

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA
UNIVERSITATEA PEDAGOGICĂ DE STAT „ION CREANGĂ” DIN CHIȘINĂU
FACULTATEA BIOLOGIE ȘI CHIMIE



**CONFERINȚA ȘTIINȚIFICO-PRACTICĂ
INTERNAȚIONALĂ
„INSTRUIRE PRIN CERCETARE PENTRU
O SOCIETATE PROSPERĂ”**

Ediția a XI-a

16-17 martie 2024

Volumul I

**REALIZĂRI CONTEMPORANE
ÎN ȘTIINȚE ALE NATURII**

CHIȘINĂU, 2024

**Recomandat pentru publicare de către Senatul Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă”
din Chișinău din 28 martie, proces-verbal nr. 10**

Redactare literară:

Grigore Chiperi, Tatiana Luchian

**RESPONSABILITATEA PENTRU CONȚINUTUL MATERIALELOR PUBLICATE REVINE
ÎN EXCLUSIVITATE AUTORILOR**

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN REPUBLICA MOLDOVA
"Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă", conferință științifico-practică internațională
(11 ; 2024 ; Chișinău). Conferința științifico-practică internațională "Instruire prin cercetare pentru o
societate prosperă", Ediția a 11-a, 16-17 mai 2024 / comitetul științific: Eduard Coropceanu (președinte)
[et al.]. – Chișinău : [S. n.], 2024 (CEP UPSC) – . – ISBN 978-9975-46-900-5.

Vol. 1 : Realizări contemporane în științe ale naturii. – 2024. – 333 p. : fig., tab. – Antetit.: Ministerul
Educației și Cercetării al Republicii Moldova, Universitatea Pedagogică de Stat "Ion Creangă" din
Chișinău, Facultatea Biologie și Chimie. – Tit., cuprins paral.: lb. rom., engl. – Texte : lb. rom., engl.,
rusă. – Rez.: lb. rom., engl. – Referințe bibliogr. la sfârșitul art. – 100 ex. – ISBN 978-9975-46-901-2. –
ISBN 978-9975-46-902-9 (PDF).

082=135.1=111=161.1

I-57

© Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, 2024

**Tipar executat la Centrul Editorial-Poligrafic al Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă”
din Chișinău, str. Ion Creangă nr. 1, MD-2069**

**MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH
OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA
“ION CREANGA” STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY OF CHISINAU
FACULTY BIOLOGY AND CHEMISTRY**



**INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND PRACTICAL CONFERENCE
"EDUCATION THROUGH RESEARCH
FOR A PROSPEROUS SOCIETY",**

**The XIth edition
March 16-17, 2024**

**Volume I
CONTEMPORARY ACHIEVEMENTS
IN NATURAL SCIENCES**

CHISINAU, 2024

COMITETUL ȘTIINȚIFIC:

Eduard COROPCEANU,	președinte, profesor universitar, doctor, director ICITT, UPSC, Republica Moldova, ORCID: 0000-0003- 1073-828X
Alexandra BARBĂNEAGRĂ,	conferențiar universitar, doctor, rector al Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, Republica Moldova, ORCID: 0000-0003-4777-1550
Diana ANTOCI,	profesor universitar, doctor habilitat, prorector UPSC, Republica Moldova, ORCID: 0000-0002-7018-6651
Nicolai ALUCHI,	conferențiar universitar, doctor, decan al Facultății Biologie și chimie, UPSC, Republica Moldova, ORCID: 0000-0003-1874-8474
Cezar Ionuț SPÎNU,	profesor universitar, doctor, rector al Universității din Craiova, România, ORCID: 0000-0001-7589-5505
Puiu-Lucian GEORGESCU,	profesor universitar, doctor inginer, rector al Universității „Dunărea de Jos” din Galați, România, ORCID: 0000-0001-9455-9291
Liviu-Dan MIRON,	profesor universitar, doctor habilitat, prorector, Universitatea de Științele Vieții din Iași, România, ORCID: 0000-0002-4824-3461
Cătălina ITICESCU,	profesor universitar, doctor habilitat, director al Infrastructurii de Cercetare REXDAN a Universității „Dunărea de Jos” din Galați, România, ORCID: 0000-0001-8350-9424
Ion TODERAȘ,	academician, profesor universitar, doctor habilitat, Institutul de Zoologie, Republica Moldova, ORCID: 0000-0001-6159-5325
Anton FICAI,	profesor universitar, doctor habilitat, Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București, România, ORCID: 0000-0002-1777-0525
Andrey DAVIDENKO,	profesor universitar, doctor habilitat, University of Chernigov, Ukraine, ORCID: 0000-0003-1542-8475
Yurii SHAPRAN,	profesor universitar, doctor habilitat, Hryhorii Skovoroda University in Pereiaslav, Ukraine, ORCID: 0000-0002-4176-7502

Carmelia Mariana DRAGOMIR BĂLĂNICĂ,	conferențiar universitar, doctor, Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, România, ORCID: 0000-0001-7743-928X
Cornel COJOCARU,	doctor, Institutul de Chimie Macromoleculară „Petru Poni”, Iași, România, ORCID: 0000-0002-3651-6178
Aculina ARÎCU,	conferențiar cercetător, doctor habilitat, director Institutul de Chimie, Republica Moldova, ORCID: 0000-0001-7201-2519
Ion BULHAC,	doctor habilitat, Institutul de Chimie, Republica Moldova, ORCID: 0000-0002-2437-2875
Tudor COZARI,	profesor universitar, doctor habilitat, UPSC, Republica Moldova, ORCID: 0000-0003-4875-463X
Carmen GACHE,	conferențiar universitar, doctor, Universitatea A.I. Cuza din Iași, România, ORCID: 0000-0001-8520-3752
Liliana CIAȘCAI,	conferențiar universitar, doctor, Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca, Romania, ORCID: 0000-0002-9619-2961
Eugenia CHIRIAC,	conferențiar universitar, doctor, UPSC, Republica Moldova, ORCID: 0000-0002-5935-0414
Viorica COADĂ,	conferențiar universitar, doctor, UPSC, Republica Moldova, ORCID: 0000-0003-3368-7016
Ion ARSENE,	conferențiar universitar, doctor, UPSC, Republica Moldova, ORCID: 0000-0003-3102-3507
Pavel PÎNZARU,	conferențiar cercetător, doctor, Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru” a USM, Republica Moldova, ORCID: 0000-0001-6116-930X
Nina LIOGCHII,	conferențiar universitar, doctor, Institutul de Ecologie și Geografie al USM, Republica Moldova, ORCID: 0000-0002-8202-1934

COMITETUL ORGANIZATORIC:

Nadejda CAZACIOC, președinte, UPSC, Republica Moldova

Diana CHIȘCA, UPSC, Republica Moldova

Boris NEDBALIUC, UPSC, Republica Moldova

Sofia GRIGORCEA, UPSC, Republica Moldova

Lora MOȘANU-ȘUPAC, UPSC, Republica Moldova

Diana COȘCODAN, UPSC, Republica Moldova

Tatiana CÎRLIG, UPSC, Republica Moldova

Eugenia MELENTIEV, UPSC, Republica Moldova

Lilia BRÎNZĂ, UPSC, Republica Moldova

Sergiu CODREANU, UPSC, Republica Moldova

Victor CIORNEA, UPSC, Republica Moldova

Ana ȚÎGANAȘ, UPSC, Republica Moldova

Daniela PLACINTA, UPSC, Republica Moldova

Natalia ROTARI, AO IEP, Republica Moldova

Ghenadie CHIRIAC, UPSC, Republica Moldova

Viorica PURCEL, UPSC, Republica Moldova

Vasile LOZOVAN, Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj Napoca, România

CUPRINS

SESIUNE PLENARĂ

<i>Miron Liviu-Dan, Ivănescu Larisa. The risk of vector-borne zoonotic disease transmission in the context of global warming</i>	17
<i>Enache Andra-Cristina, Cojocaru Corneliu, Samoila Petrisor. Green chemistry with cellulose-based adsorbents: laboratory-designed formulations vs. waste harnessing.....</i>	26
<i>Nisteanu Victoria, Paladi Viorica, Larion Alina. Spectrul trofic al ciufului de pădure (<i>Asio otus</i>, Linnaeus, 1758, Strigidae, Aves) în Republica Moldova</i>	32
<i>Shapran Iurii. Educational practices of updating the relations of Ukrainian society with the environment</i>	39
<i>Bocancea Viorel. Asigurarea continuității în formarea conceptelor la studiul Științelor în învățământul general</i>	45

REALIZĂRI ACTUALE ALE CHIMIEI ȘI PROTECȚIA MEDIULUI

<i>Arsene Ion, Purcel Viorica. Studiul energetic al transferului de protoni în molecula de uracil</i>	51
<i>Băbăruș Ioana, Lungu Ionuț-Iulian, Ștefanache Alina. Fortificarea cu calciu a înghețatei din lapte</i>	57
<i>Beleaev Ecaterina. Sinteza, structura și analiza suprafeței Hirshfeld a compusului coordinativ de pivalat de Co(II) cu 1,10-fenantrolină</i>	62
<i>Burlac Samira, Melnic Elena, Chisca Diana. Sinteza și structura unui polimer coordinativ 2d al Co(II) cu 4,4'-bipiridina și acidul piridin-2,5-dicarboxilic</i>	68
<i>Craciun Nicoleta, Melnic Elena, Fonari Marina, Chisca Diana. Sinteza și structura cristalină a unui compus mononuclear al Cd(II) cu liganzii 2,2'-dipiridină și 4,4'-diaminodifenilmetan</i>	74
<i>Danilescu Olga, Bulhac Ion, Cocu Maria, Bouroș Paulina, Șova Sergiu. Compuși coordinativi ai Co(II) asamblați prin deprotonarea-protonarea ligandului</i>	79
<i>Gorbaciov Mihail, Gorincioi Natalia, Bălan Iolanta. Evidența DFT a interacțiunii sinergice dintre unele flavanoide și acizi fenolici în reacțiile lor comune cu ABTS^{•+}</i>	86
<i>Lozovan Vasile. Anionul sulfat – generator de arhitecturi polimerice coordinative pentru ionii Zn(II)/Cd(II) cu liganzi azinici</i>	92
<i>Lungu Ionuț Iulian, Cioancă Oana, Hăncianu Monica. Sinteza și caracterizarea combinației complexe: catehină-seleniu</i>	96

<i>Melentiev Eugenia, Pitușcan Mariana. Valorificarea indicilor fizico-chimici ai unor uleiuri vegetale și modificarea acestora la procesarea termică și condițiile de păstrare</i>	100
<i>Onofrei Ilinca, Ochiuz Lăcrămioara, Bujor Alexandra, Lungu Ionuț-Iulian, Ștefanache Alina. Alchimia minerală în dermatologie: utilizarea zincului în produse cosmetice și în tratarea afecțiunilor dermatologice</i>	110
<i>Popescu Gabriela Adriana. Nanocristale – importanță și utilizări.....</i>	114
<i>Sandu Maria, Tariță Anatolie, Moșanu Elena. Capacitatea de autoepurare a apelor de suprafață conform clasei de calitate</i>	121
<i>Savin Irina-Isabella. Folosirea în cercetare de către elevi a competențelor ecologice specifice secolului XXI</i>	126
<i>Șepeli Diana, Spătaru Petru, Vișnevschi Alexandru. Metodele microbiologice de epurare a apelor uzate de compuşii azotului</i>	131
<i>Udriștioiu Mihaela Tinca, Amarie Dragos. Dezvoltarea rețelelor de monitorizare a calității aerului pe bază de voluntariat și utilizarea datelor măsurate</i>	139
<i>Ureche Dumitru, Bulhac Ion, Bouroș Pavlina. Sinteza și structura complexului mononuclear $[Cu(IDA)_2][Cu(IDAH)_2] \cdot 2(CH_3)_2OH$</i>	146
<i>Vișnevschi Alexandru, Spătaru Petru, Spînu Oxana, Povar Igor. Optimizarea schemelor tehnologice de pre-tratare chimică pentru eliminarea substanțelor flotante din apele uzate în industria alimentară.....</i>	152

BIODIVERSITATE ȘI ECOLOGIE

<i>Andronache Ion. Utilizarea analizei fractale în conservarea biodiversității și în reconstrucția ecologică</i>	160
<i>Bogdan-Golubi Nina, Balan Ludmila, Slanina Valerina. Activitatea antibacteriană a unor tulpini de bacterii lactice</i>	170
<i>Chitlala Roxana Delia, Marin George-Alexandru, Lungu Ionut-Iulian, Burlec Ana Flavia, Cioanca Oana. <i>Lespedeza capitata</i>: de la legumă la medicament</i>	175
<i>Chițan Raisa, Ciorchină Nina. Multiplicarea speciei <i>Hydrangea aspera</i> prin cultura <i>in vitro</i></i>	181
<i>Ciobotaru Ana-Maria. Defrișarea și rata de epuizare a pădurilor din județul Suceava</i>	186
<i>Ciocârlan Nina. Specii medicinale de <i>Helichrysum</i> Mill. în colecțiile Grădinii Botanice Naționale (Institut) „Al. Ciobotaru”</i>	191
<i>Cîrlig Natalia, Țîței Victor, Guțu Ana. Diversitatea himenopterelor (<i>Hymenoptera</i> L.) pe plantele de <i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth. din colecția Grădinii Botanice Naționale (Institut) „Alexandru Ciubotaru”</i>	197
<i>Cîrlig Tatiana. Diversitatea, starea și perspectiva conservării herpetofaunei din Rezervația naturală „Codrii”</i>	201

Coadă Viorica, Trifăușan Viorica, Țiganaș Ana. Unele aspecte privind rolul moluștelor (Mollusca, Gastropoda, Bivalvia) în echilibrul ecosistemelor acvatice.....	207
Colțun Maricica, Bogdan Alina. <i>Pyrethrum cinerariaefolium</i> Trev. – specie cu proprietăți insecticide cercetată în Grădina Botanică	211
Drăguleasa Ionuț-Adrian, Desculțu Grigore Mihaela-Iuliana. Promovarea durabilă a destinațiilor turistice din România	215
Duca Maria, Clapco Steliana, Mutu Ana. Diversitatea plantei parazite <i>lupoaia</i> pe teritoriul Republicii Moldova	223
Liogchii Nina, Fasola Regina. Speciile periclitate din Situl Emerald „Pohrebeni” și valoarea lor conservativă	229
Mihailov Irina, Grozdeva Svetlana, Balan Valerian. Estimarea numerică a speciilor și genurilor din subfamilia Aleocharinae (Coleoptera, Staphylinidae) în context comparativ cu unele țări din Europa	233
Munteanu Ion. Procedura de inactivare a patogenilor pentru dezinfecția și protecția suprafeței implantului	240
Moldovan Cristina, Sîrbu Tamara, Țurcan Olga. Activitatea antibacteriană a unor tulpini acvatice de fungi din genul <i>Penicillium</i>, <i>Trichoderma</i> și <i>Talaromyces</i>	246
Nedbaliuc Boris, Nedbaliuc Rodica, Grigorcea Sofia, Chiriac Eugenia. Diversitatea algoflorei bentonice a râului Bîc din zona orașului Chișinău.....	253
Pînzaru Pavel, Cantemir Valentina. Asociația <i>Petasitetum Hybridi</i> Imchenetzky 1926 (<i>Petasition Hybridi</i> Sillinger 1933) în vegetația Republicii Moldova	260
Postolache Gheorghe. Evoluția și starea actuală a rezervațiilor științifice.....	272
Savin Irina-Isabella. Protecția mediului – componentă principală în educarea elevilor în spiritul secolului XXI	281
Sfeclă Victor. Corologia unor plante vasculare rare din Rezervația peisagistică „Dobrușa”	287
Sîtnic Veaceslav, Nistoreanu Victoria, Caraman Natalia. Unele aspecte ale dinamicii densității relative a rozătoarelor mici din diverse tipuri de biotopuri.	294
Stupac Nicoleta, Barnaciuc Violeta. Proteinele – parteneri esențiali în controlul greutateii	299
Tudor Alina-Adriana. Observații asupra ihtiofaunei din Parcul Natural „Balta Mică a Brăilei”	304
Țurcan Valeria, Ivancov Ludmila. Cimbrul (<i>Thymus vulgaris</i>) în tratarea afecțiunilor sistemului nervos și respirator	310
Zubcu Ion. Preparatele biologice <i>Carbecol</i> și <i>Funecol</i> în aspect comparativ economic cu preparatul chimic <i>Pencozeb</i>	316
Войняк Ина. Перспективы использования <i>Allium L.</i> в озеленении.....	321
Тодираш Наталья, Поляков Антон. Коллекция рода <i>Rhipsalis</i> Garht в Национальном Ботаническом Саду им. „А. Чуботару” в свете подродовой классификации А. Кальвенте	328

TABLE OF CONTENTS

PLENARY SESSION

<i>Miron Liviu-Dan, Ivănescu Larisa. The risk of vector-borne zoonotic disease transmission in the context of global warming</i>	17
<i>Enache Andra-Cristina, Cojocaru Corneliu, Samoila Petrisor. Green chemistry with cellulose-based adsorbents: laboratory-designed formulations vs. waste harnessing</i>	26
<i>Nistoreanu Victoria, Paladi Viorica, Larion Alina. The trophic spectrum of the owl (<i>Asio otus</i>, Linnaeus, 1758, Strigidae, Aves) in the Republic of Moldova</i>	32
<i>Shapran Iurii. Educational practices of updating the relations of Ukrainian society with the environment</i>	39
<i>Bocancea Viorel. Ensuring continuity in the formation of concepts in Sciences studies in general education</i>	45

CURRENT ACHIEVEMENTS IN CHEMISTRY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

<i>Arsene Ion, Purcel Viorica. Theoretical study of proton transfer in the uracil molecule</i>	51
<i>Băbăruș Ioana, Lungu Ionuț-Iulian, Ștefanache Alina. Calcium enrichment of ice-cream made with milk</i>	57
<i>Beleaev Ecaterina. Synthesis, structure and Hirshfeld surface analysis of Co(II) pivalate with 1,10-phenanthroline.....</i>	62
<i>Burlac Samira, Melnic Elena, Chisca Diana. Synthesis and structure of a Co(II) 2D coordination polymer with 4,4'-bipyridine and pyridine-2,5-dicarboxylic acid</i>	68
<i>Craciun Nicoleta, Melnic Elena, Fonari Marina, Chisca Diana. Synthesis and crystal structure of a mononuclear compound of Cd(II) with 2,2'-dipyridine and 4,4'-diaminodiphenylmethane ligands</i>	74
<i>Danilescu Olga, Bulhac Ion, Cocu Maria, Bouroș Paulina, Shova Sergiu. Coordination compounds of Co(II) assembled through deprotonation-protonation of the ligand</i>	79

Gorbaciov Mihail, Gorincioi Natalia, Bălan Iolanta. DFT evidence of the synergistic interaction between some flavanoids and phenolic acids in their joint reactions with ABTS^{••}	86
Lozovan Vasile. Sulfate anion as a cogenerator of coordination polymeric architectures for Zn(II)/Cd(II) ions in partnership with azine ligands	92
Lungu Ionuț Iulian, Cioancă Oana, Hăncianu Monica. Synthesis and characterization of the complex combination: catechin-selenium	96
Melentiev Eugenia, Pitușcan Mariana. Valuation of physical-chemical indices of vegetable oils and their amendment to thermal processing and storage conditions	100
Onofrei Ilinca, Ochiuz Lăcrămioara, Bujor Alexandra, Lungu Ionuț-Iulian, Ștefanache Alina. Mineral alchemy in dermatology: the use of zinc in cosmetics and in the treatment of dermatological diseases	110
Popescu Gabriela Adriana. Nanocrystals – importance and uses	114
Sandu Maria, Tariță Anatolie, Moșanu Elena. Self-purification capacity of surface water in accordance with class of quality	121
Savin Irina-Isabella. Students' use of 21st century specific ecological competences in research	126
Shepel Diana, Spataru Petru, Visnevschi Alexandru. Microbiological methods of wastewater purification of nitrogen compounds	131
Udriștioiu Mihaela Tinca, Amarie Dragos. Development of the air quality monitoring networks based on volunteering and use of the measured data	139
Ureche Dumitru, Bulhac Ion, Bouroș Pavlina. Complex of synthesis and mononuclear structure [Cu(IDA)₂][Cu(IDAH)₂]·2(CH₃)₂OH	146
Visnevschi Alexandru, Spătaru Petru, Spînu Oxana, Povar Igor. Optimizing chemical pre-treatment schemes for the removal of floating substances from wastewater in the food industry	152

BIODIVERSITY AND ECOLOGY

Andronache Ion. Using fractal analysis in biodiversity conservation and ecological restoration	160
Bogdan-Golubi Nina, Balan Ludmila, Slanina Valerina. Antibacterial activity of some lactic acid bacteria strains	170
Chitala Roxana Delia, Marin George-Alexandru, Lungu Ionuț-Iulian, Burlec Ana Flavia, Cioanca Oana. <i>Lespedeza capitata</i>: from legume to medicine	175
Chițan Raisa, Ciorchină Nina. The propagation of the species <i>Hydrangea aspera</i> by tissue culture	181
Ciobotaru Ana-Maria. Deforestation and rate of forest change rate in Suceava county	186

