările prezentate în evaluările formative vor ajuta cadrele didactice în desfășurarea demersului educațional la următoarele etape ale lecției: evocare, reflecție și extindere.

5. În ghid sunt descrise detaliat 5 activități practice care au tangență cu cercetarea criminalistică și anume: Examinarea probelor de sol, examinarea lichidelor ce conțin alcool, pornind de la monede am inclus și examinarea metalelor, aliajelor și a articolelor fabricate din ele, examinarea fibrelor, materialelor fibroase și a produselor de ardere a lor, dar și testul Kastle Meyer pentru detectarea petelor de sânge. Aceste activități sunt însoțite de fișe de înscriere a datelor experimentale și de analiză a acestora.

6. Metoda *Studiu de caz* implică abordarea subiectelor complexe din diverse domenii, exprimate prin evenimente, cazuri concrete, situații semnificative etc. care necesită analiză, sinteză, generalizare, concluzii. Autorii ghidului au elaborat un studiu de caz, caracteristic disciplinei opționale, și au propus rezolvarea acestuia conform unui algoritm prezentat în manualul disciplinei [6]. De asemenea, sunt propuse repere orientative de evaluare a studiului de caz și schema de convertire a punctelor în note.

Asigurarea durabilității schimbărilor inițiate

Durabilitatea produsului elaborat este determinată de:

- diversitatea activităților de predare-învățare-evaluare, utilizarea cărora va permite egalizarea șanselor de reușită a elevilor și dezvoltarea potențialului în ritm propriu;

- implementarea strategiilor didactice interactive din perspectiva eficientizării legăturii transdisciplinare în procesul de organizare a demersului educațional;
- includerea proiectelor STEM, studiilor de caz ce vizează transpunerea cunoștințelor în situații concrete;
- implicarea elevilor în activități practice de investigare prin formarea deprinderilor de cercetare;
- utilizarea ghidului de către profesori în activități proiective și de evaluare.

Diseminarea rezultatelor

Prezentarea Ghidului de implementare a curriculumului la disciplina opțională STEM în criminalistică s-a realizat la nivel republican la 16 august 2023 în cadrul atelierului de formare a cadrelor didactice, la care au participat circa 60 profesori din 57 instituții de învățământ gimnazial și liceal (ordinul MEC nr. 1013 din 10.08.2023). În cadrul sesiunilor de formare, membrii grupului de lucru au prezentat profesorilor conceptul STEM și cursul „STEM în Criminalistică”, curriculumul și ghidul de implementare pentru disciplina opțională/ activități extrașcolare STEM în Criminalistică, dar și au relatat despre reușite, provocări și perspective în activitățile educaționale „STEM în Criminalistică”. Prin intermediul participanților la programul de formare profesională, la nivelul instituțiilor de învățământ gimnazial și liceal, diseminarea rezultatelor a continuat în rândul a circa 1800 de elevi, beneficiari ai implementării disciplinei opționale/ activităților extrașcolare STEM în Criminalistică în anul de studii 2023-2024.

Acest material, prin prisma produselor curriculare descrise (Curriculum și Ghid de implementare), a fost publicat pe pagina Ministerului Educației și Cercetării și poate fi accesat de către cadrele didactice și elevii implicați în procesul de predare – învățare – evaluare a disciplinei opționale, precum și de cadrele didactice debutante, pentru dezvoltarea profesională în cariera pedagogică și de toți cei interesați să contribuie la promovarea calității și satisfacției profesionale. (<https://mecc.gov.md/ro/content/resurse-pentru-cadre-didactice-invatomintul-gimnazial>).

Concluzii

În acest articol a fost descrisă modalitatea de prezentare a unui produs educațional propus pentru proba practică în procesul de atestare a cadrelor didactice. S-a detaliat fiecare etapă de prezentare, prevăzută de Regulament, astfel încât cadrelor didactice să le fie clar ce informații să includă în fiecare compartiment, cum să formuleze obiectivele SMART și cum să proiecteze etapele realizării produsului/ proiectului. Autorii au ținut în vizor și categoria de cadre didactice care se află la debutul carierei pedagogice, pentru care, în conținutul textului au urmărit obiectivul de a oferi ajutor metodologic, în vederea dezvoltării competențelor profesionale la elaborarea produselor educaționale.