<i>Ciocârlan Nina. Medicinal Helichrysum Mill. species in the collections of the National Botanical Garden (Institute) „Al. Ciubotaru”</i>	191
<i>Cîrlig Natalia, Țîței Victor, Guțu Ana. The diversity of Hymenoptera species (Hymenoptera L.) on the Phacelia Tanacetifolia Benth. plants in the „Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute)</i>	197
<i>Cîrlig Tatiana. The diversity, status and perspective of the conservation of the herpetofauna in the "Codrii" nature reservation</i>	201
<i>Coadă Viorica, Trifăușan Viorica, Țiganaș Ana. Some aspects regarding the role of molluscs (Mollusca, Gastropoda, Bivalvia) in the balance of aquatic ecosystems</i>	207
<i>Colțun Maricica, Bogdan Alina. Pyrethrum cinerariaefolium Trev. – species with insecticidal properties researched in the botanical garden</i>	211
<i>Drăguleasa Ionuț-Adrian, Desculțu Grigore Mihaela-Iuliana. Sustainable promotion of tourist destinations in Romania</i>	215
<i>Duca Maria, Clapco Steliana, Mutu Ana. The diversity of the parasitic plant broomrape on the territory of the Republic of Moldova</i>	223
<i>Liogchii Nina, Fasola Regina. The endangered species from the "Pohrebeni" Emerald Site and their conservative value.....</i>	229
<i>Mihailov Irina, Grozdeva Svetlana, Balan Valerian. Numerical estimation of the species and genera of the Aleocharinae subfamily (Coleoptera, Staphylinidae) in comparative context with some countries in Europe</i>	233
<i>Munteanu Ion. Pathogen inactivation procedure for disinfection and protection of the surface of implant</i>	240
<i>Moldovan Cristina, Sîrbu Tamara, Țurcan Olga. Antibacterial activity of some strains of aquatic fungi of the genus Penicillium, Trichoderma and Talaromyces...</i>	246
<i>Nedbaliuc Boris, Nedbaliuc Rodica, Grigorcea Sofia, Chiriac Eugenia. The diversity of the benthonic algoflora of the Bic River in the Chisinau city area .</i>	253
<i>Pînzaru Pavel, Cantemir Valentina. Association Petasitetum hybridi Imchenetzky 1926 (Petasition hybrydi Sillinger 1933) in the vegetation of the Republic of Moldova.....</i>	260
<i>Postolache Gheorghe. The evolution and current status of scientific reserves</i>	272
<i>Savin Irina-Isabella. Environmental protection – main component in the education of students in the spirit of the 21st century</i>	281
<i>Sfeclă Victor. The chorology of some rare vascular plants from the "Dobrușa" landscape reserve</i>	287
<i>Sîtnic Veaceslav, Nistoreanu Victoria, Caraman Natalia. Some aspects of the dynamics of the relative density of small rodents in different types of biotopes</i>	294
<i>Stupac Nicoleta, Barnaciuc Violeta. Proteins – essential partners in weight control</i>	299

<i>Tudor Alina-Adriana. Observations on the ichthyofauna of Balta Mică a Brăilei Nature Park</i>	304
<i>Țurcan Valeria, Ivancov Ludmila. Thyme (<i>Thymus vulgaris</i>) in the treatment of diseases of the nervous and respiratory system</i>	310
<i>Zubcu Ion. Preparatele biologice carbecol și funecol în aspect comparativ economic cu preparatul chimic Pencozeb</i>	316
<i>Войняк Ина. Prospects for using <i>Allium L.</i> in greening</i>	321
<i>Тодираш Наталья, Поляков Антон. Collection of the genus <i>Rhipsalis</i> Garht in the National Botanical Garden in the light of subgeneric classification A. Calvente</i>	328

SESIUNE PLENARĂ

PLENARY SESSION

CZU: 614.4:595.7

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p17-25

THE RISK OF VECTOR-BORNE ZOO NOTIC DISEASE TRANSMISSION IN THE CONTEXT OF GLOBAL WARMING

Miron Liviu-Dan, University Professor, Doctor Habilitatus
Iași University of Life Sciences, (IULS),
ORCID: 0000-0002-4824-3461, livmiron@yahoo.com

Ivănescu Larisa
Iași University of Life Sciences, (IULS),
ORCID: 0000-0002-0160-4397
Adress: Mihail Sadoveanu no. 3 Alee, Iași, 700490

Abstract. *The incidence of mosquito-borne diseases varies geographically, with the transmission period potentially changing in response to the constant interaction between pathogens, hosts, vectors, and the environment with climate warming. In Iași County and the Great Brăila Island, 9 mosquito species have been identified: Aedes albopictus, Culex pipiens, Aedes caspius, Culex modestus, Aedes vexans, Anopheles maculipennis, Anopheles hyrcanus, Coquillettidia richardii, Culiseta anulata. Based on the temperatures developed in Romania, the risk of vector-borne diseases transmission was calculated: West Nile, malaria, Saint Louis encephalitis virus, Zika, Usutu, Sindbis, equine encephalitis virus. The results show that all these diseases can be transmitted in Romania during certain periods of the year, in the context of the presence of the mosquito vector.*

Keywords: *vector-borne diseases, climate warming*

Introduction

Pathogens transmitted by vectors affect both animals and humans, zoonotic vector diseases being much more difficult to manage once established in a certain territory, especially when the reservoir in nature is represented by wild animals (Tolle, M.A., 2009). The effects of global warming and its impact on vector-borne diseases such as malaria and dengue fever, for example, have been the subject of research by scientists. In the latest decades, new health risks have emerged in Europe, particularly with the recent emergence of vector-borne diseases such as Chikungunya, West Nile Virus, dengue and Crimean-Congo hemorrhagic fever (P.J. Hotez 2016, O. Olesen 2017). Of the approximately 593 viral diseases identified in animals, an average of 29% are transmitted exclusively by vectors (Johnson et al., 2015). The epidemiology of vector-borne diseases is influenced by climate and climate change, which alter the disease cycle (Randolph, 2009). Vector-borne diseases cause socioeconomic losses worldwide. Tick-borne diseases (TTBDs), especially anaplasmosis, babesiosis, trypanosomiasis and theileriosis have a major effect on the productive performance of animals, especially cattle (Rajput et al., 2006). Every year there are more than 700,000 deaths caused by a series of diseases such as dengue, malaria, Japanese encephalitis, human African trypanosomiasis, Chagas disease, schistosomiasis, leishmaniasis, yellow fever and onchocerciasis. During the last century, the global climate was greatly affected by anthropic activity, and in the coming decades, climate changes are expected, which can have a dramatic impact on ecosystems, especially as a result of changes in the abundance and distribution of mosquito species worldwide. Being ectothermic organisms, mosquito vectors are affected by climate change, since many characteristics of their physiology, life cycle, behavior and vector competence are temperature dependent (Cator et al.,

2020). In addition, temperature can modify the biological cycle of the pathogen inside the vector, but also in humans and other vertebrate hosts (Paz, 2015). Temperature is the key factor limiting the establishment of invasive species in temperate regions, determining their distribution and seasonal abundance (Brugueras et al., 2020, Giulia Giunti et al., 2023). Climate warming is confirmed on the Eurasian continent (G. Giunti et al., 2023, Romanello et al., 2021). Outbreaks of emerging mosquito-borne diseases have been reported more frequently in southern Europe since 2000 (Brugueras et al., 2020). Anthropogenic changes such as urbanization, climate change and environmental pollution play a very important role in modifying vector distribution (Wilke et al., 2021; Ferraguti et al., 2022).

Our research regarding the risk of vector-borne disease transmission due to global warming concludes that, for both diseases transmitted by mosquitoes and those transmitted by ticks, it is necessary in Romania to introduce a monitoring program for vectors and vector-borne diseases. Therefore, with regard to diseases transmitted by mosquitoes, our research focused on assessing the risk of transmitting some vector borne diseases in the context of global warming.

Material and methods

1. Climate change

Using a mathematical model that we have implemented, which is based on the construction of a Lagrange polynomial interpolation function we realized a temperature curve starting from 1961 till 2020, indicating a constant increase of temperatures by 1.3°C , compared with the malaria eradication period.

Doing an extrapolation of the evolution of temperatures in 2050 we can see a slight increase of temperatures by an average of 24°C in 2050 (in the summer months), which may ensure a favorable climate for the development of culicids, the optimal temperatures for development being between $23\text{--}25^{\circ}\text{C}$.

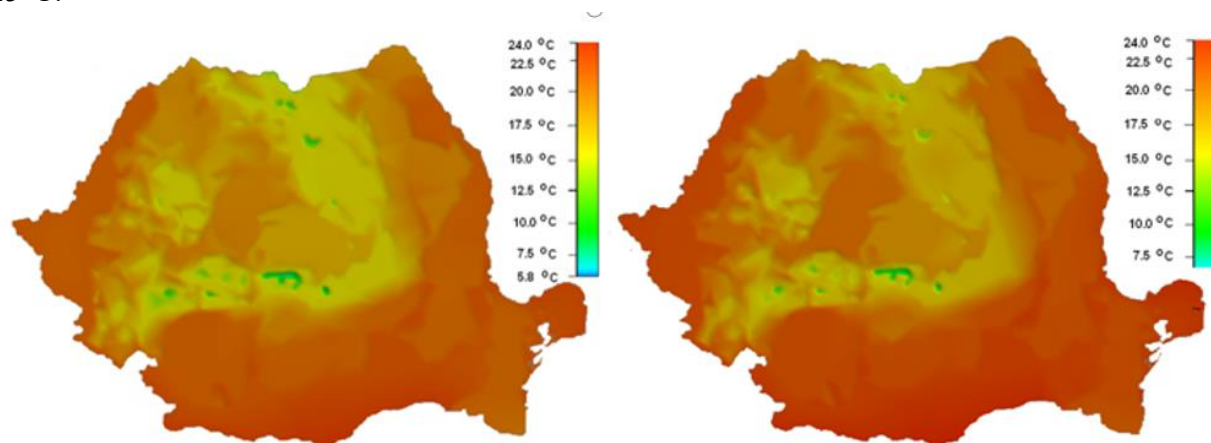


Fig. 1. (left – temperatures for year 2020; right – temperatures for 2050) The extrapolation of temperatures for the year 2050 shows an increase of temperatures by 0.8°C , results which coincide with the forecast formulated by prestigious Institutes, such as NIES, CSIRO, HCCPR, MPIM and NCAR, which shows an increase of temperatures by $0.8 - 1.7^{\circ}\text{C}$ for the year 2050

The complex model of projections (CMIP5) (Kunkel et al., 2013) considers the impact of anthropogenic activities on the greenhouse gases which affect the atmosphere, changing the natural radiative forcing of Earth. Radiative forcing and the history of climatic parameters are used as input

into physical models which provide an output able to assess the impacts, adaptation and vulnerability to climatic changes. We simplified the implementation of the climatic model assuming that the CMIP5 is valid. We therefore kept the same initial conditions and only adapted the model to the radiative forcing and temperature at regional conditions. As it is a mathematical model, we used the pattern scaling technique, in which the estimated temperature is determined as a product between a scalar term and response pattern of temperature. In our regional circulation approach, the annual average temperature at time t was used as scalar, and the response pattern of temperature was related to radiative forcing. This term was computed based on a linear least squares regression for temperature sequences. This approach was used to estimate the possible daily temperature in 2100 in all regions of this study. The results obtained were applied to determine the most probable values for the bioclimatic indices already described.

2.The risk of transmission of vector-borne diseases

Using this mathematical model, we have calculated the risk of vector-borne disease transmission in Romania, as well as the development of vector populations throughout the year.

Usutu and Sindbis viruses

Anti-Usutu and Sindbis antibodies have been found in patients in Iași County, but the viruses were not identified inside mosquitoes, so we cannot precisely determine the period of transmission in Romania. According to specialized literature, the virus remains viable for a sufficient period of time inside the mosquito, during the summer months. The Sindbis virus is transmitted at a temperature of 23.2°C. Therefore, the months with favorable thermal values are April, May, June, July, August, September. The Usutu virus is transmitted at a temperature of 28°C, with June, July, and August being the months with potential for transmission. The species *Culex pipiens* and *Culex modestus* are vectors for the Usutu virus, Rift Valley fever virus, Sindbis virus, Tahyna virus, and Batai virus. Both *Culex pipiens pipiens* and *Culex molestus* transmit dirofilariasis, being vectors for *Dirofilaria immitis* and *Dirofilaria repens*. Avian malaria caused by *Plasmodium relictum* and *Plasmodium vaughani* is transmitted by these mosquito species. Additionally, it has been established that the *Culex modestus* species transmits the Lednice virus, and *Culex pipiens* is a vector for the Rabensberg virus.

Malaria

In Europe, malaria is transmitted by mosquitoes from the *Anopheles maculipennis* complex, species also identified in Iași County. *Plasmodium vivax* completes its life cycle in 21 days at temperatures of 4-5.5°C; *Plasmodium falciparum* completes its life cycle in 15 days at 25°C. For malaria transmission, different temperature values and the number of days during which transmission is possible vary: for *Plasmodium falciparum* - at 28°C, 9-10 days, and at 20°C, 22 days. *Plasmodium vivax* - at 28°C, 8-10 days, and at 20°C, 16 days. *Plasmodium malariae* - at 28°C, 14 days, and at 20°C, 30-35 days. *Plasmodium ovale* - at 28°C, 12-14 days. Therefore, the months during which the disease can spread are April, May, June, July, August, September, October.

Dirofilariasis

Dirofilariasis is a disease caused by the nematodes *Dirofilaria immitis* and *Dirofilaria repens*, parasites transmitted by mosquitoes from the genera *Aedes*, *Culex*, *Anopheles*, *Mansonia*. The temperature necessary for the development of *Dirofilaria immitis* larvae is 27°C, within a period of 10-14 days. The months during which dirofilariasis can be transmitted are May, June, July, August, September.

Rift Valley fever

Rift Valley fever is caused by a *Phlebovirus* from the *Bunyaviridae* family. It causes mortality in newborn ruminants, especially in sheep and goats, and abortion in pregnant animals. Regarding Rift Valley fever, the optimal temperature for transmission is 26°C. Thus, the disease can be transmitted in the months of May, June, July, August, and September.

Zika virus

The *Zika* virus is a flavivirus transmitted by mosquitoes from the genus *Aedes*, first identified in monkeys in Uganda in 1947. When pregnant women are infected, the newborn will present microcephaly and other congenital anomalies. There have also been records of abortion and premature birth. In adults and older children, the pathogen has caused the emergence of Guillain-Barré syndrome, neuropathy, and myelitis. The *Zika* virus is transmitted at a temperature of 29°C. Therefore, it can be spread in the months of June, July, and August.

Saint Louis encephalitis virus

Most people are asymptomatic. The incubation period ranges between 4 and 14 days. Clinical signs include fever, headaches, dizziness, nausea, and weakness, which can worsen within a week. The virus requires a temperature of 30°C for transmission. Therefore, it can be spread in the months of June, July, and August.

Eastern Equine Encephalitis

Eastern and Western Equine Encephalitis are caused by alphaviruses from the *Togaviridae* family. Elderly individuals and infants can develop encephalitis. Clinical signs include fever, headaches, neck stiffness, vomiting or weakness, disorientation, irritability, seizures, and coma. Eastern Equine Encephalitis is transmitted at a temperature of 22.7°C, while Western Equine Encephalitis is transmitted at a temperature of 23°C. The months during which these pathogens are transmitted are May, June, July, August, September, October.

Dengue fever

We followed the evolution of temperatures in Romania until 2100, calculating also the risk of dengue virus transmission. In the Danube Delta and East of Romanian Plain, from the point of view of temperatures, the populations of *Ae. albopictus* can develop from March to November, but the dengue virus can replicate in the salivary glands and can produce the disease during the feeding of the female mosquito, only in the months of July, August and September, especially in August. But until the year 2100 in HS, the risk period of virus transmission increases to 5 months a year, from June to October. These results provide important details to better guide surveillance and control programs of *Ae. albopictus* population; also having a significant importance for public health as a reference point for predicting the occurrence of dengue fever in Romania.

West Nile virus

Distribution of WNV cases in Romania differed among different regions, with 56% being recorded in the East of the Romanian Plain (also known as Wallachian Plain), 14% in the Oltenia Plain and an average of 9% in the narrow area of the Danube Valley. The Danube Valley is a favorable environment for the development of *Culex* mosquito populations because the optimal temperature-humidity conditions are met. Compared to the area and the number of inhabitants, the percentage of

West Nile cases was highest in the Wallachian Plain. Average temperatures recorded at meteorological stations in Romania from 1961–2020 increased constantly after 1991. Record temperatures were registered in the decade 2011–2020. In the low regions of Romania, from a thermal point of view, mosquito hatching and development are possible until the first week of November and the development of the WNV inside the mosquito can occur until October. The simulations under the conditions of climate change for the year 2100 show that in the coming decades, these periods may be extended by another month, which favors the development of mosquito populations transmitting the virus in all low-lying regions of Romania throughout the year.

3. Identification of mosquito species in the southeast and northeast of Romania

In the Great Brăila Island area, on the Măcini-Danube Old Arm, and in the northeast part of Romania in the city of Iași, with the purpose of identifying mosquito species and to see if the *Aedes albopictus* species is showing tendencies of spreading to the northern part of the country; traps were placed in areas considered favorable for vector development (trees with hollows, water accumulations, abundant vegetation). CDC Light Traps with dry ice as attractant and manual aspirators for collecting females directly from the human host were used. The traps were set during the night from 20:00–08:00 for species in the *Anopheles* and *Culex* genera, and from morning till dusk for the *Aedes albopictus* species. The female exhibits anthropophilic behavior and bites at dawn and dusk, between 15:00 and 19:00. Mosquitoes were identified based on morphological characteristics, using the identification keys presented by Becker et al., 2010, and the interactive keys from the MosKeyTool program (Pasteur Institute, France).

At the collection points in Iași, the following species were identified: *Aedes vexans*, *Anopheles maculipennis* complex, *Ochlerotatus caspius*, *Culex pipiens*, *Culex modestus*, *Ochlerotatus sticticus*, *Coquillettidia richardii*, *Anopheles pseudopictus*. Based on data provided by the National Meteorological Administration, average temperatures recorded throughout 2023 were calculated, establishing the density of mosquito populations identified throughout the year, as well as the risk of vector-borne disease transmission based on the vectorial capacity of each species. For the *Culex pipiens* species (a competent vector for many arboviruses), according to specialized literature, eggs hatch after just one day at 30°C, three days at 20°C, ten days at 10°C, and below 7°C, embryonic development cannot be completed. Larvae develop into adults in a few weeks, depending on the temperature (6–7 days at 30°C, 21–24 days at 15°C) (Becker N, et al, 2010). The evolution of average temperatures in Romania for the year 2022 indicates that the *Culex pipiens* species is active, potentially producing several generations a year starting in March and continuing until the first half of November. Thus, analyzing the graphs, we can estimate 8 generations per year for this native species. Adults of *Culex modestus* have peak activity from the beginning of July until the end of September. Being a resilient species according to temperature trends, in 2022, the *Culex modestus* species could begin its activity from the start of April, continuing until the end of October. According to the temperature evolution in 2022, species of the *Anopheles maculipennis* complex can be active from January until November, but they represent an important vector of malaria during periods with average temperatures of 19–25°C for at least two weeks.

Table 1. Bioclimatic and temperature indices for 1991-2020 and estimates for 2100

Region	Index	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Annual
Moldavian Plateau	T_{month} (average 1991-2020)	-1.9	0.2	5.1	11.4	16.8	20.8	22.6	22.0	16.7	10.6	5.3	0.0	10.8
	T_{month} (estimation 2100 - LS)	-0.5	1.2	4.8	11.7	17.3	21.4	23.0	22.2	16.6	11.4	4.8	0.2	11.2
	T_{month} (estimation 2100 - HS)	1.7	3.4	7.0	13.9	19.5	23.6	25.2	24.4	18.8	13.6	7.0	2.4	13.4
	MPI_m (1991-2020)	0	0	0	9	27	30	31	31	23	5	0	0	156
	PII_m (1991-2020)	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	4
	PII_m (estimation 2100 - LS)	0	0	0	0	0	0	1	3	3	0	0	0	6
	PII_m (estimation 2100 - HS)	0	0	0	0	0	1	5	9	7	0	0	0	23
East of Romanian Plain	T_{month} (average 1991-2020)	-1.2	1.4	6.4	12.1	17.5	21.7	23.9	23.6	18.1	11.8	6.3	0.7	11.9
	T_{month} (estimation 2100 - LS)	0.1	1.9	6.2	12.7	18.2	22.7	24.4	23.7	18.1	12.5	5.9	0.8	12.3
	T_{month} (estimation 2100 - HS)	2.3	4.1	8.4	14.9	20.4	24.9	26.6	25.9	20.3	14.7	8.1	3.0	14.5
	MPI_m (1991-2020)	0	0	0	12	29	30	31	31	27	9	1	0	169
	PII_m (1991-2020)	0	0	0	0	0	0	1	4	3	0	0	0	8
	PII_m (estimation 2100 - LS)	0	0	0	0	0	0	3	7	5	0	0	0	15
	PII_m (estimation 2100 - HS)	0	0	0	0	0	1	8	15	12	1	0	0	37
Oltenia Plain	T_{month} (average 1991-2020)	-0.2	2.1	6.9	12.6	17.4	21.4	23.5	23.3	18.0	12.0	6.5	1.2	12.1
	T_{month} (estimation 2100 - LS)	0.8	2.8	6.8	12.8	18.0	22.3	24.0	23.7	18.1	12.8	6.3	1.5	12.5
	T_{month} (estimation 2100 - HS)	3.0	5.0	9.0	15.0	20.2	24.5	26.2	25.9	20.3	15.0	8.5	3.7	14.7
	MPI_m (1991-2020)	0	0	1	13	28	30	31	31	27	10	1	0	171
	PII_m (1991-2020)	0	0	0	0	0	0	1	4	4	0	0	0	9
	PII_m (estimation 2100 - LS)	0	0	0	0	0	0	2	5	6	0	0	0	13
	PII_m (estimation 2100 - HS)	0	0	0	0	0	1	7	13	12	1	0	0	34

Danube Valley	T_{month} (average 1991-2020)	-0.2	2.0	6.7	12.4	17.8	22.1	24.3	23.8	18.4	12.3	7.0	1.6	12.4
	T_{month} (estimation 2100 - LS)	0.9	2.6	6.3	12.8	18.4	22.7	24.6	23.9	18.4	13.0	6.6	1.7	12.7
	T_{month} (estimation 2100 - HS)	3.1	4.8	8.5	15.0	20.6	24.9	26.8	26.1	20.6	15.2	8.8	3.9	14.9
	MPI_m (1991-2020)	0	0	1	12	29	30	31	31	28	10	1	0	173
	PII_m (1991-2020)	0	0	0	0	0	0	2	4	4	0	0	0	10
	PII_m (estimation 2100 - LS)	0	0	0	0	0	0	2	6	6	0	0	0	14
	PII_m (estimation 2100 - HS)	0	0	0	0	0	1	8	16	12	1	0	0	38
Transylvania	T_{month} (average 1991-2020)	-1.7	0.6	5.2	11.1	15.8	19.5	21.2	20.9	15.7	10.3	5.1	-0.1	10.3
	T_{month} (estimation 2100 - LS)	-0.8	0.6	4.9	11.0	16.1	19.8	21.3	21.1	15.8	10.8	5.1	0.1	10.5
	T_{month} (estimation 2100 - HS)	1.4	2.8	7.1	13.2	18.3	22.0	23.5	23.3	18.0	13.0	7.3	2.3	12.7
	MPI_m (1991-2020)	0	0	0	9	23	30	31	30	21	5	0	0	149
	PII_m (1991-2020)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
	PII_m (estimation 2100 - LS)	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	3
	PII_m (estimation 2100 - HS)	0	0	0	0	0	0	2	4	4	0	0	0	11

The mathematical calculations used by us show that, if drastic measures are taken to limit greenhouse gas emissions, temperatures will increase by 0.4°C in the region of Moldova by 2100 (Low Scenario - LS) and by 2.6°C (High Scenario - HS) if these specific actions are not taken, or not taken efficiently. Dengue virus will replicate within the vector, establishing a transmission season from July to September under LS conditions, and from June to September with an increase in the number of days under HS conditions, compared to the current period, when until 2020 the longest interval favorable for virus replication was recorded five times.

For the Romanian Plain, temperatures are expected to increase by 0.4°C in LS and by 2.6°C in HS until 2100, but with an increase in the period of virus replication from June to October in HS, and from May to September in LS. The same temperature change can also be observed in the Oltenia region, with a prolongation of the risk of virus transmission in October in HS. In the Danube Delta, an increase in temperatures by 2100 in LS by 0.3°C and in HS by 2.5°C is observed, and the risk of Dengue virus transmission increases to 38 favorable periods from June to October in HS. In Transylvania, the temperature will increase by 0.2°C in LS and by 2.4°C in HS by 2100, with a 6-fold risk of virus transmission from July to September (Table1). Regarding the favorable periods for the development of *Ae. albopictus* populations, it can be observed that in the Danube Delta Valley

and in Oltenia from March to November there was at least one favorable period for the development of a complete cycle from egg to adult.

Conclusions

Global warming and increased intercontinental travel pose a risk of disease emergence in Romania. Increasing temperatures thus widen the geographical range of the vector, increase the number of blood samples, increase reproduction rates and shorten the incubation period of the pathogen inside the vector.

For a disease to become emergent in a given territory, 3 factors must coexist: a. the existence of the pathogen in nature; b. the existence of the vector in nature; c. the existence of favourable climatic factors to the development of the vector and the pathogen within it.

We have realized an extrapolation of the temperature evolution for the year 2100, using the mathematical model, suggesting the progression of some favourable conditions for the development of the mosquito's vector and of the pathogen inside of it. The extrapolation of temperatures for the year 2100 shows an increase of temperatures by 2,6°C in HS and 0,4°C in LS. So in Romania we have the mosquitoes vector in continuous spread, we have annual cases of vector borne disease imported and we have favorable climatic conditions. The risk of vector borne diseases epidemics in Romania is continuously increasing.

References

1. BRUGUERAS, S., FERNANDEZ-MARTÍNEZ, ' B., MARTÍNEZ-DE LA PUENTE, J., FIGUEROLA, J., PORRO, T. M., RIUS, C., LARRAURI, A., GOMEZ-BARROSO, D. (2020). Environmental drivers, climate change and emergent diseases transmitted by mosquitoes and their vectors in southern Europe: a systematic review. *Environ. Res.* 191, 110038 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110038>.
2. CATOR, L.J., JOHNSON, L.R., MORDECAI, E.A., EL MOUSTAID, F., SMALLWOOD, T.R., LADEAU, S.L., JOHANSSON, M.A., HUDSON, P.J., BOOTS, M., THOMAS, M.B., POWER, A.G., PAWAR, S. (2020). The role of vector trait variation in vector-borne disease dynamics. *Front. Ecol. Evol.* 8, 189. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00189>.
3. FERRAGUTI, M., MAGALLANES, S., IB' ANEZ-JUSTICIA, A. (2022). Implication of human landscape transformation on mosquito populations. *Ecology and Control of Vector-borne Diseases*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp. 279–283.
4. HOTEZ, P. J. (2016). Southern Europe's coming plagues: vector-borne neglected tropical diseases. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 10(6), e0004243.
5. JOHNSON, K. N. (2015). The impact of Wolbachia on virus infection in mosquitoes. *Viruses*, 7(11), 5705-5717.
6. KUNKEL, K. E., STEVENS, L. E., STEVENS, S. E., SUN, L., JANSSEN, E., WUEBBLES, D., ... & DOBSON, J. G. (2013). Regional Climate Trends and Scenarios for the US National Climate Assessment Part 3. Climate of the Midwest US. *NOAA Technical Report NESDIS 142-3*.
7. OLESEN, O. F., & ACKERMANN, M. (2017). Increasing European support for neglected infectious disease research. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 15, 180-184.
8. PAZ, S. (2015). Climate change impacts on West Nile virus transmission in a global context. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1665), 20130561.
9. RANDOLPH, S. E. (2009). Perspectives on climate change impacts on infectious diseases. *Ecology*, 90(4), 927-931.

10. RAJPUT, Z. I., HU, S. H., CHEN, W. J., ARIJO, A. G., & XIAO, C. W. (2006). Importance of ticks and their chemical and immunological control in livestock. *Journal of Zhejiang University. Science. B*, 7(11), 912.
11. ROMANELLO, M., VAN DAALEN, K., ANTO, J.M., DASANDI, N., DRUMMOND, P., HAMILTON, I.G., JANKIN, S., KENDROVSKI, W., LOWE, R., ROCKLOV, " J., SCHMOLL, O., SEMENZA, J.C., TONNE, C., NILSSON, M., NILSSON, M. (2021). Tracking progress on health and climate change in Europe. *Lancet Public Health* 6 (11), e858–e865. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(21\)00207-3](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(21)00207-3).
12. TOLLE, M. A. (2009). Mosquito-borne diseases. *Current problems in pediatric and adolescent health care*, 39(4), 97-140.
13. WILKE, A.B., BENELLI, G., BEIER, J.C. (2021). Anthropogenic changes and associated impacts on vector-borne diseases. *Trends Parasitol.* 37 (12), 1027–1030. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2021.09.013>.

CZU: 54:504

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p26-31

**CHIMIE VERDE CU ADSORBANȚI PE BAZĂ DE CELULOZĂ:
FORMULĂRI PROIECTATE ÎN LABORATOR VS. VALORIFICAREA UNOR DEȘEURI**

**GREEN CHEMISTRY WITH CELLULOSE-BASED ADSORBENTS:
LABORATORY-DESIGNED FORMULATIONS VS. WASTE HARNESSING**

*Enache Andra-Cristina, dr., AC, Institutul de Chimie Macromoleculară
„Petru Poni”, Iași, Romania*

*Cojocaru Corneliu, dr., CSI, Institutul de Chimie Macromoleculară
„Petru Poni”, Iași, Romania*

*Samoila Petrisor, dr., CSIII, Institutul de Chimie Macromoleculară
„Petru Poni”, Iași, Romania*

*Enache Andra-Cristina, PhD, Research Assistant, “Petru Poni”
Institute of Macromolecular Chemistry, Iași, Romania,
ORCID: 0000-0001-5417-2658, humelnicu.andra@icmpp.ro*

*Cojocaru Corneliu, PhD, Senior Researcher I, “Petru Poni”
Institute of Macromolecular Chemistry, Iași, Romania,
ORCID: 0000-0002-3651-6178*

*Samoila Petrisor, PhD, Senior Researcher III, “Petru Poni”
Institute of Macromolecular Chemistry, Iași, Romania,
ORCID: 0000-0003-1782-720X*

Rezumat. Acest studiu comparativ prezintă performanțele diversilor adsorbanți orientați către principiile chimiei "verzi", cu accent pe adsorbția de poluanți organici solubili din apele uzate și minimizarea generării suplimentare de substanțe toxice. În acest sens, sunt comparate două categorii de materiale pe bază de celuloză: (1) compozite sferice de carboximetilceluloză (CMC) sintetizate în laborator și (2) bioadsorbanți proveniți din deșeuri de biomasă (coji de nuci și fistic). Acești adsorbanți au fost investigați în procese de adsorbție a unor coloranți cationici precum albastru de metilen, violet de geantiană și verde de briliant, utilizați pe scară largă în industria textilă și cea farmaceutică.

Cuvinte cheie: celuloză, reticulare ionică, compozite, deșeuri de biomasă, bioadsorbanți, coloranți cationici

Abstract. This comparative study presents the performance of various adsorbents oriented towards the principles of "green" chemistry, with a focus on adsorbing soluble organic pollutants from wastewater and minimizing the additional generation of toxic substances. In this regard, two categories of cellulose-based materials are compared: (1) spherical carboxymethyl cellulose (CMC) composites synthesized in the laboratory and (2) bioadsorbents derived from biomass waste (walnut and pistachio shells). These adsorbents have been investigated in the adsorption processes of cationic dyes such as methylene blue, crystal violet, and brilliant green, which are widely used in the textile and pharmaceutical industries.

Keywords: cellulose, ionic crosslinking, composites, biomass waste, bioadsorbents, cationic dyes

Introducere

Criza globală iminentă a apei este actualmente conturată de sintagma „Apă prea puțină, prea multă și prea murdară”, așa cum este definită în raportul UN-Water din 2023 [16, p.16]. În ciuda eforturilor depuse în ultimii ani, se estimează că doar jumătate din volumul total al apei uzate este

supusă diferitelor tratamente și numai 11% din acest volum este destinat reutilizării [8, p.244]. Prin urmare, o cantitate semnificativă de apă uzată rămâne netratată și este deversată direct în mediu, prezentând un risc crescut pentru sănătatea umană și pentru ecosistemele naturale [10, p.4]. În contextul acestei crize, este crucială crearea de surse alternative de apă potabilă și reducerea poluării prin gestionarea eficientă a apelor uzate.

Coloranții sintetici reprezintă un factor de poluare îngrijorător, fiind compuși organici persistenți și non-biodegradabili eliberați direct în cursurile de apă [3, p.1; 9, p.2]. Aceștia sunt utilizați extensiv în industrii precum textile, produse farmaceutice, cosmetice, alimentară, hârtie, plastic și vopsea [15, p.4-5]. Se estimează că doar industria textilă deversează anual 10^6 kg de coloranți în fluxurile de apă [12, p.321], amplificând impactul negativ asupra sănătății, prin creșterea morbidității și mortalității [11, p.11; 13]. Coloranții cationici au tendința de a fi mai nocivi decât coloranții anionici (valori tinctoriale ridicate (1 mg/L) [7, p.1], potențial cancerigen crescut în condiții anaerobe [2, p.1], tendință de acumulare), constituind, de asemenea, o amenințare pentru mediu și viața acvatică [9, p.6].

Pentru a încuraja reutilizarea apelor uzate, este esențial să se găsească metode de tratare adecvate, ecologice, fiabile și rentabile pentru poluanții prezenți. În cazul coloranților sintetici, caracterizați prin rezistență chimică crescută, metodele biologice se dovedesc ineficiente, impunându-se utilizarea unor tehnologii avansate. Adsorbția la interfața solid-lichid, recomandată de Agenția pentru Protecția Mediului din Statele Unite (USEPA), se remarcă prin eficiența crescută, universalitatea și posibilitatea de recuperare și reutilizare a materialelor adsorbante [14, p.9051].

Explorând conceptul central al chimiei "verzi" [1, p.3], această cercetare propune utilizarea de adsorbanti care, pe lângă adsorbția coloranților cationici, să contribuie și la minimizarea sau eliminarea generării altor substanțe toxice. Prin urmare, se abordează o investigație comparativă a adsorbantilor pe bază de celuloză, cea mai răspândită polizaharidă naturală, sub două forme principale: (1) adsorbanti pe bază de carboximetilceluloză (CMC) proiectați în laborator – durabili, rentabili, netoxici și cu valoare adăugată ridicată, sub formă de compozite magnetice sferice [5]; (2) bioadsorbanti derivați din deșeuri agricole, precum cojile de nuci [6] și cojile de fistic [4], sub formă de granule milimetrice – o alternativă ecologică și economică pentru tratarea apelor contaminate. Acești adsorbanti au fost investigați în procese de adsorbție a unor coloranți cationici bine cunoscuți, cum ar fi albastru de metilen, violet de gențiană și verde de briliant, frecvent utilizați în industria textilă și farmaceutică.

Rezultate și discuții

În contextul cerințelor imperative ale aplicațiilor de mediu, se impune respectarea unor criterii fundamentale, cum ar fi utilizarea de materiale naturale, biocompatibile și ne-toxice, prevenirea scurgerilor de substanțe chimice, optimizarea capacităților de adsorbție a poluanților, precum și facilitarea proceselor de recuperare și reutilizare a adsorbantilor. În lumina acestor considerente, au fost analizate două sisteme adsorbante pragmatice și eficiente din perspectiva costurilor, așa cum sunt ilustrate în Fig. 1: compozite sferice pe bază de carboximetilceluloză (CMC) proiectate în laborator și granule derivate din deșeuri de biomasă (coji de nuci și coji de fistic) supuse unor metode de tratament prietenoase cu mediul.

Datorită proprietăților sale ecologice și abundenței de grupări funcționale reactive – COO^- , carboximetilceluloza (CMC) a fost utilizată ca matrice polimerică pentru prepararea adsorbantilor sferici, caracterizați prin costuri reduse, durabilitate, rentabilitate și lipsa toxicității (Fig.1). Acești

adsorbanți au fost valorificați prin consolidarea stabilității hidrodinamice, minimizarea costurilor și evitarea utilizării de compuși chimici toxici, utilizând procedee de reticulare ionică instantanee a CMC cu cationi de fier; utilizarea dodecil sulfatului de sodiu (SDS) ca agent de spumare și uscarea prin liofilizare pentru a îmbunătăți capacitatea de adsorbție; facilitarea recuperării adsorbantului prin separare magnetică prin introducerea feritei de mangan (MnFe_2O_4) în matricea polimerică.

În scopul furnizării unor alternative practice, eficiente și economic viabile pentru îndepărtarea coloranților cationici din apele uzate, s-a propus, de asemenea, obținerea de adsorbanți derivând din deșeuri de biomasă, precum cojile de nuci și de fistic. În plus, prezența diverselor grupări funcționale datorate conținutului de celuloză (hidroxil) și lignină (hidroxil, carbonil, metoxil și carboxil) facilitează modificarea suprafeței materialelor, deschizând astfel posibilitatea dobândirii de noi proprietăți adecvate pentru procedurile de adsorbție a coloranților cationici. Bioadsorbanții proveniți din biomasă au fost obținuți prin măcinarea mecanică a cojilor de nucă și de fistic (Fig. 1) și modificarea ulterioară a suprafeței lor, fie prin adoptarea unei metode ecologice (tratament cu apă fierbinte), fie printr-un tratament alcalin (soluție de NaOH de concentrație redusă), în vederea minimizării impactului asupra mediului înconjurător.

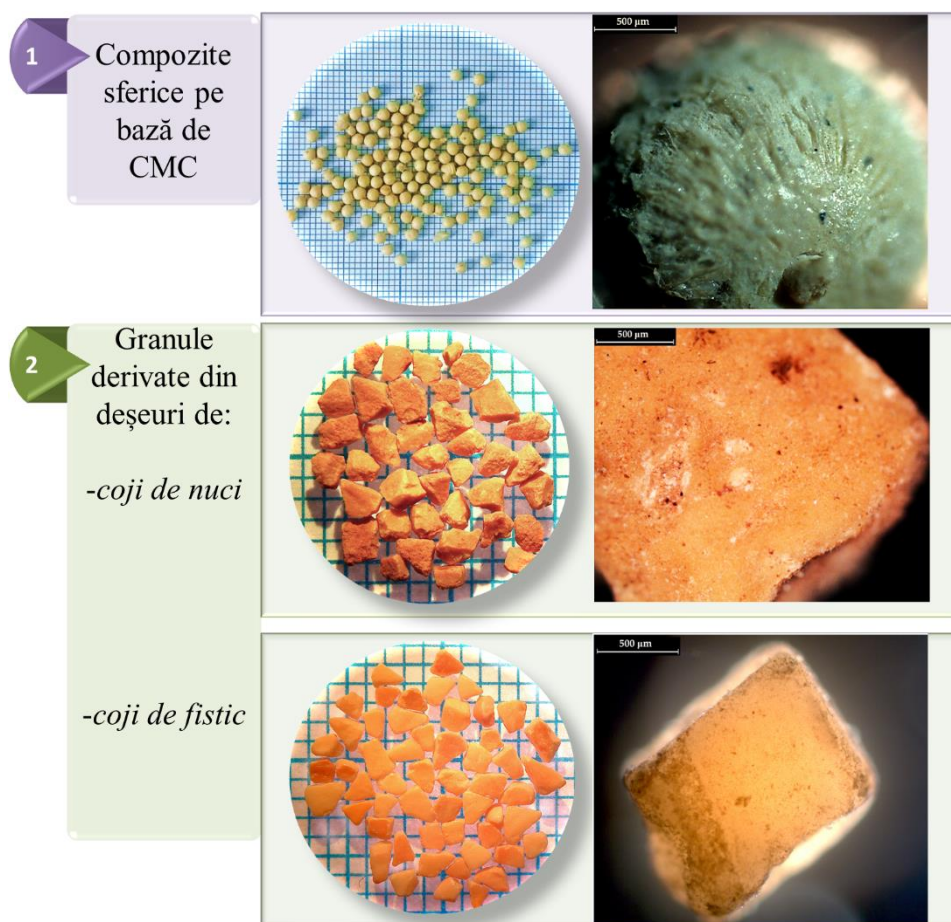


Fig. 1. Imagini microscopice ale materialelor investigate: (1) composite sferice de carboximetilceluloză (CMC) obținute prin reticulare ionică; (2) granule din deșeuri de coji de nuci, respectiv coji de fistic, obținute prin măcinare mecanică

Proprietățile morfologice, structurale, elementale și/sau magnetice ale adsorbanților au fost evaluate în detaliu prin comparare cu materiile prime, utilizând diferite tehnici de caracterizare Astfel,

modificările compoziționale și de formă au fost confirmate prin microscopie electronică de baleiaj (SEM) cuplată cu analiza cu raze X cu dispersie de energie (EDX), microscopie optică cu lumină polarizată (PoLM), spectroscopie în infraroșu cu transformă Fourier (FTIR) și/sau magnetometru cu proba vibrantă (VSM).

Materialele preparate au fost supuse testelor de adsorbție în vederea eliminării coloranților cationici din soluții apoase. Pentru elucidarea vitezei de adsorbție a proceselor abordate, s-au efectuat studii cinetice în regim static. Datele experimentale obținute au fost interpolate utilizând diverse modele cinetice, precum modelul pseudo-ordinul întâi Lagergren (PFO), modelul pseudo-ordinul doi Ho (PSO), modele cinetice de difuzie intra-particulă (ID) și/sau modelul cinetic Elovich. În plus, izotermele de adsorbție au fost realizate la două temperaturi diferite (300 și 330 K) pentru a evalua capacitatea de adsorbție la echilibru (q_e , mg/g) în funcție de concentrația de colorant la echilibru (C_e , mg/L). Aceste date experimentale au fost supuse interpolării aplicând modele de izoterme precum Langmuir, Freundlich, Sips, Temkin și/sau Dubinin Radushkevich, stabilindu-se modelul optim pentru fiecare sistem adsorbant/adsorbat în parte. Interpolarea datelor a fost realizată prin tehnici de regresie neliniară utilizând programe specializate (Origin sau Matlab). Evaluarea schimbărilor energetice subiacente asociate cu procesul de adsorbție a fost realizată prin determinarea parametrilor termodinamici: energia liberă Gibbs (ΔG), entalpia (ΔH) și entropia (ΔS). O analiză comparativă a rezultatelor obținute în timpul investigației adsorbantilor în procesele de adsorbție a coloranților cationici este ilustrată în tabelul 1 [4-6].

Tabelul 1. Rezultate obținute din testele de adsorbție a diferiților coloranți cationici în funcție de tipul de adsorbant (compozite sferice din CMC, granule din coji de nuci, respectiv din coji de fistic)

Adsorbant	Colorant cationic	Modelul optim de izotermă	Capacitate maximă de adsorbție (Temperatură)	Parametri termodinamici (proces de adsorbție)
Compozite sferice de CMC	Albastru de metilen	Langmuir - adsorbție în monostrat	234 mg/g (300 K)	$\Delta G < 0$ (spontan, exergonic) $\Delta H < 0$ (exoterm) $\Delta S < 0$ (rearanjare a adsorbției pe suprafață)
Bioadsorbant din coji de nuci	Albastru de metilen Violet de gențiană	Langmuir - adsorbție în monostrat	111 mg/g (330 K) 106 mg/g (330 K)	$\Delta G < 0$ (spontan, exergonic) $\Delta H < 0$ (exoterm) $\Delta S > 0$ (dezordine la interfața solid/soluție, spontaneitate)
Bioadsorbant din coji de fistic	Verde de briliant	Sips - adsorbție în monostrat și multistrat	55 mg/g (300 K)	$\Delta G < 0$ (spontan, exergonic) $\Delta H < 0$ (exoterm) $\Delta S > 0$ (dezordine la interfața solid/soluție, spontaneitate)

Pe baza ecuației modelului Langmuir, a fost determinat și parametrul de echilibru R_L (factor de separare adimensional) pentru fiecare sistem investigat, conform Ecuației 1:

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad (1)$$

unde, K_L reprezintă constanta Langmuir și C_0 este concentrația inițială a soluției de colorant. Parametrul R_L oferă informații semnificative despre natura procesului de adsorbție, iar valorile lui cuprinse între 0 și 1 au indicat procese de adsorbție favorabile pentru fiecare tip de sistem adsorbant/adsorbat.