Referințe:

1. *Regulamentul de atestare a cadrelor didactice din învățământul general, profesional tehnic și din cadrul structurilor de asistență psihopedagogică, aprobat prin ordinul Ministrului Educației, Culturii și Cercetării nr. 1091 din 07.10.2020, cu modificările ulterioare, aprobate prin ordinul Ministrului Educației și Cercetării nr. 1335 din 30.09.2024* (publicat în Monitorul Oficial al Republicii Moldova nr. 437-439, art. 814, la 18.10.2024). Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=145467&lang=ro [Accesat: 24.10.2024].
2. CRISTEA, S. *Dicționar de termeni pedagogici*. Editura Didactică și pedagogică, R.A-București Copyringht, 1998, 312 p. ISBN 973-30-5130-6.
3. PASCARI, V. *Relevanța activității de cercetare a cadrului didactic vis-a-vis de perfecționarea profesională*. Conferința „Interconexiunea dimensiunilor de formare profesională prin studii superioare de licență, master, doctorat în științe ale educației” 1, Chișinău, Moldova, 9 decembrie 2022, pp. 104-111. <https://doi.org/10.46727/c.09-12-2022.p104-111>
4. CUREA, N. *Cercetarea și randamentul școlar. Fizica și tehnologiile moderne*, Vol. 2, nr. 1-2, 2004, pp. 30-32.
5. CRISTEA, S. *Cercetarea pedagogică*. Didactica Pro, nr. 2(84), 2014, pp. 56-60.
6. CHIȘCA, D., ȘTERBEȚ, D., ROTARI, N. *STEM & CRIMINALISTICĂ. Suport didactic*, Chișinău: Î „Foxtrot”, 2023, 235 p.

Date despre autori:

Mariana GORAȘ, consultant principal, Ministerul Educației și Cercetării.

ORCID: 0009-0001-2450-7936

E-mail: mariana.goras@mec.gov.md

Mariana DÎRU, doctor, conferențiar universitar, Universitatea de Stat din Moldova.

ORCID: 0000-0003-1410-7821

E-mail: mariana.diru@usm.md

Natalia TACHI, profesoară de chimie, grad didactic superior, IPLT „Liviu Deleanu”, Chișinău.

E-mail: natalia.cecoi@gmail.com

Zinaida CHIOSA, profesoară de chimie, grad didactic superior, IP „Da Vinci”, Chișinău.

E-mail: zinaidachiosa1@gmail.com

Prezentat la 30.09.2024

CUPRINS

SUMMARY

Științe biologice

Biological sciences

*Angela RUDACOVA, Ala CHERDIVARĂ,
Serghei RUDACOV*

DEHIDRINELE PLANTELOR.
CARACTERISTICA GENERALĂ
ȘI FUNCȚII IPOTETICE

3 PLANT DEHYDRINS.
GENERAL CHARACTERISTICS
AND HYPOTHETICAL FUNCTIONS

*Ana BÎRSAN, Ion GANEA, Maria FRUNZĂ,
Alina VLADINOVA, Silvia EVTODIEV,
Costel GUȚU, Maria IACUBUȚĂ*
STUDIUL ACTIVITĂȚII RESPIRATORII
A UNOR SOIURI DE SOIA
CU AJUTORUL SENZORILOR DE CO₂

11 THE RESPIRATORY ACTIVITY STUDY OF
SEVERAL SOYBEAN VARIETIES
USING CO₂ SENSORS

Татьяна ЩЕРБАКОВА
ГИФОМИЦЕТ LECANICILLIUM LECANII
ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ
ОТ СОСУЩИХ ВРЕДИТЕЛЕЙ
И ФИТОПАТОГЕНОВ
В УСЛОВИЯХ ТЕПЛИЦЫ

19 HYPHOMYCETE LECANICILLIUM LECANII
FOR PLANT PROTECTION
FROM SUCKING PESTS
AND PHYTOPATHOGENS
UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

Maricica COLȚUN, Alina BOGDAN
INTRODUCEREA ȘI CERCETAREA
PARTICULARITĂȚILOR
BIOMORFOLOGICE ALE SPECIEI
PASSIFLORA INCARNATA L.
ÎN CONDIȚIILE GRĂDINII BOTANICE

28 INTRODUCTION AND RESEARCH
ON THE BIOMORPHOLOGICAL FEATURES
OF THE SPECIES PASSIFLORA INCARNATA L.
UNDER THE CONDITIONS
OF THE BOTANICAL GARDEN

*Мария ЗАВАТИН, Юлиана РУСУ,
Тудор НАСТАС*
СЕЗОННЫЙ МОНИТОРИНГ
ИНВАЗИВНОГО ВИДА
HALYOMORPHA HALYS Stal.
НА ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЯХ
В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА

32 SEASONAL MONITORING OF THE
INVASIVE SPECIES HALYOMORPHA
HALYS Stal. ON DECORATIVE PLANTS
IN THE CONDITIONS
OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Cristina MOLDOVAN, Tamara SÎRBU
SELECTAREA CONDIȚIILOR OPTIME
DE CULTIVARE A TULPINII DE FUNGI
TRICHODERM ATROBRUNEUM

38 SELECTION OF OPTIMAL CONDITIONS
FOR GROWING FUNGI STRAIN
TRICHODERM ATROBRUNEUM

*Maria DUCA, Steliana CLAPCO,
Daniela ELENCIUC*
REZILIENȚA CULTURII DE FLOAREA-
SOARELUI ÎN CONDIȚII DE STRES BIOTIC

46 RESILIENCE OF SUNFLOWER CROP
UNDER BIOTIC STRESS CONDITIONS

*Elena ROȘCOV, Ion TODERAȘ,
Laurenția UNGUREANU, Daria TUMANOVA*
UTILIZAREA PRODUCȚIEI PRIMARE
ALGALE DE CĂTRE CONSUMATORII
DIN VERIGILE TROFICE SUPERIOARE

54 THE UTILIZATION OF ALGAL PRIMARY
PRODUCTION BY CONSUMERS
IN UPPER TROPHIC LEVELS

Ирина КОЛОМИЕЦ
ВЛИЯНИЕ СЕЗОННЫХ
И ШИРОТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА
СИНТЕЗ ПЛАСТИДНЫХ ПИГМЕНТОВ