Conform datelor din tabelul 1, compozitele sferice de CMC au evidențiat cea mai înaltă capacitate de adsorbție pentru albastru de metilen, urmate de bioadsorbantul pe bază de coji de nuci. Astfel, au fost investigate aceste două sisteme și în ceea ce privește procesul de desorbție și reutilizare. Compozitele de CMC au demonstrat o eficiență de desorbție în acetonă de 93%, manifestându-se cu succes într-un ciclu ulterior de re-adsorbție a albastrului de metilen. În contrast, bioadsorbantul din coji de nuci a înregistrat o capacitate de desorbție moderată a albastrului de metilen de 23,6% în soluție de HCl. Ca urmare a valorilor scăzute de desorbție în mediul apos și pentru a evita utilizarea adițională de substanțe chimice, materialele uzate au fost supuse unor teste suplimentare pentru adsorbția directă a altor coloranți (specii anionice) din soluție apoasă, obținând eficiențe de înlăturare a colorantului roșu de Congo în intervalul 53–57%. În ceea ce privește bioadsorbantii obținuți din coji de fistic, s-a apelat la optimizarea procesului de adsorbție prin intermediul metodologiei suprafeței de răspuns (RSM). Această abordare a indicat condițiile optime pentru adsorbția verdei de briliant pe suprafața cojilor de fistic, iar rezultatele experimentale pentru aceste condiții optime stabilite au demonstrat o eficiență de 98,8%.

Concluzii

Prin reticulare ionică cu Fe^{3+} , carboximetilceluloza de sodiu (CMC) a fost utilizată pentru a crea hidrogeluri ionotrope stabilizate sub formă sferică cu proprietăți relevante pentru adsorbția coloranților. Cinetica de adsorbție a fost cel mai bine descrisă de modelul PFO, iar capacitatea maximă de adsorbție a fost înregistrată la temperaturi mai scăzute (234 mg/g la 300 K). Datele izotermelor au fost cel mai bine interpolate de modelul de izotermă Langmuir, sugerând un mecanism omogen de adsorbție monostrat. Conform parametrilor termodinamici, s-a constatat că procesele de adsorbție investigate au avut loc spontan ($\Delta G < 0$), relevând o natură exotermă ($\Delta H < 0$). După imersarea în acetonă, sorbentul epuizat a fost recuperat (eficiență de desorbție de 93%) și reutilizat cu succes pentru un alt test de adsorbție.

De asemenea, bioadsorbantii derivați din deșeuri agricole (coji de nuci și coji de fistic) reprezintă soluții fezabile într-un context de economie circulară, cu atât mai mult cu cât cantități semnificative de biomasă sunt de obicei aruncate sau incinerate în aer liber, contribuind la poluarea mediului. Adsorbantii din coji de nuci au prezentat capacități maxime de adsorbție cu valori relevante atât pentru retenția albastrului de metilen, cât și pentru cea a violetului de gențiană (111 mg/g, respectiv 106 mg/g). În plus, aceștia au fost valorificați cu succes într-o aplicație secundară de adsorbție pentru reținerea suplimentară a coloranților anionici. În ceea ce privește bioadsorbantii din coji de fistic, au fost determinate condițiile optime pentru adsorbția verdei de briliant, demonstrându-se o eficiență efectivă de înlăturare de 98,8%.

Având în vedere că atât formulările sferice pe bază de carboximetilceluloză (CMC), cât și bioadsorbantii proveniți din deșeuri de biomasă satisfac criteriile esențiale precum utilizarea de materiale naturale, biocompatibile și non-toxice, minimizarea scurgerilor de substanțe chimice, creșterea capacităților de adsorbție și facilitarea recuperării, aceste materiale investigate reprezintă potențiali adsorbantii "verzi" (prietenoși mediului), fiind totodată promițători pentru aplicații privind epurarea apelor uzate.

Bibliografie

1. DE MARCO, B. A.; RECHELO, B. S.; TOTOLI, E. G.; KOGAWA, A. C.; SALGADO, H. R. N. Evolution of green chemistry and its multidimensional impacts: A review. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 2018, 11 (1), p. 1-8. ISSN 1319-0164. doi: 10.1016/j.jsps.2018.07.011 (IF: 4,1).
2. EL-KOUSY, S. M.; EL-SHORBAGY, H. G.; ABD EL-GHAFFAR, M. A. Chitosan/montmorillonite composites for fast removal of methylene blue from aqueous solutions. *Material Chemistry and Physics*. 2020, 254, 123236. ISSN 0254-0584. doi: 10.1016/j.matchemphys.2020.123236 (IF: 4,6).

3. ELWAKEEL, K. Z.; ABD EL-GHAFFAR, M. A.; EL-KOUSY, S. M.; EL-SHORBAGY, H. G. Synthesis of new ammonium chitosan derivatives and their application for dye removal from aqueous media. *Chemical Engineering Journal*. 2012, 203, p. 458–468. ISSN 1385-8947. doi: 10.1016/j.cej.2012.07.001 (IF: 15,1).
4. ENACHE, A.-C.; COJOCARU, C.; SAMOILA, P.; CIORNEA, V.; APOLZAN, R.; PREDEANU, G.; HARABAGIU, V. Adsorption of Brilliant Green Dye onto a Mercerized Biosorbent: Kinetic, Thermodynamic, and Molecular Docking Studies. *Molecules* 2023, 28 (10), 4129. ISSN 1420-3049. doi: 10.3390/molecules28104129 (IF: 4,6).
5. ENACHE, A.-C.; GRECU, I.; SAMOILA, P.; COJOCARU, C.; HARABAGIU, V. Magnetic Ionotropic Hydrogels Based on Carboxymethyl Cellulose for Aqueous Pollution Mitigation. *Gels*. 2023, 9 (5), 358. ISSN 2310-2861. doi: 10.3390/gels9050358 (IF: 4,6).
6. ENACHE, A.-C.; SAMOILA, P.; COJOCARU, C.; APOLZAN, R.; PREDEANU, G.; HARABAGIU, V. An Eco-Friendly Modification of a Walnut Shell Biosorbent for Increased Efficiency in Wastewater Treatment. *Sustainability*. 2023, 15 (3), 2704. ISSN 2071-1050. doi: 10.3390/su15032704 (IF: 3,9).
7. GHONIEM, M. G.; ALI, F. A. M.; ABDULKHAIR, B. Y.; ELAMIN, M. R. A.; ALQAHTANI, A. M.; RAHALI, S.; BEN AISSA, M. A. Highly Selective Removal of Cationic Dyes from Wastewater by MgO Nanorods. *Nanomaterials*. 2022, 12 (6), 1023. ISSN 2079-4991. doi: 10.3390/nano12061023 (IF: 5,3).
8. JONES, E. R.; VAN VLIET, M. T. H.; QADIR, M.; BIERKENS, M. F. P. Country-level and gridded estimates of wastewater production, collection, treatment and reuse. *Earth System Science Data*. 2021, 13 (2), p. 237–254. ISSN 1866-3508. doi: 10.5194/essd-13-237-2021 (IF: 11,4).
9. KHAN, I.; SAEED, K.; ZEKKER, I.; ZHANG, B.; HENDI, A. H.; AHMAD, A.; AHMAD, S.; ZADA, N.; AHMAD, H.; SHAH, L. A.; SHAH, T. R.; KHAN, I. Review on Methylene Blue: Its Properties, Uses, Toxicity and Photodegradation. *Water*. 2022, 14 (2), 242. ISSN 2073-4441. doi: 10.3390/w14020242 (IF: 3,4).
10. KUNDU, D.; DUTTA, D.; SAMANTA, P.; DEY, S.; SHERPA, K. C.; KUMAR, S.; DUBEY, B. K. Valorization of wastewater: A paradigm shift towards circular bioeconomy and sustainability. *Science of the Total Environment*. 2022, 848, 157709. ISSN 0048-9697. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.157709 (IF: 9,8).
11. LIN, L.; YANG, H.; XU, X. Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review. *Frontiers in Environmental Science*. 2022, 10, 880246. ISSN 2296-665X. doi: 10.3389/fenvs.2022.880246 (IF: 4,6).
12. Mane, V. S.; Babu, P. V. V. Studies on the adsorption of Brilliant Green dye from aqueous solution onto low-cost NaOH treated saw dust. *Desalination*. 2011, 273(2-3), p. 321–329. ISSN 0011-9164. doi: 10.1016/j.desal.2011.01.049 (IF: 9,9).
13. OPLATOWSKA, M.; DONNELLY, R. F.; MAJITHIYA, R. J.; KENNEDY, D. G.; ELLIOTT, C. T. The potential for human exposure, direct and indirect, to the suspected carcinogenic triphenylmethane dye Brilliant Green from green paper towels. *Food and Chemical Toxicology*. 2011, 49 (8), p. 1870–1876. ISSN 0278-6915. doi: 10.1016/j.fct.2011.05.005 (IF: 4,3).
14. RASHID, R.; SHAFIQ, I.; AKHTER, P.; IQBAL, M. J.; HUSSAIN, M. A state-of-the-art review on wastewater treatment techniques: The effectiveness of adsorption method. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021, 28 (8), p. 9050–9066. ISSN 0944-1344. doi: 10.1007/s11356-021-12395-x (IF: 5,8).
15. TKACZYK, A.; MITROWSKA, K.; POSYNIK, A. Synthetic organic dyes as contaminants of the aquatic environment and their implications for ecosystems: A review. *Science of The Total Environment*, 2020, 717, 137222. ISSN 0048-9697. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.1372 (IF: 9,8).
16. UNITED NATIONS. *Blueprint for Acceleration: Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report on Water and Sanitation* 2023. New York, 2023. Disponibil:
https://www.unwater.org/sites/default/files/2023-07/blueprint_for_acceleration_sdg_6_synthesis_report_on_water_and_sanitation_2023_web_version.pdf
(vizitat 12.02.2024).

CZU: 598.279.25(478)

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p32-38

SPECTRUL TROFIC AL CIUFULUI DE PĂDURE (ASIO OTUS L.) ÎN PARTEA DE SUD A REPUBLICII MOLDOVA

TROPHIC SPECTRUM OF THE LONG-EARED OWL (ASIO OTUS L.) IN THE SOUTHERN PART OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

*Nistoreanu Victoria dr., conf. cerc., USM, Institutul de Zoologie
Paladi Viorica, Rezervația Naturală „Prutul de Jos”
Larion Alina dr., conf. cerc., USM, Institutul de Zoologie*

*Nistoreanu Victoria PhD, ass. prof., MSU, Institute of Zoology
ORCID: 0000-0002-972-96846, victoria.nistoreanu@sti.usm.md
Paladi Viorica, „Prutul de Jos” Nature Reserve
ORCID: 0009-0005-0515-0723, vioricapaladi.c@gmail.com
Larion Alina PhD, ass. prof., MSU, Institute of Zoology
ORCID: 0000-0002-5313-4518, alina.larion@sti.usm.md*

Rezumat. Ciuful de pădure (*Asio otus*) este o pasăre sedentară în Moldova și formează colonii de iarnă de câteva zeci de indivizi în biotopuri favorabile din localități. Spectrul trofic al *A. otus* a fost studiat în perioada de iarnă în două situri din partea de sud a Republicii Moldova: Sadaclia și Slobozia Mare, unde au fost colectate 378 de ingluvii și identificați 678 de indivizi. Dieta ciufului de pădure a constat din mamifere mici (peste 95%) și păsări. În ambele locații dominant a fost *Microtus* sp., constituind 67% în Sadaclia și 48% în Slobozia Mare, cu o frecvență de circa 70%. A doua specie ca abundență și frecvență a fost *Mus* sp., urmat de *Apodemus sylvaticus*. Alte specii de rozătoare au avut o pondere și o frecvență reduse. Chițcanii din genul *Crocidura* au avut o pondere similară și foarte mică în Sadaclia și au lipsit în ingluviile din Slobozia Mare. Păsările reprezentate de *Passeriformes* au constituit 4,1% în situl Sadaclia și 2,5% în Slobozia Mare cu frecvență redusă. Biomasa totală a prăzii consumate de *A. otus* a fost de 9,74 kg la Sadaclia și 5,12 kg la Slobozia mare, ceea ce demonstrează importanța acestui prădător în reglarea numărului de rozătoare în perioada de iarnă.

Cuvinte-cheie: *Asio otus*, spectru trofic, mamifere, păsări, nișă trofică, partea de sud a R. Moldova

Abstract. The long-eared owl (*Asio otus*) is a sedentary bird in Moldova and form winter colonies of several dozen individuals in suitable biotopes from localities. The trophic spectrum of *A. otus* was studied during the winter period in two sites from the southern part of the Republic of Moldova: Sadaclia and Slobozia Mare, where 378 pellets were collected and 678 individuals were identified. The diet of the long-eared owl consisted of small mammals (over 95%) and passerine birds. In both sites the *Microtus* sp. dominated in the pellets, constituting 67% in Sadaclia and 48% in Slobozia Mare, with a frequency of about 70%. The second most abundant and frequent species were *Mus* sp., followed by *Apodemus sylvaticus*. Other rodent species had a low share and frequency. The *Crocidura* shrews had similar low share in Sadaclia pellets and were missing in Slobozia Mare pellets. The birds, represented by *Passeriformes*, constituted 4.1% in Sadaclia site and 2.5% in Slobozia Mare with low frequency. The total biomass of prey objects consumed by the long eared owl was of 9.74 kg in Sadaclia and 5.12 kg in Slobozia mare, which proves the importance of this predator in rodent number regulation during winter period.

Keywords: *Asio otus*, trophic spectrum, mammals, birds, trophic niche, southern part of R. Moldova

Introduction

The long-eared owl (*Asio otus otus* L.) is a sedentary bird and one of the most widespread and common nocturnal birds of prey (fig. 1). During the winter period, the density of the species increases due to the migrant individuals from the northern regions and they form colonies of several dozen

individuals. In most cases, the long-eared owls prefer to winter in the same places every year. The long-eared owl is well adapted to anthropic environment and its wintering colonies are frequently registered in localities all over Europe [1, 2, 3, 7, 11, 12, 21, 23] etc.



Fig. 1. Long-eared owl (*Asio otus*) and its pellets, Slobozia Mare

After the digestion process, the owls regurgitates the indigestible remains of the consumed animals (bones, hair, feathers, fur, chitin, etc.) in the form of pellets. The pellets study can provide important data regarding the food regime of the prey bird, small mammal fauna in a certain area, its density, seasonal and annual dynamics etc.

The studies of the long-eared owl trophic spectrum started in 1960's mostly in the central part of the republic [25, 27]. The studies continued in various natural and anthropized ecosystems of the central part of republic, where about 50 species of small mammals, birds and insects were revealed in *Asio otus* trophic spectrum [28, 29]. In the Republic of Moldova the long-eared owl inhabits the forest edge, forest shelter belts, forest strips along the roads, parks and orchards [26]. The hunting sectors of *Asio otus* are open type biotopes, especially near localities. For more than 20 years the study of owl's diet was practically abandoned and was resumed in the last years in various localities of the Republic of Moldova, including the southern part. Preliminary data on the diet of *Asio otus* in Sadaclia village revealed the high dominance of rodents [16]. There are no up to-date publications on owl diet in Moldova regarding the biomass of trophic objects and niche breadth, except for several papers concerning the long-eared owl diet in Chisinau city [17, 18].

The aim of the study was to reveal the diet of long-eared owl in two localities from the southern part of the Republic of Moldova, to determine the prey biomass and niche breadth, as well as to highlight the importance of *A. otus* in rodent species number regulation.

Material and methods

The trophic spectrum of *A. otus* was studied during winter period from two villages located in the southern part of the republic: Sadaclia (46.447, 28.879) and Slobozia Mare (45.573 N, 28.167 E).

In Sadaclia a colony of 19 *A. otus* wintering individuals was located in the townhouse square in coniferous trees, 174 pellets were collected in February 2022. In Slobozia Mare a wintering colony of 16 individuals was recorded in a patch of coniferous trees near the village museum, where 93 pellets were collected in November 2022.

Each pellet was measured, weighed and unfolded. The pellets were measured and weighed; the bones were cleaned and identified. Mammal species were identified after skull bones and teeth [19, 20]. The sibling species *Microtus arvalis* and *M. rossiaemeridionalis*, *Mus musculus* and *M.*

spicilegus that are very similar morphologically, were considered as *Microtus* sp. and *Mus* sp. The ecological analysis of identified mammals and birds was performed using several indexes: abundance, frequency and biomass. The trophic niche width was estimated using the *B* Levins' index: $B=1/\sum p^2$, [13], in its standardized version *B_s* (37): $B_s=(B-1)/(n-1)$, where *p* is the fraction of items in the diet, and *n* is the number of possible food categories [10]. *B_s* values ranges from 0 (100% utilization of a single food category) to 1 (equal use of all categories).

Results and discussions

The analysis of length and weight of intact pellets in the studied sites is presented below, as well as the number of individuals found in each pellet (tab. 1). The lowest values of pellet length were registered in Slobozia Mare locality, while the pellet weight had close values in both sites. The number of individuals per pellet varied from 1 to 4 with highest mean value in Slobozia Mare.

Table 1. Pellets measurements in the studied sites

Site, no of pellets	Pellet length, mm		Pellet weight, g		No of individuals per pellet	
	Min-max	mean	Min-max	mean	Min-max	mean
Sadaclia, n=132	21.2-59.7	36.9	1.1-3.4	2.13	1-4	2.26
Slobozia Mare, n=63	17.7-47.0	27.2	1.18-3.08	2.21	1-4	2.48

In winter period the trophic spectrum of long-eared owl in the studied localities consisted of mammals from 2 orders (Soricomorpha, Rodentia) and passerine birds. In Sadaclia –435 individuals from 8 mammal species and birds and in Slobozia Mare site – 243 individuals from 6 mammal species and birds have been identified (fig. 2, 3).

The diversity of prey objects proved to be higher in Sadaclia site on the account of shrew species, which is due to higher number of collected pellets, as well to a larger number of favorable ecosystems for *Crocidura* species, represented by pastures, forest shelter belts and agricultural lands in the surroundings of the locality. In Slobozia Mare, located in the Ramsar site „Lower Prut lakes” the surrounding ecosystems were represented mostly by wet habitats and meadow forests, which are favorable for shrews, but do not represent suitable hunting sectors for the long-eared owl.

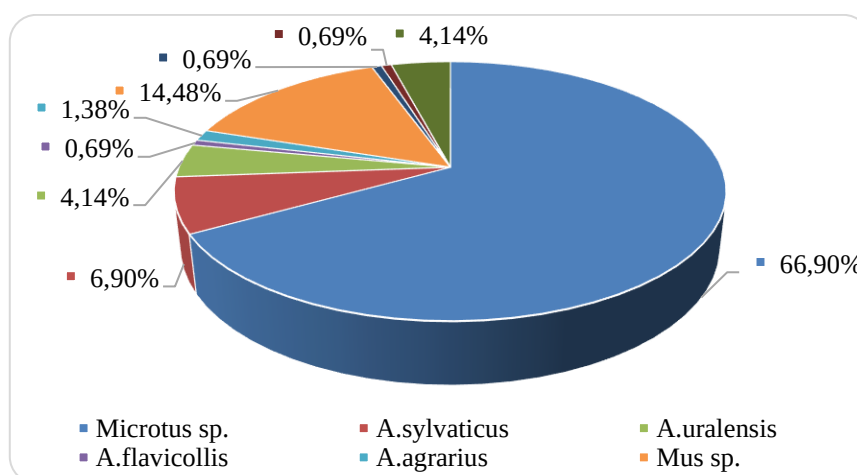


Fig. 2. Relative abundance of prey items in the diet of *A. otus* in Sadaclia

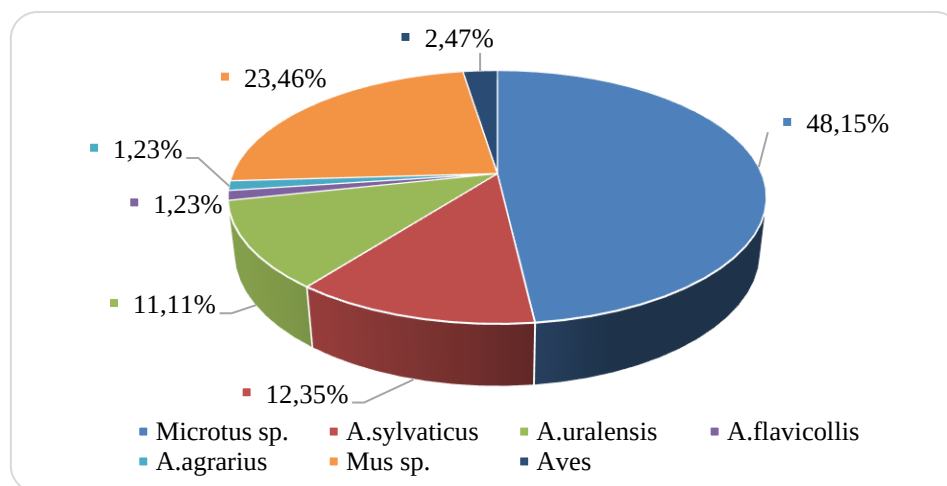


Fig. 3. Relative abundance of prey items in the diet of *A. otus* in Slobozia Mare

In both sites the *Microtus* sp. dominated in the pellets, constituting about 67% in Sadaclia and 48% in Slobozia Mare. The species frequency is also the highest, it being found in almost 70% of the pellets (tab. 2). The second most abundant and frequent species were *Mus* sp., due to the location of the colonies in the village center. *A. sylvaticus* was the third species according to abundance and frequency (tab. 2). The species *A. uralensis* had a rather high share in Slobozia Mare pellets (11.11%) and a frequency above 30% in comparison to Sadaclia village, where it had low relative abundance and frequency. Other species had a share of less than 2% and much lower frequency (fig. 2, 3; tab. 2).