66 INFLUENCE OF SEASONAL AND
LATITUDE CHANGES IN SOLAR
RADIATION ON THE SYNTHESIS
OF PLASTID PIGMENTS

- Maria CAUȘ*
EFECTUL STRESULUI DE TEMPERATURĂ
NEGATIVĂ ASUPRA MOBILIZĂRII
REZERVEI DIN SEMINȚE
PENTRU GERMINARE ȘI CREȘTEREA
TIMPURIEA PLANTULELOR DIFERITOR
HIBRIZI DE PORUMB 79 THE EFFECT OF NEGATIVE
TEMPERATURE STRESS ON THE
MOBILIZATION OF SEED RESERVES
FOR GERMINATION AND
EARLY SEEDLING GROWTH
OF DIFFERENT MAIZE HYBRIDS
- Nina CIOCĂRLAN*
PARTICULARITĂȚILE
BIOLOGICE ALE SPECIEI
SCUTELLARIA BAICALENSIS
ÎN CONDIȚIILE REPUBLICII MOLDOVA 85 BIOLOGICAL PECULIARITIES OF THE
SPECIES SCUTELLARIA BAICALENSIS
IN THE CONDITIONS
OF REPUBLIC OF MOLDOVA
- Ion ROȘCA, Elisaveta ONICA,
Alina CUTCOVSCHI-MUȘTUC, Natalia ONICA*
COLECȚIA GENULUI
CORNUS L. DIN CADRUL
GRĂDINII BOTANICE NAȚIONALE
(INSTITUT) „ALEXANDRU CIUBOTARU”
A REPUBLICII MOLDOVA 96 THE COLLECTION OF THE GENUS
CORNUS L. FROM THE
„ALEXANDRU CIUBOTARU” NATIONAL
BOTANICAL GARDEN (INSTITUTE)
OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA
- Victor SFECLĂ, Pavel PÎNZARU*
ASOCIAȚIA GERANIO
PRATENSI–CIRSIIETUM CANI PÎNZARU,
IONIȚA ET JARDAN 2019
(FILIPENDULION SEGAL EX WESTHAFF
ET DEN HELD 1969)
ÎN REZERVAȚIA
PEISAGISTICĂ „DOBRUȘA”,
REPUBLICA MOLDOVA 102 THE ASOCIATION GERANIO
PRANTENSI–CIRSIIETUM CANI PÎNZARU,
IONIȚA ET JARDAN 2019
(FILIPENDULION SEGAL EX WESTHAFF
ET DEN HELD 1969)
IN THE „DOBRUȘA”
LANDSCAPE RESERVE,
REPUBLIC OF MOLDOVA
- Corina CERTAN, Nađejda GRABCO,
Veronica FLORENȚĂ*
DIVERSITATEA FLORISTICĂ
DIN ECOSISTEMUL URBAN CAHUL 109 THE FLORISTIC DIVERSITY
IN THE CAHUL URBAN ECOSYSTEM
- Ecaterina BARCARI, Tatiana NAGACEVȘCHI*
REGIMUL DE UMIDITATE
ȘI TEMPERATURĂ AL SOLURILOR
DIN REZERVAȚIA „CODRII” ÎN TIMPUL
PERIOADEI DE VEGETAȚIE 2023 114 AMOISTURE AND TEMPERATURE
REGIME OF THE SOILS IN THE
„CODRII” RESERVE DURING
THE 2023 VEGETATION PERIOD
- Nina LIOGCHII, Valeriu BRAȘOVEANU,
Regina FASOLA, Liliana MOTELICA*
MANAGEMENTUL DURABIL AL
BIODIVERSITĂȚII ÎN SITUL
EMERALD „PĂDUREA HÂNCEȘTI” 121 SUSTAINABLE MANAGEMENT
OF BIODIVERSITY IN THE EMERALD
SITE „PĂDUREA HÂNCEȘTI”
- Iuliana RUSU, Maria ZAVATIN, Tudor NASTAS,
Olesea NEMERENCO, Victor GORBAN*
ESTIMAREA PROPRIETĂȚILOR
ATRACTIVE A CAPCANELOR
FEROMONALE ȘI LUMINOASE PENTRU
MONITORIZAREA SEZONIERĂ
A SPECIEI INVAZIVE
HALYOMORPHA HALYS STAL 127 ESTIMATION OF THE ATTRACTIVE
PROPERTIES OF PHEROMONAL
AND LIGHT TRAPS FOR
SEASONAL MONITORING
OF THE INVASIVE SPECIES
HALYOMORPHA HALYS STAL