The shrews, represented by both *Crocidura* species, had similar low share in Sadaclia pellets and were missing in Slobozia Mare pellets. The birds, represented by Passeriformes, constituted 4.1% in Sadaclia site and 2.5% in Slobozia Mare with low frequency (tab. 2).

The highest biomass was registered in *Microtus* sp. and the total biomass consumed by the long eared owl was of 9.74 kg in Sadaclia and 5.12 kg in Slobozia Mare. The high biomass of field voles, which are considered pests of agricultural crops, and of the representatives of the genus *Mus* – pests of cereal warehouses and of inhabited houses shows the importance of *Asio otus* in biological control of rodent's number in winter season.

Table 1. Frequency and biomass of prey species in Sadaclia and Slobozia Mare

Species	Sadaclia		Slobozia Mare	
	Frequency, %	Biomass, g	Frequency, %	Biomass, g
<i>Microtus</i> sp.	70.69	6984	68.42	2808
<i>A. sylvaticus</i>	13.79	630	42.11	630
<i>A. uralensis</i>	10.34	324	31.58	486
<i>A. flavicollis</i>	1.72	75	5.26	75
<i>A. agrarius</i>	3.45	114	5.26	57
<i>Mus</i> sp.	29.31	945	57.89	855
<i>C. leucodon</i>	1.72	24	-	-
<i>C. suaveolens</i>	1.72	15	-	-
Passeriformes	8.62	630	10.53	210
Total biomass	9741		5121	
Trophic niche width	2.08		3.171	
Trophic niche width standardized	0.135		0.362	

The trophic niche width varied between 2.08 in Sadaclia and 3.17 in Slobozia Mare site; the standardized index varied between 0.135 and 0.362, respectively, which indicate that in Slobozia Mare site the prey categories had more even distribution in the diet, even if their diversity was lower (tab. 2). Also, the very low Bs indicate the preference for only 1-2 prey categories, fact confirmed by the high share of *Microtus* sp.

In previous studies on the territory of the republic, the preference of *A. otus* for the species of the *Microtus* genus in the winter period in localities was also mentioned, the field voles constituting more than half of prey objects [17, 18, 25, 27, 28, 29, 30] etc. The preference of the long-eared owl for *Microtus* species is influenced by their way of life: the field voles inhabit open type ecosystems that overlap with the hunting sectors of the long-eared owl, they reach high densities in a short time period, thus representing an easily accessible and abundant prey. In fact, the abundance of prey in a certain ecosystem is the main factor that influences its hunting by the predator [4, 8]. Therefore, the proportion of the field voles in the diet of *A. otus* varies according to their density in the field [7, 9].

In the studied localities the share of *Mus* species was rather high, most probably on the account of *M. musculus*, being the second prey item, fact mentioned in many other studies performed in urban and rural areas [6, 14, 15]. *Apodemus sylvaticus* is also an important prey for the long-eared owl during winter period. It has preponderant nocturnal activity and is a eurytopic species, preferring the habitats at the edge of the forest, especially those bordering with cultivated lands, fallow grounds, thus an accessible object for the predators. In some localities the species was even the most abundant prey during winter period [5, 12, 15]. The striped mouse and the pygmy field mouse are also field species, but they are much less often hunted by birds of prey, because of their much lower density compared to the field voles, and because of their preference for microhabitats with tall grasses. The yellow-necked mouse is a forest species and rarely enter open areas, thus avoiding falling prey to the long-eared owl.

The shrews are an alternative prey type for *A. otus* and are mostly hunted when the abundance of *Microtus* species is low. It was established that the share of shrews in the owl's diet depends on the abundance of *Microtus* species and doesn't depend on shrew abundance in certain area [9]. The passerine birds are important prey objects in winter, they constituted up to 4.2%, while in other studies their share in various localities in winter period constituted 0.5-10% [2, 5, 22, 24].

Conclusions

The analysis of 378 pellets of *Asio otus* in two localities from the southern part of the republic allowed the identification of 678 individuals. The length of the pellets varied between 17.7 mm and 59.7 mm with an average of 36.9 mm in Sadaclia and of 27.2 mm in Slobozia Mare. The pellets weight varied between 1.1 g and 3.4 g with an average of 2.13 and 2.21 g, respectively. The number of individuals per pellet varied between 1 and 4, the average being 2.26 in Sadaclia and 2.48 individuals in Slobozia Mare.

In winter period the trophic spectrum of long-eared owl in the studied localities consisted of 8 mammal species and birds in Sadaclia and 6 mammal species and birds in Slobozia Mare site. In both sites the *Microtus* sp. dominated in the pellets, constituting 67% in Sadaclia and 48% in Slobozia Mare, with a frequency of about 70%. The second most abundant and frequent species were *Mus* sp., followed by *Apodemus sylvaticus*. Other rodent species had a low share and frequency. The *Crocidura* shrews had similar low share in Sadaclia pellets and were missing in Slobozia Mare pellets.

The birds, represented by Passeriformes, constituted 4.1% in Sadaclia site and 2.5% in Slobozia Mare with low frequency.

The total biomass of prey objects consumed by the long eared owl was of 9.74 kg in Sadaclia and 5.12 kg in Slobozia mare, which proves the importance of this predator in rodent number regulation during winter period.

The study was performed within the State Program project no. 20.80009.7007.02 and 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”.

References

1. BANARU, V.; COROIU, I. Preliminary data on the micromammal fauna in the Someșul Mic basin (România) according to *Asio otus* L. pellets. *Studia Univ. "Babeș-Bolyai", Cluj-Napoca, Biol.* 1997; XLII (1-2), p. 103-108.
2. BENCOVĚ, V.; KAĽPAR, T.; BRYJA, J. Seasonal and interannual changes in diet composition of the Long-eared Owl (*Asio otus*) in Southern Moravia. *Tichodroma*. 2006; 18, p. 65-71.
3. BIRRER, S. Synthesis of 312 studies on the diet of the Long-eared Owl *Asio otus*. *Ardea*. 2009, 97 (4), p. 615-624.
4. CANOVA, L. Influence of snow cover on prey selection by Long-eared Owls *Asio otus*. *Ethology Ecology Evolution*. 1989, 1, p. 367-372.
5. DZEMIAN, S.; PILACINSKA, B.; PITUCHA, G. Winter diet composition of urban long-eared owls (*Asio otus*) in Rzeszow (SE Poland). *Biological let.*, 2012, 49 (2), p. 107-114.
6. ESCALA, C.; ALONSO, D.; MAZUELAS, D. et al. Winter diet of Long-eared Owls *Asio otus* in the Ebro valley (NE Iberia). *Revista Catalana d'Ornitologia*. 2009, 25, p. 49-53.
7. GOSZCZYNSKI, J. Connection between predatory birds and mammals and their prey. *Acta Theriol.* 1977, 22(30), p. 399-430,
8. GUIDONI, R.; CAPIZZI, D.; CAROLI, L.; LUISELLI, L. Feeding habits of sympatric owls in an agricultural and forested landscape of central Italy. *Folia Zool.* 1999, 48 p. 199-202.
9. KORPIMAKI, E.; NORRDAHL, K. Avian and mammalian predators of shrews in Europe: regional differences, between year and seasonal variation and mortality due to predation. *Ann. Zool. Fenn.* 1989, 26(4), p. 389-400.
10. KREBS, C.J. Niche measures and resource preferences. In: *Ecological Methodology*, New York: Addison-Welsey Publishers. 1999, p. 455-496
11. LAIU, L.; MURARIU, D. The food of the long-eared owl (*Asio otus otus* L.) (Aves: Stringiformes) in wintering conditions of the urban environment in Romania. *Trav. Mus. Nat. His. Nat. Gr. Antipa*. 1998, 40, p. 413-430.
12. LAIU, L.; PASOL, P.; FENERU, F.; MURARIU, D. The analysis of the winter food structure in *Asio otus otus* L. (Aves: Strigiformes) from Bacau and Iasi towns – Moldova (Romania). *Trav. Mus. Nat. His. Nat. Gr. Antipa*. 2002, 44, p. 423-430.
13. LEVINS, R. *Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations*. Princeton: Princeton University Press. 1968. 121 p.
14. MARTELLI, C.; FASTELLI, P. Svernamento e dieta del gufo commune *Asio otus* nella città di Grosseto. *Gli Uccelli d'Italia*. 2013, 38, p. 85-91.
15. MURARIU, D.; ANDREESCU, I.; NESTEROV, V. Les composants de la nourriture d'hiver d'*Asio otus otus* (L., 1758) du nord-est de Bucarest (Roumanie). *Trav. Mus. Nat. His. Nat. Gr. Antipa*. 1991, 31, p. 415-420.
16. NISTREANU, V.; LARION, A.; POSTOLACHI, V. Small mammal diversity in steppe zone Sadaclia, Republic of Moldova. *DROBETA, Științele Naturii*. 2015, XXV, p. 135-141.
17. NISTREANU, V.; LARION, A. Importance of long-eared owl (*Asio otus* L.) in rodent regulation number in urban areas. *Scientific Papers. Agronomy*. 2020, LXIII (2), p. 294-299.

18. NISTREANU, V.; PARASCHIV, D.; LARION, A. Comparative analysis of long-eared owl (*Asio otus*) winter diet from two European cities – Chishinau (Republic of Moldova) and Bacau (Romania). *One Health & Risk Management*. 2020, 1(1), p. 51-58.
19. POPESCU, A.; MURARIU, D. *Fauna României. Mammalia, Rodentia*. Vol. XVI, Fasc. (2), Editura Academiei Române, 210 p, 2001.
20. PUCEK Z. (red.) *Keys to vertebrate of Poland. Mammals*. PWN – Polish Scientific Publishers – Warszawa. 1981. 370 p,
21. ROMANOWSKI, J.; ŻMIHORSKI, M. Effect of season, weather and habitat on diet variation of a feeding specialist: a case study of the long-eared owl, *Asio otus* in Central Poland. *Folia Zool.* 2008, 57(4), p. 411-419.
22. ROMANOWSKI, J. Trophic ecology of *Asio otus* (L.) and *Athene noctua* (Scop.) in the suburbs of Warsaw. *Pol. Ecol. Stud.* 1988, 14, p. 223-234.
23. SANDOR, A.; KISS, B. The diet of wintering Long-eared Owls (*Asio otus*) in Tulcea, Romania. *Scientific Annals of the Danube Delta Institute*. 2004, 10, p. 49-54.
24. TULIS, F.; VESELOVSKÝ, T.; BIRRER, S. Different alternative diets within two subgroups in a winter roost of long-eared owls. *Raptor Journal*. 2019; 13, p. 139-144. doi: 10.2478/srj20190002
25. АВЕРИН, Ю. В.; ГАНЯ, И. М. *Хищные птицы Молдавии и их роль в природе и сельском хозяйстве*. Изд-во «Картя Молдовеняскэ». 1966, 104 с.
26. АВЕРИН, Ю. В.; ГАНЯ, И. М.; ЗУБКОВ, Н. И.; МУНТЯНУ, А.И.; УСПЕНСКИЙ, Г.А. *Птицы. Животный мир Молдавии*. Кишинэу «Штиинца», 1981, 336 с.
27. АНИСИМОВ, Е. П. Факторы, определяющие добычу ушастой совы зимой. *Вопросы экологии и практического значения птиц и млекопитающих Молдавии*. 1969, 3, с. 36-40.
28. ЗУБКОВ, Н.И. Трофические связи и роль ушастой совы в биоценозах антропогенного ландшафта. *Млекопитающие и птицы антропогенного ландшафта Молдавии и их практическое значение*. Кишинэу «Штиинца», 1986. с. 41-59.
29. ЗУБКОВ, Н.И. Трофические связи сов в биоценозах Молдавии. *Экология птиц и млекопитающих Молдавии*. Кишинэу «Штиинца», 1981. с. 79-94.
30. ЗУБКОВ, Н.; НИСТРЯНУ, В. Биоценотические аспекты трофических связей некоторых видов хищных птиц и сов в бассейне Днестра. *Mat. Conf. Internaț. "Conservarea biodiversității bazinului Nistrului"*, 7-9 octombrie 1999, p. 73-75.

CZU: 378.091(477)

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p39-44

EDUCATIONAL PRACTICES OF UPDATING THE RELATIONS OF UKRAINIAN SOCIETY WITH THE ENVIRONMENT

Shapran Yurii, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,
Head of the Department of Natural Sciences and Teaching Methods,
Hryhorii Skovoroda University in Pereiaslav,
08401, st. Sukhomlinskogo, 30, Pereiaslav, Kiev region, Ukraine,
e-mail: Yrij.shapran@gmail.com, Researcher ID: ABB-7102-2022,
ORCID: 0000-0002-4176-7502

Abstract. The article examines the problem of the development of environmental education in the process of professional training of specialists in higher education. Particular attention is paid to the impossibility of achieving some goals of sustainable development in Ukraine due to conditions of a full scale war, namely: overcoming poverty and hunger; the possibility of obtaining a quality education; providing the professional services in the field of health care; achieving equality and social justice, providing access to clean drinking water, energy resources, preserving ecosystems. Distinguished principles of sustainable development: satisfaction of basic human needs taking into account the possibilities of environmental resources; combining the balance of nature conservation and social development; achieving social equality and justice; ensuring conditions for self-determination and cultural diversity; preserving the integrity of ecosystems; organization of effective environmental education in the realities of today's Ukraine. It is noted that nature sciences teachers have a leading role in ensuring educational transformations in the aspect of education for sustainable development, and their professional training should be carried out taking into account educational, practical, research, self-education, volunteer activities. Phasing of the organization of professional training of future teachers of natural sciences in the context of sustainable development has been proposed to ensure achievement of goals of sustainability. The practical experience of environmental research at Hryhorii Skovoroda University in Pereiaslav has been considered, taking into account various forms of environmental education.

Keywords. environmental education, professional training, goals of sustainable development, principles of sustainable development, future teachers of natural sciences.

The introduction of European standards into the national system of higher education is a prerequisite for Ukraine's entry into unified European educational space. The specified assumption will contribute to the formation and realization of a higher education seeker as a professional capable of functioning effectively in the conditions of the modern labor market without transnational borders.

Due to this, a cohort of regulatory and legal documents has been developed in Ukraine: the Project of the Sustainable Development Strategy of Ukraine till 2030 [4], the Sustainable Development Strategy «Ukraine – 2020» [5], the Law of Ukraine «On Higher Education» [1], etc. Their content encourages the creation of such an educational environment in pedagogical universities, which determines the formation of a modern specialist that is capable of critical thinking, autonomously solving problem situations, and is mobile in the process of professional activity. Therefore, the only alternative for the further development of humanity in the conditions of the intensification of globalization problems is the realization of the goals of sustainable development. After all, sustainable development education will lead to the emergence of a new educational concept, which will be oriented towards the harmonization of relations between society and the environment and will encourage a change in the consciousness of future generations. Unfortunately, there is currently no universal model of education in the interests of sustainable development. Each country develops its own educational trajectories, which depend on national characteristics (economic development, socio-political system, religion, cultural heritage, mentality, etc.). The UN Summit on

Sustainable Development, which took place in September 2015 as part of the 70th session of the UN General Assembly, contributed to the process of universalization of the stated problem. The final document of the Summit «Transforming our world: the agenda for sustainable development until 2030» defined 17 Sustainable Development Goals, namely:

- 1) overcoming poverty;
- 2) overcoming hunger, ensuring food security and improving nutrition, encouraging rational agriculture;
- 3) ensuring a healthy lifestyle and well-being of people of any age;
- 4) ensuring comprehensive and fair, high quality education and encouraging the possibility of lifelong learning;
- 5) ensuring gender equality, expanding the rights and opportunities of all women;
- 6) ensuring sustainable management of water resources and sanitation;
- 7) ensuring access of all people to affordable, reliable and modern sources of energy;
- 8) promotion of continuous, sustainable economic growth, full and productive employment and decent work for all;
- 9) creation of sustainable infrastructure, promotion of sustainable industrialization and innovation;
- 10) reduction of inequality within countries and between countries;
- 11) ensuring the openness, safety, and environmental sustainability of settlements;
- 12) ensuring the transition to rational models of consumption and production;
- 13) taking urgent measures to combat climate change;
- 14) conservation and sustainable use of oceans, seas and marine resources in the interests of sustainable development;
- 15) protection and restoration of terrestrial ecosystems and promotion of their rational use, rational forest use, combating desertification, stopping the process of land degradation and loss of biodiversity;
- 16) promoting the development of a peaceful and just society;
- 17) strengthening the means of implementing the Global Partnership in the interests of sustainable development [6].

In Ukraine, at the state level, the Sustainable Development Goals are established as guidelines for the creation of relevant strategic documents. The problem of implementing global goals has been considered, taking into account the dynamics of national development. The result of such work has been the development of a national system containing 86 tasks. Outlined tasks of national development, selected indicators for monitoring their implementation and target benchmarks until 2030 were given in the National Report «Goals of Sustainable Development: Ukraine» [3]. In fact, this system is the basis for further comprehensive monitoring of the country. Unfortunately, due to today's events in Ukraine, the global community has to reconsider their Sustainable Development Goals. Russia's military actions have caused serious obstacles to achieving such sustainable development goals as overcoming poverty and hunger; the possibility of obtaining a quality education; provision of professional services in the field of health care; achieving well-being; achieving equality and social justice, providing access to clean drinking water, energy resources, preserving ecosystems.

The main principles of sustainable development include:

- satisfaction of the basic life needs of a person, taking into account the possibilities of environmental resources;
- a combination of the balance of nature conservation and the development of society;
- achievement of social equality and justice;
- ensuring conditions for self-determination and cultural diversity of individual groups;
- preserving the integrity of ecosystems;
- the organization of effective environmental education in the realities of today's Ukraine.

Certain aspects of the problem of environmental education for sustainable development in the professional training system are considered in the works of O. Álvarez-García, J. Sureda-Negre, R. Comas-Forgas (2015); Boca Gratiela Dana, Saracli Sinan (2019); J. Braus, D. Wood (2019); EDL. Chavez, MNL. Chavez, JAV. Menendez (2019); H. Yonas (2001); A. Kyridis, E. Mavrikaki, H. Tsakiridou, J. Daikopoulos, H. Zigouri (2021); Ningrum, Zarah Baby, Herdiansyah, Herdis; V. Zeqir, M. Behxhet, K. Zenel (2015), I. Koreneva (2018) and others.

Sustainable development requires the development of a new concept of education aimed at complex and dynamic approaches to critical thinking, harmonious and rational functioning of individuals in social and natural environments.

I. Koreneva notes that the content features of sustainable development education are the integration of ecological, social, and economic aspects. The ecological aspect consists in the formation of ecological competence: the assimilation of the system of ecological knowledge and the formation of the abilities and skills of ecological activities related to ecological consciousness, ecological thinking, and ecological values. The social aspect reflects the conditions of existence of people in society, their way of life and activities and reveals the broad issues of legal, valeological, civic education, education on security issues, gender equality, multiculturalism, etc. It involves revealing the conditions of people's life and the peculiarities of their interaction in the context of achieving sustainable development. The economic aspect of sustainable development education is related to issues regarding sustainable social and industrial relations and economic life [2, p. 116].

The conditions for fair and sustainable development of Ukraine include:

- 1) effective cooperation between business, the state, communities and citizens;
- 2) ensuring a balance between the economic, social and ecological interests of the state, region, and citizens;
- 3) implementation of the strategy of adapting society to climate change;
- 4) transition from traditional energy carriers to energy-saving ones. The specified conditions can be fully realized only in a free Ukraine freed from the occupiers.

Implementation of the ideas of sustainable development of the professional training of teachers of natural sciences involves students acquiring knowledge about restoring the population of rare and endangered species, which is the basis for the development of sustainable nature management in the country. The role of a direct participant in the formation of an ecological worldview has been assigned to the modern generation. Creation of economic and political conditions to ensure ecologically stable development is possible only on the basis of reorientation of human consciousness. At the same time, the introduction of ideas of sustainable development into the process of professional training of specialists, especially teachers of natural sciences, is of particular importance. After all, taking into account the specifics of professional training, they are best acquainted with the concept of sustainable development. Therefore, it is natural science teachers who should become the leading agents of social

transformations regarding the movement towards sustainability, the subjects of ensuring the prerequisites for the co-evolutionary development of society and the biosphere.

In order to achieve the effectiveness of education for sustainable development, it is necessary to consider it in two aspects, namely: integration of education for sustainable development into educational disciplines, educational and professional programs and training courses; development of separate programs for sustainable development. Their implementation involves spreading positive experience in education, strengthening cooperation and partnership between participants in the educational process, promoting understanding of the essence of existing environmental problems, and introducing innovative approaches to the professional training of specialists.

The organization of professional training of naturalists in the aspect of sustainable development involves the following stages:

I stage – analysis of the experience of teacher training in European universities in terms of their readiness for professional activity in conditions of sustainable development;

II stage – modernization of the content of educational and professional programs «Secondary education (Biology and human health)», «Secondary education (Natural sciences)»;

III stage – introduction of the educational component «Environmental education» into the educational process of Hryhorii Skovoroda University in Pereiaslav (development of educational and methodological complex and educational and methodological manual); development and implementation of the «Education for Sustainable Development» training program for practical teachers of natural sciences;

IV stage – organization of a pedagogical experiment with the involvement of partner universities;

V stage – approbation of the research results through participation in conferences of various ranks, round tables and webinars; publication of scientific studies in the leading European and domestic publications and those included in scientific and metric databases; organization and holding of annual international scientific and practical conferences «Education for sustainable development: reality and prospects»; publication of the monographic work «Modernization of the content of professional training of science teachers on the basis of education for sustainable development: EU experience for Ukrainian universities»;

VI stage – popularization of the course by placing information and materials of the educational course on the information portals of partner institutions; in social networks, freely available information resources; holding open lectures, seminars, trainings for a wide range of interested parties; introduction of advanced training courses for teachers and lecturers of educational institutions of Ukraine, etc.

The main practical areas of ecological research at Hryhorii Skovoroda University in Pereiaslav are:

- Biodiversity study of the «Biloozerskii» National Park;
- justification for the need to create a regional landscape park «Studenivskii»;
- the work of the problem student group «Monitoring studies of populations of rare and potentially significant species of medicinal plants»;
- master's studies on the topic: «Using the method of bioindication of ecological monitoring of the Alta River», «Comprehensive assessment of the quality of water ecosystems of Pereiaslav», «Ecological aspect of the distribution of epiphytic lichens», «Bioindication studies of the Trubizh River within the boundaries of Pereiaslav», etc.

The scientists of the department of natural sciences and teaching methods of the university submitted applications for participation:

- in the competitive selection of scientific works financed by an external aid tool in the Framework Program of the European Union «Horizon» on the topic: «Rare plant species of the Middle Dnieper geobotanical district (horology, population status and protection)» (staff members of the Institute of Botany named after M. G. Kholodny National Academy of Sciences of Ukraine, Zelenogur University (Poland);
- in the EU program Erasmus+ 2021-2027, under the direction of Jean Monnet in the field of higher education (ERASMUS-JMO-2023-MODULE) «Modernization of the content of professional training of science teachers on the basis of education for sustainable development: EU experience for Ukrainian universities».

It is worth noting that the educational-scientific project of Hryhorii Skovoroda University in Pereiaslav «Modernization of the content of professional training of science teachers» is focused on:

- carrying out an analysis of the professional training of future teachers of natural sciences in European countries and outlining the ways of its distribution in national pedagogical education;
- generalization, systematization, approbation of research results in the system of higher education; development and implementation of the educational special course «Environmental education» in the work practice of Hryhorii Skovoroda University in Pereiaslav;
- development and implementation of the «Education for Sustainable Development» training program for practical teachers of natural sciences;
- distribution of the educational course «Environmental education» and the qualification improvement program «Education for sustainable development» in the educational environment of Ukraine;
- organization of the system of acquiring personal flexible skills among students by means of non-formal education (soft skills). Effective forms of environmental education at the university are:
- involvement in informational and educational activities of students of general secondary education during pedagogical practices;
- organization and holding of various environmental trainings, during which the participants of the educational process develop rational ways of solving existing environmental problems;
- organization of volunteer activities, namely: networking, quests to clean the area from pollution according to thematic directions;
- conducting ecological fairs;
- sorting of household waste, etc.

Professional training of future teachers of natural sciences to implement the strategy of sustainable development should be carried out through educational, practical, research, self-educational, and volunteer activities, which encourage participants in the educational process to:

- increase awareness of the main strategic guidelines of sustainable development;
- understand one's own mission, as well as the role of individual individuals and social groups in achieving sustainable development;
- acquire of a system of knowledge, mastering techniques, methods and technologies, strategies of professional activity in conditions of sustainable development of society;
- form an individual's ability for sustainable self-development.

So, in the modern world, under the influence of the phenomena of globalization, social and natural cataclysms, and military actions, the processes of forming the paradigm of education for sustainable development are emerging, taking into account the ecocentric type of environmental consciousness of student youth. Indicators of such consciousness are: orientation to ecological

expediency; harmonization of human-environment relations; a rational balance of pragmatic and consumerist attitudes of society towards the environment. The strategy of sustainable development orients humanity to respect the ecological values, the preservation of ecosystems, the introduction into practice of effective resource and nature-saving technologies, etc. The introduction of the European experience of environmental education into the system of professional training of teachers of natural sciences in Ukraine should lead to the formation of environmental consciousness among student youth, which will show signs of a high degree of awareness of global environmental threats (political, social, industrial, economic, military), a persistent desire to implement effective methods of a humane solution of them.

Bibliography

1. Закон України «Про вищу освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (visited 15.01.2024).
2. Коренева, І. Феномен «освіта для сталого розвитку»: сутність та сучасні особливості концепту. *Український педагогічний журнал*. 2018. №2. С. 113-123. ISSN 2411-1317.
3. Національна доповідь «Цілі сталого розвитку: Україна» URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf>.
4. Проект Стратегії сталого розвитку України до 2030 року. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/publications/strategiya-staloho-rozvytku-ukrayiny-do-2030-roku> (visited 15.01.2024).
5. Стратегія сталого розвитку «Україна – 2020». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/5/2015> (visited 18.01.2024).
6. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. P. 14-35. URL: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/resolution-adopted-by-the-general> (visited 19.01.2024).

References

1. The Law of Ukraine «On Higher Education». 2014. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (in Ukr). (visited 15.01.2024).
2. Koreneva, I. The phenomenon of «education for sustainable development»: the essence and modern features of the concept. *Ukrainian Pedagogical Journal*. 2018. №2. P. 113-123. ISSN 2411-1317 (in Ukr).
3. National report «Sustainable Development Goals: Ukraine». URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainy.pdf> (in Ukr).
4. Project of the Sustainable Development Strategy of Ukraine until 2030. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/publications/strategiya-staloho-rozvytku-ukrayiny-do-2030-roku> (in Ukr). (visited 15.01.2024).
5. Sustainable development strategy «Ukraine – 2020». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/5/2015> (in Ukr). (visited 18.01.2024).
6. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. P. 14-35. URL: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/resolution-adopted-by-the-general> (visited 19.01.2024).

CZU: 373.016:5

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p45-49

ASIGURAREA CONTINUITĂȚII ÎN FORMAREA CONCEPTELOR LA STUDIUL ȘTIINȚELOR ÎN ÎNVĂȚĂMÂNTUL GENERAL

ENSURING CONTINUITY IN THE FORMATION OF CONCEPTS IN SCIENCES STUDIES IN GENERAL EDUCATION

Bocancea Viorel, dr., conf. univ.,
UPS „Ion Creangă” din Chișinău

Bocancea Viorel, PhD, Associate professor,
UPS “Ion Creanga” from Chisinau,
ORCID: 0000-0002-7055-678X, bocancea.viorel@upsc.md

Rezumat. Principiul sistematizării și continuității cunoștințelor evidențiază faptul că materia de studio și conținutul disciplinelor de învățământ trebuie să fie structurate în unități de cunoștințe, ordonate din punct de vedere logic, științific și psihopedagogic. Continuitatea presupune succesiunea disciplinelor din planul de învățământ, dar și a conținutului specific fiecărei discipline studiate. La studiul disciplinelor Științe, Fizica, Chimia, Biologia, Geografia are loc formarea principalelor grupuri de concepte. Asigurarea continuității procesului de formare a conceptelor științifice are loc respectând anumite condiții. În articol se propun tehnici de respectare a acestor condiții: harta formării conceptelor și planurile generalizate de studiere a conceptelor. Aceste tehnici permit eludarea conceptelor eronate, care au diverse surse. La conceptele eronate nu se referă nici simplificările admise în redarea conținuturilor. Conform principiului accesibilității, materia de studiu trebuie să corespundă particularităților de vârstă și individuale ale elevilor. În conformitate cu acest principiu, se recomandă accesibilizarea cunoștințelor care presupune selectarea, prelucrarea și adaptarea informațiilor prevăzute în planurile de învățământ și programele școlare.

Cuvinte-cheie: continuitate, concepte științifice, științe, plan generalizat.

Abstract. The principle of systematization and continuity of knowledge highlights the fact that the subject of study, the content of the educational disciplines must be structured in units of knowledge, ordered from a logical, scientific and psycho-pedagogical point of view. When studying the subjects of Science, Physics, Chemistry, Biology, Geography, the formation of the main groups of concepts takes place. Ensuring the continuity of the process of formation of scientific concepts takes place, respecting certain conditions. The article proposes techniques to meet these conditions: concept formation map and generalized concept study plans. These techniques allow to circumvent erroneous concepts, which have various sources. The simplifications allowed in rendering the contents do not refer to erroneous concepts either. According to the principle of accessibility, the study subject must correspond to the age and individual characteristics of the students. In accordance with this principle, it is recommended to make knowledge accessible, which involves the selection, processing, adaptation of the information provided in the education plans and school programs.

Keywords: continuity, scientific concepts, sciences, generalized plan.

Principiul sistematizării și continuității cunoștințelor evidențiază faptul că materia de studiu și conținutul disciplinelor de învățământ trebuie să fie structurate în unități de cunoștințe, ordonate din punct de vedere logic, științific și psihopedagogic, integrate într-un sistem unitar informațional. Continuitatea presupune succesiunea disciplinelor din planul de învățământ, dar și a conținutului specific fiecărei discipline studiate. Un element important al conținuturilor curriculare sunt *conceptele științifice*.

La studiul disciplinelor Științe, Fizica, Chimia, Biologia, Geografia are loc formarea principalelor grupuri de concepte:

- 1) *Formele de structură a materiei* – substanța și câmpul;
- 2) *Proprietățile* corpurilor, substanței și câmpurilor;
- 3) *Fenomenele* (fizice, chimice, biologice);
- 4) *Mărimile* ce caracterizează cantitativ proprietățile corpurilor și a fenomenelor;
- 5) *Aparatele, dispozitivele, utilajele*.

Conceptul științific desemnează o „relație care poate fi regăsită în situații diverse” [1, p. 8].

Formarea conceptelor științifice este un proces, care presupune parcurgerea mai multor „etape:

- percepția inițială a obiectului;
- identificarea principalelor trăsături esențiale ale conceptului, care alcătuiesc *nucleul* conceptului;
- formarea conceptului abstract;
- dezvoltarea conceptului, inclusiv prin identificarea unor noi proprietăți, particularități, conexiuni și relații ale acestui concept cu alte concepte de la aceeași disciplină sau discipline conexe;
- includerea conceptului într-un sistem teoretic de concepte” [2, p. 26 - 27].

Asigurarea continuității procesului de formare a conceptelor științifice are loc:

- printr-o abordare comună în formarea conceptelor specifice disciplinelor conexe;
- respectarea cerințelor unice față de însușirea cunoștințelor și abilităților;
- interpretarea necontradictorie a conceptelor.

Respectarea cerințelor unice față de însușirea cunoștințelor poate fi realizată prin intermediul planurilor generalizate de studiere a fenomenelor, mărimilor, legilor, teoriilor, aparatelor, proceselor tehnologice, elementelor chimice și a substanțelor simple [3, p. 113-116], care reprezintă o formă a generalizării teoretice. De exemplu, la studiul unei legi se propune utilizarea următorului plan generalizat, care răspunde la întrebarea „Ce trebuie să cunoaștem despre o lege?”. Planul generalizat al studierii unei legi include:

- 1) depistarea relațiilor dintre fenomenele sau mărimile exprimate de legea respectivă;
- 2) formularea legii;
- 3) clarificarea cine și când a formulat pentru prima oară legea;
- 4) scrierea expresiei matematice a legii;
- 5) descrierea experimentelor ce confirmă legea;
- 6) luarea în considerare la aplicarea în practică a legii;
- 7) stabilirea domeniului valabilității legii. [4, p. 79]

Aceste planuri orientează elevul la dobândirea independentă a cunoștințelor, deoarece algoritmul, fiind însușit la o disciplină școlară, poate fi aplicat cu succes și la studiul legilor, fenomenelor, mărimilor, teoriilor, aparatelor și proceselor tehnologice la alte discipline școlare, cerințele fiind unificate.

Evidența conexiunilor pluridisciplinare la nivel de conținuturi se realiza în programele școlare [5], prin indicarea unor conținuturi studiate la alte discipline, pe care profesorul ar putea să mizeze la predarea unor teme. De exemplu, studiul structurii substanței la fizică în clasa a 6-a se baza pe cunoștințele, dobândite la Științe, despre:

- dilatarea aerului la încălzire;
- variația volumului apei la încălzire;

- stările de agregare ale substanței.

Studiind presiunea atmosferică la fizică în clasa a 7-a și dependența acesteia de altitudine, se ținea cont de cunoștințele despre atmosferă, studiate la geografie în clasele a 6-a – a 7-a. Procesele de alimentare și respirație a plantelor, studiate la biologie în clasa a 6-a, erau reactualizate la studiul difuziunii în cursul de fizică (clasa a 7-a). Printre avantajele acestei evidențe se pot menționa:

- formarea conceptelor în baza cunoștințelor deja studiate;
- excluderea studierii repetate a acelorași conținuturi;
- excluderea interpretărilor contradictorii.

Una din tehnicile care asigură această evidență este harta formării conceptelor, reprezentat printr-un tabel bidimensional (Tabelul 1), în care se includ conceptele studiate la disciplinele conexe.

Tabelul 1. Harta formării conceptelor în ciclul gimnazial

Clasa	Științe	Geografie	Fizică	Biologie	Chimie
5					
6					
7					
8					
9					

Această tehnică permite profesorilor de la aceste discipline să consulte temele din manuale, studiate în clasele precedente, care au tangență cu tema nouă. În cazul când se constată că aceleași concepte se studiază la discipline diferite în același clasă, se completează tabelul 2, în care se indică săptămâna, în care se studiază acest conținut, conform proiectării de lungă durată.

Tabelul 2. Harta formării conceptelor în anul de studii

Săptămâna	Științe	Geografie	Fizică	Biologie	Chimie
1					
...					
34					

Această tehnică permite și eludarea conceptelor eronate - concepte cărora li se atribuie un conținut incorect. Acestea sunt considerate piedici majore în însușirea modelului disciplinei. Conceptele eronate au surse variate de proveniență. Raportate la procesul de învățământ exercitat în școală, acestea pot fi:

- externe;
- interne.

Printre sursele externe ale conceptelor eronate se regăsesc *noțiunile preconcepute* – concepte din popor, devenite cutume, datorită experienței de fiecare zi. De exemplu, greutatea măsurată în kilograme, inclusiv la științe și biologie. Tot la sursele externe se referă *neînțelegerile conceptuale de limbaj*, datorate utilizării unor cuvinte care au un înțeles în vorbirea de zi cu zi și alt sens în contextul științific. De exemplu, lucrul (muncă, inclusiv cea intelectuală) și lucrul mecanic, care poate fi nul în lipsa deplasării, chiar dacă forța acționează. O altă sursă externă de concepte eronate este mass-media (ziarele, revistele, TV, internetul, cinematografia etc.), care adesea, în goană după senzațional, introduce concepte eronate.

Printre *sursele interne* pot fi menționate *profesorul* (în cazul când explicațiile lui sunt prea lejere) și *manualele* (în cazul când autorul, fiind elev, a întâlnit eroarea în cărțile după care a învățat). Exemplu: Numărul Avogadro, care de fapt este o constantă, (are unitate de măsură) sau numărul lui Faraday. Cazul traducerii aproximative sau calchierea, la fel, reprezintă o sursă internă de concepte eronate. Exemplu: „inertitatea” – proprietate a corpului (de la „инертность”). La conceptele eronate nu se referă abordările diferite, întâlnite la diferiți autori. De exemplu, diferențierea conceptelor Forța de greutate și Ponderea (Greutatea). Aceasta are loc din cauza studiului imponderabilității. Însă alegerea abordării trebuie să fie argumentată și/sau validată experimental! La conceptele eronate nu se referă conceptele cu denumiri duble. De exemplu, *constanta elastică* (numită și *rigiditate*) sau *rezistența specifică* (numită și rezistivitate), etc. La conceptele eronate nu se referă nici simplificările admise în redarea conținuturilor. În predarea disciplinelor școlare nu se învață concepte „în stare pură, ci conținuturi transformate în funcție de logica conceptuală, proiectul didactic și constrângerile didactice (capacitățile elevilor de asimilare a cunoștințelor, timpul învățării, etc.) Transformarea pe care le suferă în școală conținuturile științifice savante nu trebuie interpretate ca o degradare a cunoașterii, ci ca o necesitate constructivă” [1, p. 13]. Acest proces, numit transpoziție didactică, este în concordanță cu principiul accesibilității. În conformitate cu acest principiu se recomandă accesibilizarea cunoștințelor care presupune selectarea, prelucrarea, adaptarea informațiilor prevăzute în planurile de învățământ și programele școlare.

Concluzii

În practica educațională, evidența formării conceptelor la diferite discipline este lăsată, de regulă, la discreția profesorilor. Curricula și ghidul de implementare nu conțin indicații despre cunoștințele conexe (legile, fenomenele, mărimile, teoriile, aparatele, procesele tehnologice), studiate la alte discipline.

Toate disciplinele care studiază fenomenele naturii (fizica, chimia, biologia, științele, geografia) își propun formarea conceptelor, unele fiind comune (energia, substanța, etc.), însă nu întotdeauna există o continuitate în formarea conceptelor specifice științelor.

Conținutul unor noțiuni comune ar putea să difere de la o disciplină la alta, având uneori interpretări contradictorii.

Recomandări

La elaborarea ediției a 5-a a Curriculei disciplinelor școlare (fizica, chimia, biologia, științele, geografia) de unificat conținutul conceptelor comune. La ediția viitoare a curriculei se recomandă o conlucrare mai eficientă între grupurile de lucru la crearea hărții formării conceptelor.

De convenit asupra unui plan de formare a conceptelor științifice, prin stabilirea contribuției fiecărei discipline la formarea acestora, respectând principiul continuității.

Includerea în curricula pentru învățământul general a indicațiilor metodice, privitor la conceptele formate deja la celelalte discipline.

Bibliografie

1. CĂLȚUN O. Didactica fizicii. Iași, Editura Universității "A.I.Cuza", 2002.
2. BOCANCEA, V. Exemplu de transpunere în practică a modelului învățării experiențiale la fizică. În: Materialele Conferinței Republicane a Cadrelor Didactice. Metodologii de învățare eficientă în contextul noilor provocări societale. Vol. 6, 27-28 februarie 2021, Chișinău, Republica Moldova: Tipografia Universității de Stat din Tiraspol, 2021. pp 26-29. ISBN 978-9975-76-323-3.
3. УСОБА А. В. Теория и методика обучения физики. Общие вопросы. Санкт-Петербург, Медуза, 2002.
4. Fizică: Curriculum național: clasele 6-9: Curriculum disciplinar: Ghid de implementare / Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova ; coordonatori: Angela Cutasevici, Valentin Crudu, Victor Păgănu ; grupul de lucru: Viorel Bocancea (coordonator) [et al.]. – Chișinău: Lyceum, 2020 (F.E.-P. "Tipografia Centrală"). – 108 p.
5. Физика. Астрономия. Программы средней общеобразовательной школы. - М.: Просвещение 1990.

**REALIZĂRI ACTUALE ALE CHIMIEI
ȘI PROTECȚIA MEDIULUI**

**CURRENT ACHIEVEMENTS
IN CHEMISTRY
AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**

CZU: 577.1

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p51-56

STUDIUL ENERGETIC AL TRANSFERULUI DE PROTONI ÎN MOLECULA DE URACIL

THEORETICAL STUDY OF PROTON TRANSFER IN THE URACIL MOLECULE

Arsene Ion, dr., conf. univ. UPS „Ion Creangă”
din Chişinău, Institutul de Chimie, Chişinău
Purcel Viorica, student UPS „Ion Creangă” din Chişinău

Arsene Ion, PhD, associate professor UPS “Ion Creanga”
from Chisinau Institute of Chemistry, Chisinau
ORCID: 0000-0003-3102-3507, arsene.ion@upsc.md
Purcel Viorica, student UPS “Ion Creanga” from Chisinau
ORCID: 0000-0002-2785-6277

Rezumat. În această lucrare s-a studiat mecanismele posibile de migrare a protonului în procesul de tautomerizare a bazei azotate uracil. Au fost identificate şi studiate 3 posibilităţi de iniţiere a transferului de proton, cu studierea energiei de stabilizare a 5 izomeri. Folosind calcule DFT, s-a demonstrat că se poate controla energia de tautomerizare şi, respectiv, bariera de reacţie a fiecărui mecanism în parte. Energia de activare pentru toate mecanismele de transfer de proton variază în limitele 42,86 şi 56,48 kcal/mol. Structura moleculară cu o stabilitate mai mare este forma canonică, prezentă în ARN, urmată de formele tautomerice studiate.

Cuvinte-cheie. Bază azotată pirimidinică, transfer de protoni, calcule DFT, stare de tranziţie, stabilitate energetică.

Abstract. In this work, the possible mechanisms of proton migration in the process of tautomerization of the nitrogenous base uracil were studied. 3 possibilities for proton transfer initiation were identified and studied, with the stabilization energy of 5 isomers studied. Using DFT calculations it was demonstrated that it is possible to control the tautomerization energy and the reaction barrier of each individual mechanism. The activation energy for all proton transfer mechanisms varies between 42.86 and 56.48 kcal/mol. The molecular structure with greater stability is the canonical form, present in RNA, followed by the studied tautomeric forms.

Keywords. Pyrimidine nitrogen base, proton transfer, DFT calculations, transition state, energy stability.

Introducere

Uracilul, o bază pirimidinică, este un component esenţial al nucleotidelor şi formează perechi cu adenina (A-U) în structura ARN. Aceste perechi, cunoscute sub numele de baze Watson-Crick, sunt legate prin două legături de hidrogen şi joacă un rol crucial în păstrarea codului genetic. Înlocuirea uracilului cu o altă bază poate rezulta într-un cod genetic eronat. În plus, uracilul face parte din structura anumitor enzime şi medicamente, contribuind semnificativ la funcţionarea lor.

Tautomerismul ceto-enolic reprezintă un fenomen comun, observat la diverşi compuşi organici. Acest proces implică interconversia între două forme izomerice ale unei molecule: forma ceto (care conţine o grupare carbonil, cum ar fi o cetonă sau o aldehidă) şi forma enol (care conţine o dublă legătură şi o grupare hidroxil). Aceste forme sunt denumite tautomeri şi sunt în echilibru chimic unul cu celălalt.

Se știe că uracilul poate avea diverse forme tautomere [1], dar forma sa predominantă în structura dublului helix este cea Ceto [2]. În studiile citate [3, 1], autorii explorează diferite forme tautomere ale uracilului care formează perechi de baze, acestea fiind identificate ca surse potențiale de mutații genetice.

Autorii [4], utilizând metode teoretice pentru a studia tautomerii bazei azotate guanina, sugerează patru mecanisme potențiale pentru transformarea tautomerică a guaninei, un component al acidului dezoxiribonucleic (ADN). În același studiu, a fost analizată stabilitatea diferitelor conformeri ai guaninei și a fost identificat izomerul cu cea mai mare stabilitate energetică, acesta fiind forma canonică a guaninei prezentă în ADN.