- Iurie BACALOV, Aurelia CRIVOI, Elena CHIRIȚA, Adriana DRUȚA*
EVALUAREA EFICACITĂȚII
FITOPREPARATELOR ÎN PREVENIREA
GLICOZURIEI, CETONURIEI
ȘI PROTEINURIEI ÎN MODELE
EXPERIMENTALE DE DIABET 133 EVALUATION OF THE EFFICACY
OF PHYTOPREPARATIONS
IN PREVENTING GLYCOSURIA,
KETONURIA, AND PROTEINURIA IN
EXPERIMENTAL MODELS OF DIABETES
- Adelina REVENCO*
REPERE ISTORIOGRAFICE
ASUPRA CERCETĂRIILOR
CONDIȚIILOR ȘI RESURSELOR
NATURALE ALE
REGIUNII DE SUD
A REPUBLICII MOLDOVA 140 HISTORIOGRAPHICAL LANDMARKS
ON THE RESEARCH
OF NATURAL CONDITIONS
AND RESOURCES
OF THE SOUTHERN REGION
OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA
- Ghenadie USIC, Aurelia PROFIR*
DEZVOLTAREA UNEI
ARHITECTURI DE MODEL
BAZAT PE REȚELE NEURONALE
PENTRU CALCULUL PERSONALIZAT
AL DOZELOR DE INSULINĂ
ÎN DIABETUL ZAHARAT DE TIP I 148 DEVELOPMENT OF
A NEURAL NETWORK
MODEL ARCHITECTURE
FOR PERSONALIZED
INSULIN DOSAGE CALCULATION
IN TYPE I DIABETES
- Ala OVERCENCO, Liuba COREȚCHI*
IMPACTUL FACTORILOR
FIZICI INTERNI ȘI EXTERNI
ASUPRA CONCENTRAȚIILOR
DE RADON INTERIOR
CA PROBLEMĂ ACTUALĂ
A SISTEMULUI DE SĂNĂȚATE
ÎN CONDIȚIILE SCHIMBĂRIILOR
CLIMATICE REGIONALE 154 THE IMPACT OF
INTERNAL AND EXTERNAL
PHYSICAL FACTORS ON
INDOOR RADON CONCENTRATIONS
AS A CURRENT PROBLEM
OF THE HEALTH SYSTEM
IN THE CONDITIONS
OF REGIONAL CLIMATE CHANGE
- Alla GLADCAIA*
ISODONTIA MEXICANA,
O NOUĂ SPECIE INVAZIVĂ DE VIESPI
ÎN FAUNA REPUBLICII MOLDOVA 168 ISODONTIA MEXICANA,
A NEW INVASIVE WASP SPECIES
IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA FAUNA
- Camelia RÂTEA, Adriana-Daniela SOCIANU,
Septimiu Toader VOIDĂZAN*
IMPACTUL DISBIOZEI INTESTINALE
ASUPRA NIVELURILOR
DE COENZIMA Q10 173 IMPACT OF GUT
DYSBIOSIS ON COENZYME
Q10 LEVELS
- Ghenadie USIC*
OPTIMIZAREA MODELELOR
DE PREDICȚIE A HIPOGLICEMIEI
PRIN COMBINAREA
ALGORITMILOR GENETICI ȘI
LEVENBERG-MARQUARDT 182 OPTIMIZING HYPOGLYCEMIA
PREDICTION MODELS
BY COMBINATING GENETIC
AND LEVENBERG-MARQUARDT
ALGORITHMS
- Maria ZAMORNEA, Dumitru ERHAN,
Ștefan RUSU, Olesea GLIGA*
INFESTAREA GÂȘTELOR
(ANSER ANSER DOMESTICUS L.)
DIN REPUBLICA MOLDOVA
CU ECTOPARAZIȚI 187 INFESTATION OF GEESE
(ANSER ANSER DOMESTICUS L.)
FROM THE REPUBLIC OF MOLDOVA
WITH ECTOPARASITES

Camelia RÂTEA, Adriana-Daniela SOCIANU
EFECTELE INTERVENȚIEI DIETETICE
ASUPRA PERFORMANȚEI SPORTIVE LA
UN ATLET CU SINDROMUL INTESTINULUI
PERMEABIL - STUDIU DE CAZ

Științe chimice

*Andrei CIURSIN, Roman RUSNAC,
Aurelian GULEA*
SYNTHESIS OF NEW
bis-THIOSEMICARBAZONES BASED
ON 2,2'-[PROPANE-1,3-DIIL-bis-(OXI)]
DIBENZALDEHYDE WITH
BIOLOGICAL POTENTIAL

*Carolina GRIGORAȘ, Vladislav BLONSCHI,
Gheorghe DUCA, Simona NICA*
INFLUENȚA CONDIȚIILOR DE
PROCESARE ASUPRA CONȚINUTULUI
DE ANTIOXIDANȚI ÎN FRUCTUS ROSAE

*Mariana GORAȘ, Mariana DÎRU,
Natalia TACHI, Zinaida CHIOSA*
PRODUS EDUCAȚIONAL PREZENTAT
LA PROBA PRACTICĂ ÎN PROCESUL
DE ATESTARE A CADRELOR DIDACTICE

191 EFFECTS OF DIETARY INTERVENTION
ON SPORTS PERFORMANCE IN AN
ATHLETE WITH LEAKY
GUT SYNDROME - A CASE STUDY

Chemical sciences

198 SINTEZA UNOR
bis-TIOSEMICARBAZONE NOI ÎN BAZA
2,2'-[PROPANE-1,3-DIIL-bis-(OXI)]
DIBENZALDEHIDEI
CU POTENȚIAL BIOLOGIC

207 INFLUENCE OF PROCESSING
CONDITIONS ON ANTIOXIDANT
CONTENT IN FRUCTUS ROSAE

214 EDUCATIONAL PRODUCT PRESENTED
AT THE PRACTICAL TEST IN THE
CERTIFICATION PROCESS OF TEACHERS

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