Metode și programe aplicate

Există mai multe proceduri de calcul pentru realizarea și explicarea echilibrelor tautomerice. Având în vedere numărul enorm de funcționalități disponibile, predicția tautomeriei prin intermediul chimiei cuantice depinde de Teoria Funcționalei de Densitate (DFT) [5], cu funcționala hibridă de schimb-corelație B3LYP (Becke cu corelația funcțională a trei parametri: Lee, Yang și Parr), care este implementată în programul modern de calcul GAUSSIAN 09 [6]. Toți parametrii geometrici au fost optimizați fără existența unor constrângeri definite de simetrie asupra structurilor moleculare.

Rezultate și discuții

Metodele contemporane de calcul molecular sunt utilizate în chimia computațională, în designul medicamentelor, în știința materialelor și ajută la studiul sistemelor moleculare, începând cu sistemele chimice mici și până la moleculele biologice de dimensiuni mari. Aceste metode sunt esențiale pentru a investiga proprietățile și comportamentul moleculelor într-un mod detaliat și precis

Tautomerismul lactam-lactim este un tip de tautomerism amido-imidol. Lactim este un compus organic dintr-o clasă de hidroxi-imide ciclice care prezintă tautomerie cu lactamele care sunt amide ciclice – analogi de azot ai Lactonelor. Acest tip de tautomerism apare atunci când hidrogenul se transferă între oxigen și azot. Astfel de tautomerie este reprezentativă și pentru baza azotată pirimidinică, uracil (Figura 1)

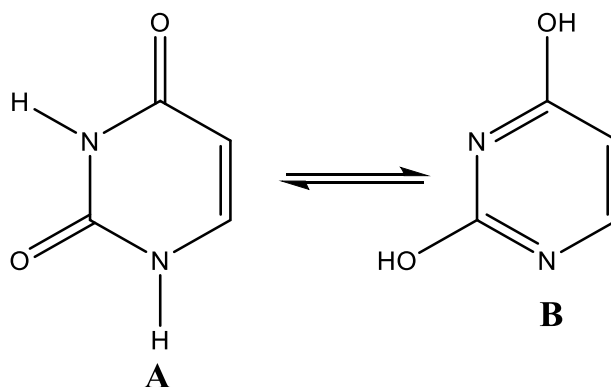


**Fig. 1. Forma tautomeră lactamă (A) și formna tautomeră lactimă (B)
a bazei azotate pirimidinice uracil**

Dintre toate formele tautomerice posibile ale nucleobazelor canonice, formele ceto și amino predomină în condiții fiziologice și, prin urmare, sunt considerate tautomeri „majori”. Formele imino- și enol sunt considerate tautomeri „minori” și sunt, de obicei, foarte rare.

Scopul lucrării constă în studiul energetic asupra transferului de proton în molecula bazei azotate uracil și formele sale tautomerice, determinarea energiei de activare a fiecărei etape de transfer, indentificarea tautomerului cu cea mai mare stabilitate energetică.

În Figura 2 este reprezentată schema procesului tautomeric ceto-enolic (lactam-lactim), care pornește de la forma canonică a bazei azotate pirimidinice uracil, notată convențional cu litera (R).

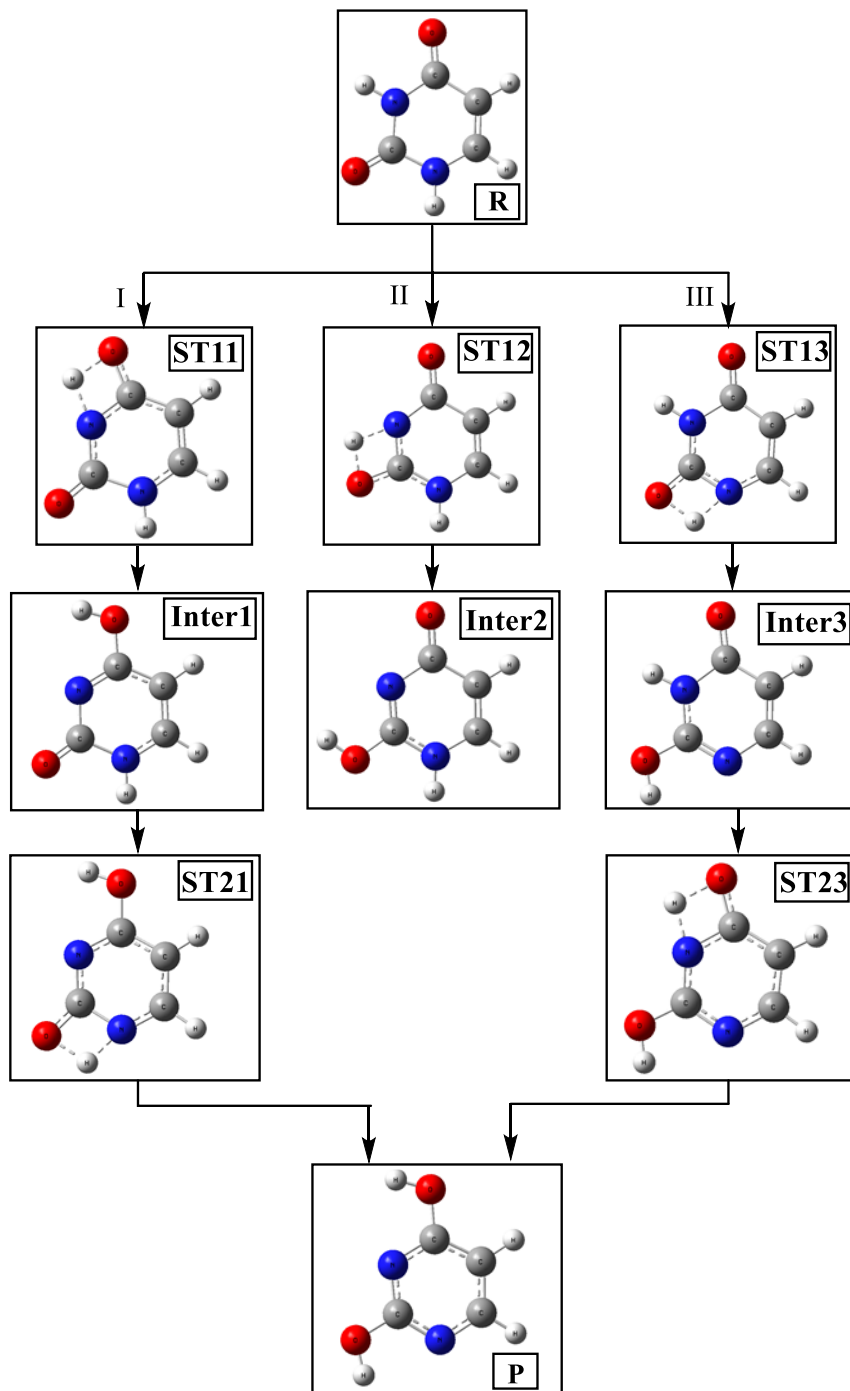


Fig. 2. Reprezentare schematică a posibilităților de transfer de proton în molecula de bază azotată uracil

Conform schemei, s-au stabilit trei posibilități inițiale de transfer de proton, unde I-a și a III-a cale duc la unul și același produs final. Prima cale este caracterizată prin transferul atomului de hidrogen de la azotul din poziția 3 la oxigenul grupării carbonil din poziția 4 (Figura 3).

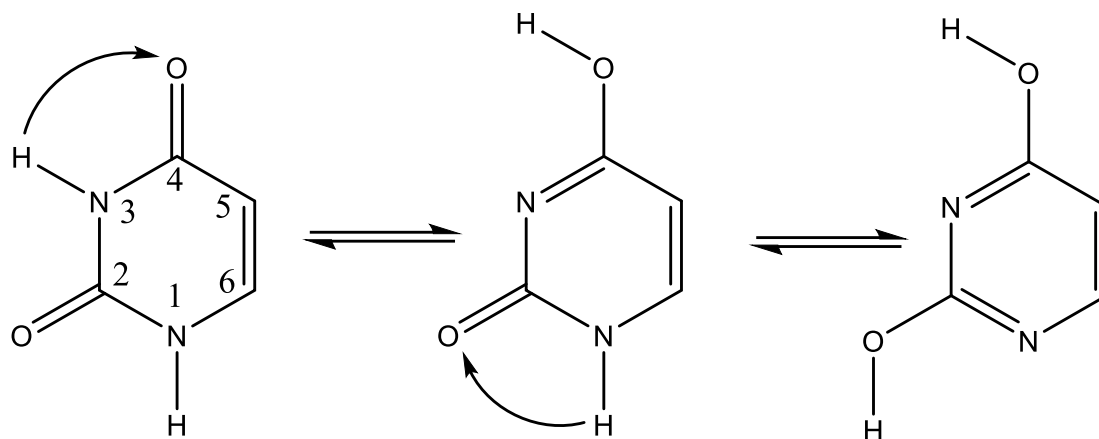


Fig. 3. Primul mecanism de transformare tautomerică

Studiind datele energetice ale acestui proces tautomic (Figura 4), s-a determinat energia de activare, egală cu 49,45 kcal/mol, s-a localizat un punct de minim local (ST11), caracterizat printr-o singură frecvență vibrațională de $-1838,23 \text{ cm}^{-1}$ și s-a obținut un intermediar cu energia de stabilizare de 30,44 kcal/mol. Procesul finalizează cu formarea unui compus stabil energetic de forma lactim, pirimidină-2,4-diol (P), cu o energie de stabilizare de 35,26 kcal/mol, obținut la trecerea printr-o stare de tranziție (ST21), cu o energie de activare de 42,86 kcal/mol și o frecvență vibrațională de $-1837,20 \text{ cm}^{-1}$.

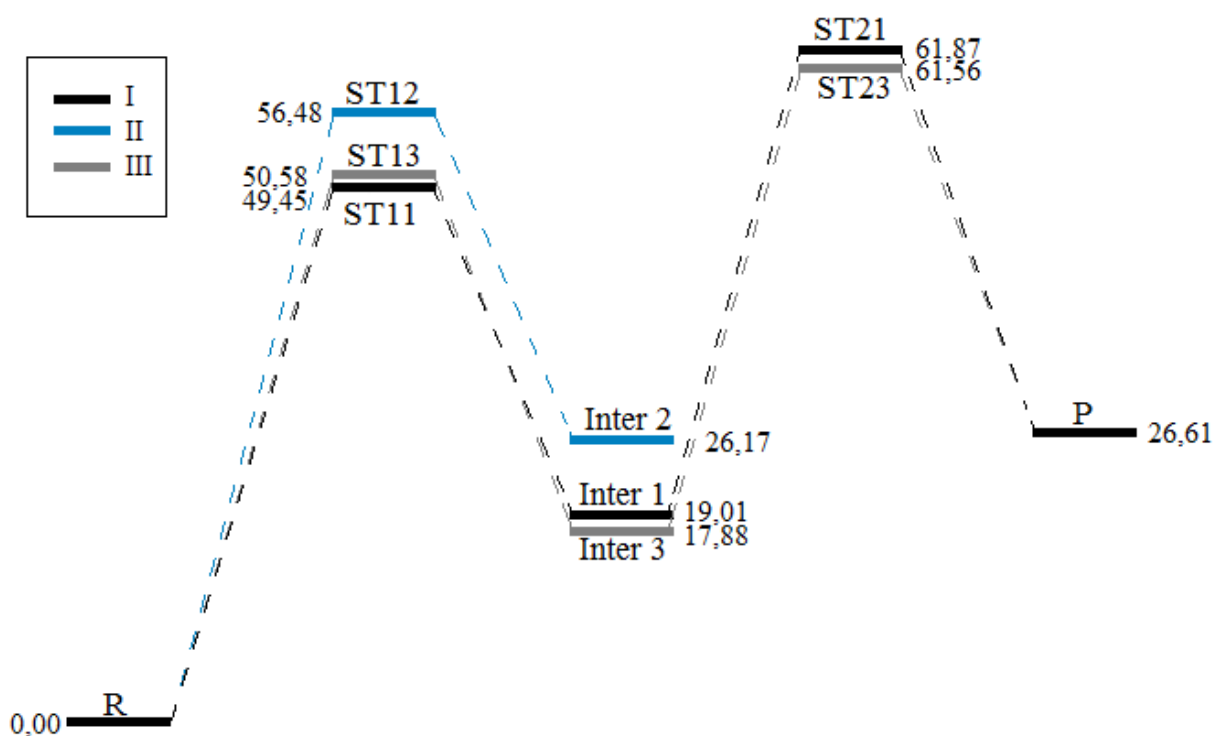


Fig. 4. Profilul energetic al procesului de transformare a formelor tautomere posibile ale bazei uracil

La etapa a doua are loc migrarea atomului de hidrogen de la N3 către oxigenul grupei carbonil C2 conform schemei din Figura 5, având loc transformarea ceto-enolică (3-2).

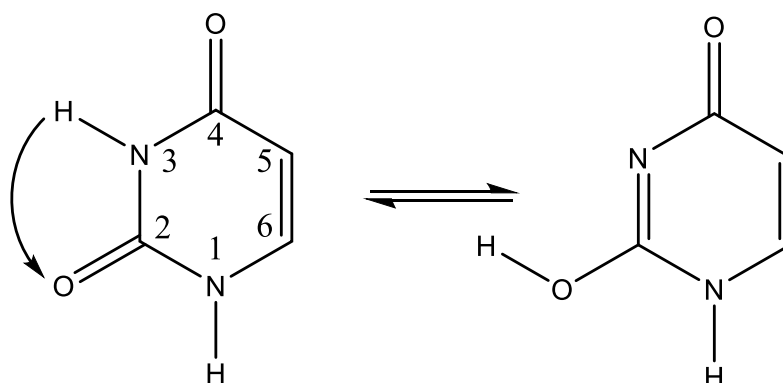


Fig. 5. A doua cale de transfer al protonului de la N3 către oxigenul grupării carbonil din poziția 2

Această etapă finalizează cu obținerea unui singur tautomer (Inter 2) cu o energie de stabilizare de 26,17 kcal/mol, bariera energetică a stării de tranziție identificată la această etapă este mai mare în comparație cu etapa precedentă și are o valoare de 56,48 kcal/mol.

O altă consecutivitate a transferului de protoni în molecula de uracil este atunci când la prima etapă are loc mai întâi transferul hidrogenului de la N1 la oxigenul legat de C2 și apoi transferul hidrogenului de la N3 la oxigenul legat de C4.

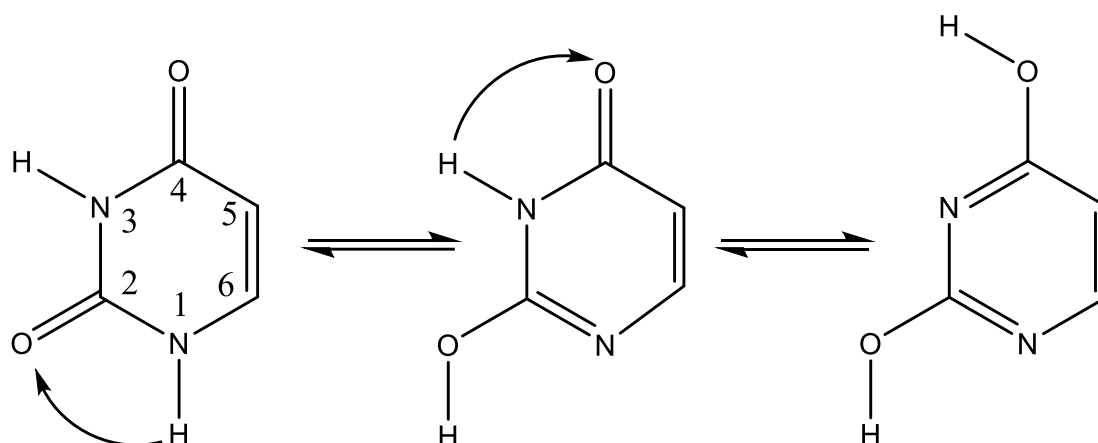


Fig. 6. A treia cale de transfer al protonului în molecula de uracil

Migrarea atomului de hidrogen de la N1 la gruparea carbonil C2 duce la obținerea unui tautomer (Inter 3), cu energia de stabilitate de 30,31 kcal/mol. Starea de tranziție, ST13, se distinge prin prezența unei singure frecvențe vibraționale, având valoarea de $-1833,03 \text{ cm}^{-1}$. Activarea acestei etape necesită o energie de activare de 50,58 kcal/mol. Al doilea transfer al protonului de asemenea este însoțit de o stare de tranziție ST23, cu energia de activare de 43,68 kcal/mol și frecvența imaginară $-1830,81 \text{ cm}^{-1}$.

Procesul tautomeric continuă până când obținem un produs final enolic stabil, pirimidină-2,4-diol (P), comun, așa cum este reprezentat în Figura 4.

Concluzii

Tautomerismul este un proces care demonstrează dinamica subtilă a compușilor organici și modul în care aceștia pot exista în mai multe forme izomerice simultan. Pentru studierea acestui

fenomen și echilibrele energetice dintre formele tautomerice ale uracilului s-a utilizat setul de programe moderne GAUSSIAN, folosind metoda DFT. S-au determinat 3 posibilități de transformare tautomerică și s-a analizat stabilitatea energetică a 5 forme conformere ce reiese din baza azotată uracil. Analizând datele energetice, formă moleculară cu o stabilitate mai mare este însăși forma canonică prezentă în ARN, urmată de formele tautomerice $\text{Inter } 3 > \text{Inter } 1 > \text{Inter } 2 > \text{P}$ cu următorul spectru de energie: $17,88 \text{ kcal/mol} > 19,01 \text{ kcal/mol} > 26,17 \text{ kcal/mol} > 26,60 \text{ kcal/mol}$.

Bibliografie

1. WATSON, J., CRICK, F. Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*, 1953, 171, p. 737–738. <https://doi.org/10.1038/171737a0>
2. TOPAL, M., FRESCO, J. Complementary base pairing and the origin of substitution mutations. *Nature*, 1976, 263, p. 285–289. <https://doi.org/10.1038/263285a0>
3. SHI, K.; WAHL, M.; SUNDARALINGAM, M. Crystal structure of an RNA duplex $r(\text{GGGCGCUCC})_2$ with non-adjacent G{middle dot}U base pairs. *Nucleic Acids Research*, 1999, 27(10), p. 2196–2201. <https://doi:10.1093/nar/27.10.2196>
4. ARSENE, I., COROPCEANU, E., ALUCHI, N. Investigații teoretice a stabilității energetice a guaninei în cadrul orelor de Chimie și Biologie. In: *Materialele Conferinței Republicane a Cadrelor Didactice: Didactica științelor naturii*, 27-28 februarie 2021, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tipografia Universității de Stat din Tiraspol, 2021, 2, p. 133-138. ISBN 978-9975-76-319-6.
5. BECKE, A. Density-functional thermochemistry. III. The role of exact exchange. In: *J. Chem. Phys.* 1993, 98, p. 5648-5652.
6. STEPHENS, P. et al. Ab Initio Calculation of Vibrational Absorption and Circular Dichroism Spectra Using Density Functional Force Fields. *J. Phys. Chem.* 1994, 98, p. 11623-11627.

CZU: 663.6

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p57-61

FORTIFICAREA CU CALCIU A ÎNGHEȚATEI DIN LAPTE

CALCIUM ENRICHMENT OF ICE-CREAM MADE WITH MILK

*Băbăruș Ioana, studentă anul IV, Universitatea de Medicină și Farmacie
"Grigore T. Popa" Iași (România),*

*Lungu Ionuț-Iulian, Asist.Univ., Universitatea de Medicină și Farmacie
"Grigore T. Popa" Iași (România),*

*Ștefanache Alina, Dr., Conf. Univ., Universitatea de Medicină și Farmacie
"Grigore T. Popa" Iași (România),*

*Băbăruș Ioana, 4th year student, University of Medicine and Pharmacy
"Grigore T. Popa", Iasi (Romania),*

ORCID: 0009-0002-1727-7252, ioanababarus@yahoo.com

*Lungu Ionuț-Iulian, Assist. Prof., University of Medicine and Pharmacy
"Grigore T. Popa", Iasi (Romania)*

ORCID: 0009-0005-4803-3746

*Ștefanache Alina, PhD, Assoc. Prof., University of Medicine and Pharmacy
"Grigore T. Popa", Iasi (Romania),*

ORCID: 0009-0006-6604-0453

Rezumat: *Provocarea pentru producătorii de alimente este de a oferi un produs cu mare conținut de calciu fără a sacrifica calitatea produsului în raport cu beneficiile acestuia pentru sănătate. Produsele lactate sunt o sursă excelentă de calciu alimentar, care poate fi îmbogățit în continuare cu săruri de calciu pentru a obține mai mult aport de calciu pe porție. În acest studiu, am decis să investigăm posibilitatea utilizării laptelui de oaie pentru producerea de înghețată și evaluarea proprietăților chimice, fizice și organoleptice ale înghețatei în timpul depozitării. A rezultat înlocuirea inulinei cu fibre de coajă de portocală în cel de-al doilea lot, cu scopul de a reduce duritatea înghețatei în comparație cu înghețata care conține doar inulină. Mai mult, s-a descoperit că înghețata cu inulină se caracterizează printr-un gust mai dulce decât înghețata cu fibre de coajă de portocală. Adăugarea de fibre de coajă de portocală a sporit favorabil aroma. Prin urmare, laptele de oaie incorporat împreună cu fibrele de coajă de portocală ar putea fi folosit cu succes pentru producerea de înghețată cu un număr redus de calorii și cu un conținut bogat de calciu. Procentul de recuperare a calciului din înghețata îmbogățită a fost realizat cu Spectrometria de Absorbție Atomică.*

Cuvinte cheie: *calciu, înghețată, fortificare, inulină, textură*

Abstract: *The challenge for food manufacturers is to provide a product with a high calcium content without sacrificing the quality of the product in relation to its health benefits. Dairy products are an excellent source of dietary calcium, which can be further fortified with calcium salts to achieve more calcium intake per serving. In this study, we decided to investigate the possibility of using sheep's milk for the production of ice cream and to evaluate the chemical, physical and organoleptic properties of this ice cream during storage. It resulted in the replacement of inulin with orange peel fibers in the second batch in order to reduce the hardness of the ice cream compared to the ice cream containing only inulin. Furthermore, ice cream with inulin was found to taste sweeter than ice cream which contains orange peel fiber. The addition of orange peel fiber favorably enhanced the flavor. Therefore, sheep's milk incorporated together with orange peel fibers could be successfully used to produce ice cream with a reduced number of calories and a rich calcium content. The calcium recovery percentage from the enriched ice cream was performed with Atomic Absorption Spectrometry.*

Keywords: *calcium, ice cream, enrichment, inulin, texture*

Introducere

Calciul, cel mai abundant mineral din corpul uman, reprezintă un nutrient primordial, necesar pentru funcțiile biologice critice, precum contracția musculară, transmiterea impulsului prin fibrele nervoase, eliberarea de hormoni și neurotransmițători, coagularea sângelui, transportul substanțelor prin membranele celulare și suport structural al scheletului [3, p.114].

Aportul adecvat de calciu reduce riscul de boli cronice cum ar fi osteoporoza, hipertensiunea arterială, cancerul mamar, calculii renali, sindromul de ovar polichistic și cancer ovarian [3, p.114]. Din păcate, schimbările în alegerile alimentare, înlocuirea alimentelor sănătoase cu cele procesate, au condus la un aport de calciu al multor grupuri de populație sub valorile de referință dietetice.

Alimentele sunt rareori îmbogățite cu calciu în România, așadar studiul nostru s-a bazat pe incorporarea citratului de calciu într-un aliment de consum mare în țara noastră, și anume, înghețata, o sare a calciului cunoscută în general pentru acceptabilitatea senzorială, textura fină și reținerea rapidă a acesteia în produsul finit. Am conceput o formulă de înghețată fortificată cu calciu, care să aibă un conținut mai mic de grăsimi decât înghețata obișnuită, realizată cu lapte de oaie, și ar putea oferi o sursă utilă de calciu alimentar suplimentar. Laptele de oaie se caracterizează printr-un conținut mai mare de solide totale, comparativ cu laptele de vacă și cel de capră. În plus, laptele de oaie se caracterizează printr-un conținut ridicat de micro și macroelemente, vitamine, proteine și grăsimi [4, p.70]. Conținutul proteic al laptelui crud diferă în funcție de specie, iar laptele crud de oaie are un conținut de proteine de aproximativ 5,5% [6, p.7].

De asemenea, s-au realizat două loturi de înghețată: unul care să conțină inulină, iar celălalt – fibră din coajă de portocală, pentru a se analiza schimbările care pot apărea la nivel de gust și duritate. Substituția de grăsime din lapte de oaie prin prebiotice (inulină, fructo-oligozaharidă, galacto-oligozaharidă, polidextroză) în înghețată reprezintă o modalitate facilă de a dezvolta o înghețată cu o valoare calorică scăzută [2, p.31].

Înghețata este un desert lactat congelat, consumat de toate categoriile de vârstă, în majoritatea țărilor din lume. Este un coloid înghețat complex, care constă dintr-o fază apoasă continuă cu picături de grăsime, gheață sub formă de cristale și aer, încât proteinele, lactoza și mineralele sunt dispersate în fază apoasă [5, p.10031].

Cea mai mare parte a absorbției de calciu (90%) are loc în intestinul subțire, astfel calciul trebuie să fie în forma sa ionizată sau legat de o moleculă organică solubilă pentru a traversa peretele intestinal, încât citratul de calciu reprezintă o sursă viabilă pentru introducerea acestuia în formularea înghețatei.

Prepararea produsului s-a bazat pe un amestec format din 81% lapte de oaie (proaspăt recoltat de la o fermă din Iași, România), substanțe solide din lapte fără grăsimi (zer praf, România), 10% maltitol (Franța), 4% inulină (Spania), 0,53% stabilizator de înghețată (România), 0,39% pudră de vanilie (Italia) și citrat de calciu în concentrație de 90 mgL^{-1} pentru un lot, iar celălalt lot a fost format din 81% lapte de oaie (proaspăt recoltat de la o fermă din Iași, România), substanțe solide din lapte fără grăsimi (zer praf, România), 12% maltitol (Franța), 1% fibră din coajă de portocală (Italia), 0,53% stabilizator de înghețată (România), 0,79% pudră de cacao (Italia) și citrat de calciu în concentrație de 90 mgL^{-1} . Amestecul realizat a fost supus pasteurizării la 85°C timp de 30 de minute pe baie de apă, s-a omogenizat, apoi s-a supus congelării la o temperatură de -6°C și ulterior întărit la -33°C .

Calciul sub formă de citrat de calciu a fost suplimentat la trei dozaje diferite, și anume, 500 mg, 1000 mg și 1500 mg într-un litru de amestec de înghețată. Probele de înghețată îmbogățite au fost supuse evaluării senzoriale, folosind scala hedonică. În plus, atributele senzoriale ale înghețatei îmbogățite cu calciu au fost analizate cu profilul texturii, iar procentul de recuperare a calciului din înghețata îmbogățită a fost obținut cu ajutorul Spectrometriei de Absorbție Atomică (SAA) [3, p.114].

Parametri analizați

Vâscozitatea probelor

Probele au fost transferate cu 24 de ore înainte de testare de la -33°C la -18°C , iar în momentul începerii testării, aproximativ 2.5 centimetri din stratul de suprafață al probei a fost îndepărtat cu un cuțit și supus imediat testării. Vâscozitatea probelor de înghețată a fost determinată folosind un vâscozimetru, cu o viteză de forfecare de $2,35\text{ s}^{-1}$ și 10–100% cuplu.

Testul de fermitate

Analizorul de textură a fost folosit pentru a măsura fermitatea ambelor loturi preparate. Probele au fost transferate cu 24 de ore înainte de testare de la -33°C la -18°C . Pentru fiecare lot, au fost efectuate câte patru măsurători cu ajutorul unei sonde cilindrice cu diametrul de 13 mm. Viteza de penetrare a sondei în înghețată a fost stabilită la 60 mm/min, iar penetrarea de adâncimea a fost de 20 mm.

Caracteristici de topire

Comportamentul la topire a fost măsurat prin calculul primului timp de picurare și viteza de topire. Cu o zi înainte de testare, mostrele au fost transferate într-un congelator la -18°C și lăsate peste noapte. Aproximativ 150 g din fiecare probă (130 mgL^{-1}) au fost puse pe cablu ecranat și lăsat să se topească la temperatura ambiantă de 22°C . Timpul necesar pentru apariția primei picături și greutatea înghețatei care a trecut prin ecran a fost înregistrată la intervale de 5 minute pentru o durată de o oră.

Culoarea

Culoarea înghețatei a fost măsurată cu un colorimetru precis, fiind urmăriti parametrii precum: l - luminozitatea înghețatei (0-negru, 100-alb), a^* ($-a^* \rightarrow$ nuanțe de roșu, $+a^* \rightarrow$ nuanțe de verde), b^* ($-b^* \rightarrow$ nuanțe de galben, $+b^* \rightarrow$ nuanțe de albastru), C-saturația și puritatea culorii [5, p.10029].

Rezultate și discuții

Adăugarea de săruri de calciu a avut un efect semnificativ asupra creșterii vâscozității ($p \leq 0,05$). Proba de control a arătat cea mai scăzută vâscozitate și nu a avut a diferență semnificativă comparată cu vâscozitatea citratului de calciu, fortificată în probele de înghețată. Creșterea vâscozității în unele probe fortificate se poate datora modificării vâscozității fazei serice sau a structurii micelilor de cazeină chiar și la temperaturi relativ scăzute. [5, p.10029]

Înlocuirea inulinei cu fibre de coajă de portocală în cel de-al doilea lot a redus duritatea înghețatei în comparație cu înghețata care conține doar inulină. Mai mult, înghețata cu inulină se caracterizează printr-un gust mai dulce decât înghețata cu fibre de coajă de portocală.

Topirea înghețatei implică atât transfer de căldură, cât și transfer de masă. Pătrunderea căldurii din exterior spre interiorul înghețatei determină topirea cristalelor de gheață, prezentând o rezistență la topire pentru 18 minute, timp care nu afectează determinările, având în vedere că efectul de topire pentru înghețata standard, luat în considerare, este de 31 de minute [7, p.1732]. O explicație a acestui fenomen stă în folosirea citratului de calciu în formulare datorită creșterii micro-vâscozității serului și, prin urmare, este nevoie de un timp mai ridicat pentru ca apa să fie difuzată în faza serică concentrată înainte de a începe să curgă din interior spre exteriorul înghețatei. De asemenea, stabilizatorii din amestecul de înghețată au un rol semnificativ în a lega moleculele de apă și, prin urmare, pot întârzia topirea.

Procentul de recuperare a calciului din înghețata îmbogățită a fost obținut cu ajutorul Spectrometriei de Absorbție Atomică (SAA), conform Tabelelor 1 și 2, încât se observă că există un ușor avantaj în înghețata ce conține citrat de calciu și fibre din coajă de portocală.

Tabel 1. Recuperarea calciului din înghețata ce conține citrat de calciu și inulină, folosind SAA

Parametri	T ₁	T ₂	T ₃
Cantitatea de citrat de calciu reținută de înghețată	3578.15±22.14	3834.27±17.09	4132.76±28.93
Procentul de recuperare în înghețata îmbogățită cu citrat de calciu	81.43	77.38	72.86

T₁- Tratarea înghețatei cu 500 mg/L citrat de calciu; T₂- Tratarea înghețatei cu 1000 mg/L citrat de calciu; T₃- Tratarea înghețatei cu 1500 mg/L citrat de calciu; n=4 probe pentru fiecare concentrație

Tabel 2. Recuperarea calciului din înghețata ce conține citrat de calciu și fibre din coajă de portocală, folosind SAA

Parametri	T ₁	T ₂	T ₃
Cantitatea de citrat de calciu reținută de înghețată	3756.63±29.44	3946.85±22.34	4342.99±27.87
Procentul de recuperare în înghețata îmbogățită cu citrat de calciu	83.41	80.34	76.11

T₁- Tratarea înghețatei cu 500 mg/L citrat de calciu; T₂- Tratarea înghețatei cu 1000 mg/L citrat de calciu; T₃- Tratarea înghețatei cu 1500 mg/L citrat de calciu; n=4 probe pentru fiecare concentrație

Concluzii

Această înghețată îmbogățită cu citrat de calciu ar putea fi o sursă sănătoasă și ușor de ingerat, în calități moderate, pentru abordarea deficitului de calciu de către toate categoriile de vârstă.

Înlocuirea inulinei cu fibre de coajă de protocolă a contribuit la micșorarea timpului de scurgere a primei picături și, totodată, la scurtarea timpului total de topire. Înlocuirea inulinei cu fibrele de coajă de protocolă este, de asemenea, o modalitate de a reduce costurile de producție,

Studiul realizat susține că mineralul cel mai abundent din corpul uman, calciul, ar putea fi îmbogățit în amestec de înghețată la o doză de 500 mg/ L, deoarece ar avea o mai bună acceptabilitate și, astfel, contracarează deficiența de calciu.

Bibliografie

1. AKBARI, M.; ESKANDARI, M.H.; NIAKOSARI, M.; BEDELTAVANA, A. The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *Int. Dairy J.* 2016, 57, p. 52–55.
2. DE PAULO FARIAS, D.; DE ARAÚJO, F.F.; NERI-NUMA, I.A.; PASTORE, G.M. Prebiotics: Trends in food, health and technological applications. *Trends Food Sci. Technol.* 2019, 93, p. 23–35.
3. KAZI, A.M. Mineral analysis of milk through atomic absorption spectroscopy and their biological role in human life. *Int'l Journal of Advances in Chemical Engg., & Biological Sci.* 2015, 2, p. 113–115.
4. KOWALCZYK, M.; ZNAMIROWSKA, A.; PAWLOS, M.; BUNIOWSKA, M. The Use of Olkuska Sheep Milk for the Production of Symbiotic Dairy Ice Cream. *Animals* 2022, 12, p. 70.
5. MENESES, R.B.; SILVA, M.S.; MONTEIRO, M.L.G.; ROCHA-LEÃO, M.H.M.; CONTE-JUNIOR, C.A. Effect of dairy by-products as milk replacers on quality attributes of ice cream. *J. Dairy Sci.* 2020, 103, p. 10022–10035.
6. MOHAPATRA, A.; SHINDE, A.K.; SINGH, R. Sheep milk: A pertinent functional food. *Small Rumin. Res.* 2019, 181, p. 6–11.
7. PINTOR, A.; ESCALONA, H.B.; TOTOSAUS, A. Effect of inulin on melting and textural properties of low-fat and sugar reduced ice cream: Optimization via a response surface methodology. *Int. Food Res. J.* 2017, 24, p. 1728–1734.

CZU: 544.142.3

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p62-67

SINTEZA, STRUCTURA ȘI ANALIZA SUPRAFEȚEI HIRSHFELD A COMPUSULUI COORDINATIV DE PIVALAT DE Co(II) CU 1,10-FENANTROLINĂ

SYNTHESIS, STRUCTURE AND HIRSHFELD SURFACE ANALYSIS OF Co(II) PIVALATE WITH 1,10-PHENANTHROLINE

Beleaev Ecaterina, cercetător științific, Institutul de Fizică Aplicată,
Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova

Beleaev Ecaterina, Scientific Researcher, Institute of Applied Physics,
Moldova State University, Chisinau, Republic of Moldova
ORCID: 0000-0003-0266-5316, ecaterina.beleaev@ifa.usm.md

Rezumat. Compus coordinativ nou cu formula $[\text{Co}(\text{piv})_2(\text{phen})(\text{H}_2\text{O})]$ (1) a fost sintetizat din reacția $\text{Co}(\text{piv})_2$ (Hpiv-acid pivalic) cu 1,10-fenantrolină (phen) în amestecul isopropanol/dmso (1:1) și caracterizat prin spectroscopia în IR și studiul difracției cu raze X pe monocristal. Analiza suprafețelor Hirshfeld a permis identificarea cantitativă și calitativă a principalelor contacte implicate la împachetarea complexilor moleculari în cristal.

Cuvinte cheie: compus coordinativ, cobalt, fenantrolină, pivalat, suprafață Hirshfeld, raze X.

Abstract. A new compound with the formula $[\text{Co}(\text{piv})_2(\text{phen})(\text{H}_2\text{O})]$ (1) has been synthesized from the reaction of $\text{Co}(\text{piv})_2$ (Hpiv = pivalic acid) with 1,10-phenanthroline (phen) in isopropanol/dmso (1:1) mixture and characterized by IR spectroscopy and single crystal X-ray diffraction studies. The analysis of the Hirshfeld surfaces allowed the quantitative and qualitative identification of the main contacts involved in the molecular packing of complexes in crystal.

Keywords: coordination compound, cobalt, phenanthroline, pivalate, Hirshfeld surface, X-ray.

Introducere

Complecșii pe baza metalului de tranziție Co cu gradul de oxidare +2 atrag atenția cercetătorilor, în special, datorită activității lor catalitice. Însă aceștia, având capacitatea de a imita siturile active multimetalice ale metalo-proteinelor, prevăd o potențială utilizare în nanoștiințe, etc., iar o gamă largă de aplicații este legată de zonele de sorbție și schimb de ioni [1], senzori [2], optică neliniară [3] și, desigur, cataliză [4]. Pe lângă interesul față de complecșii coordinativi, și compușii de altă natură pe bază de Co(II) își găsesc numeroase utilizări în industrie în calitate de pigmenți, magneți, catalizatori, superaliaje și baterii. O provocare interesantă în lucrările de cercetare ține de proiectarea, sinteza și caracterizarea a noi arhitecturi structurale ale compușilor coordinativi ce diferă după dimensionalități având suplimentar diverse aplicații.

Un rol însemnat în chimia compușilor complecși îi revine liganzilor utilizați ce conțin mai mulți atomi sau grupări donore de electroni pentru a se lega cu atomul metalic central, care pot fi atât homofuncționali cu setul de atomi donori N, N sau O, O și, respectiv, heterofuncționali, cu setul de atomi donori N, O sau N, O, S. Prin diferite strategii de modelare a speciei organice cu rol de ligand „punte/bridging” sau de tip „chelat”, poate fi influențată structura, aranjarea unităților moleculare în spațiu și proprietățile materialelor obținute. În ultimul deceniu, grupul fenantrolinei (phen) a fost de asemenea exploatat des în sistemele de auto-asamblare, acesta asigurând un mod de chelare a metalului pentru a controla formarea diferitelor sisteme topologice.

Acest ligand este reprezentantul unei clase importante de agenți de chelare, care, în construcția compușilor coordinativi, este determinant ca mod de coordonare „blocat”, sau „închis”, având o

structură rigidă impusă de inelul central, în care atomii de azot sunt învecinați, însă separați, care se utilizează inclusiv la dezvoltarea reactivilor în sondele bioorganice. Mai multe produse naturale care încorporează nucleul heterociclic metal-phen, fiind izolate, au evidențiat proprietăți anticancerigene interesante [5,6].

La interacțiunea dintre sarea de pivalat de cobalt(II) cu 1,10-fenantrolină (phen) în amestecul de solvenți *i*-propanol și dimetilsulfoxidă (1:1), la agitare, la temperatura de 50 °C a fost obținut compusul coordinativ cu formula $[\text{Co}(\text{piv})_2(\text{phen})(\text{H}_2\text{O})]$ (**1**). Pentru a caracteriza compozitia, structura și proprietățile compusului obținut au fost utilizate spectroscopia în infraroșu și analiza difracției cu raze X pe monocristal. Suprafețele Hirshfeld ne vor permite investigarea diferitelor interacțiuni intermoleculare, care conduc la stabilizarea structurii cristaline în **1**.

Metode și materiale aplicate

Spectrul IR a fost înregistrat la spectrofotometrul FT IR Spectrum-100 Perkin Elmer în diapazonul $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$.

Experimentul cu raze X pe monocristal a fost executat la difractometrul Xcalibur E înzestrat cu CCD folosind iradierea $\text{MoK}\alpha$, $\lambda=0,71073\text{ \AA}$. Poziția atomilor de metal a fost localizată prin metode directe. Atomii rămași au fost găsiți în alternanța seriilor de cicluri, având la bază metoda celor mai mici pătrate și hărțile Fourier diferențiale. Toți atomii nonhidrogenici au fost rafinați în aproximarea anizotropă cu matrice completă folosind pachetul software programelor SHELXS97 și SHELXL2014 [7,8]. Atomii de H legați de C au fost poziționați geometric și tratați ca atomi ficși, iar atomii de hidrogen legați de O au fost localizați din harta diferențială Fourier, pozițiile lor fiind restrânse în timpul rafinamentului. Datele experimentale sunt prezentate în Tabelul 1.

Pentru a cerceta natura, contribuția cantitativă a diferitelor interacțiuni intermoleculare și a identifica importanța acestora, ce duce la stabilizarea structurilor cristaline, s-a făcut un studiu intermolecular, utilizându-se analiza Suprafeței Hirshfeld (HS) [9] și diagramele bidimensionale (2D) de amprentă digitală [10] generate de *CrystalExplorer*17.5 [11]. Distanța de contact normalizată d_{norm} și diagramele de amprentă 2D au fost utilizate pentru a cuantifica și descifra interacțiunile intermoleculare din împachetarea componentelor în cristalele compușilor din titlu. Culoarea roșie intensă este rezultatul unor contacte mai scurte decât suma razelor van der Waals, indicate prin valori negative ale d_{norm} . Culoarea albă este folosită pentru contactele din regiunea de separare van der Waals. Contactele cu valori d_{norm} pozitive mai lungi decât suma razelor van der Waals sunt colorate în albastru. Graficele de amprentă 2D au fost afișate folosind vizualizarea extinsă de 0,6-2,8 Å, cu scala pentru distanțele d_i (interior) și d_e (exterior) afișată pe axele graficului.

Rezultate și discuții

Compusul **1** cristalizează în grupul spațial monoclinic $P2_1/c$, parametrii celulei elementare fiind $a = 9,4469(5)$, $b = 17,7495(6)$, $c = 14,1941(5)$ Å, $\beta = 106,950(5)^\circ$, $V = 2276,65(17)$ Å³ (Tabelul 1). Compusul **1** este un polimorf al altui asemenea cunoscut în Baza de Date Structurale Cambridge [12], cu codul DUBXEE ce cristalizează în grup spațial diferit. Ultimul cristalizează în grupul spațial triclinic $P1$, cu parametrii celulei elementare: $a = 10,905(2)$, $b = 11,345(2)$, $c = 11,476(5)$ Å, $\alpha = 68,100(6)$, $\beta = 64,560(5)$, $\gamma = 63,230(6)^\circ$, $V = 1116,0(6)$ Å³.

Atomul central al compusului, Co1, este coordonat de trei atomi de O din grupările carboxilice ale celor doi acizi pivalici, un atom de O de la o moleculă de apă și doi atomi de N din phen (Fig. 1a), rezultând coordinarea octaedrică distorsionată $[\text{CoN}_2\text{O}_4]$. Distanțele interatomice din poliedrul de coordinare Co–O caracteristice grupării carboxilice coordinate bidentat chelat sunt 2,139(2) și 2,191(2) Å, monodentat 2,046(2) Å, iar până la molecula de apă coordinată constituie 2,067(3) Å. Distanțele interatomice Co–N_{phen} sunt 2,115(2) și 2,135(3) Å (Tabelul 2). Se poate menționa că molecula de apă

coordinată donează cei doi atomi de H atomilor de O de la gruparea carboxil atât necoordinată, cât și coordinată, evidențiindu-se formarea legăturilor de hidrogen intra- și intermoleculare cu distanțele O–H...O 2,651 și 2,795 Å cu formarea dimerilor centrosimetrice (Fig. 1b).

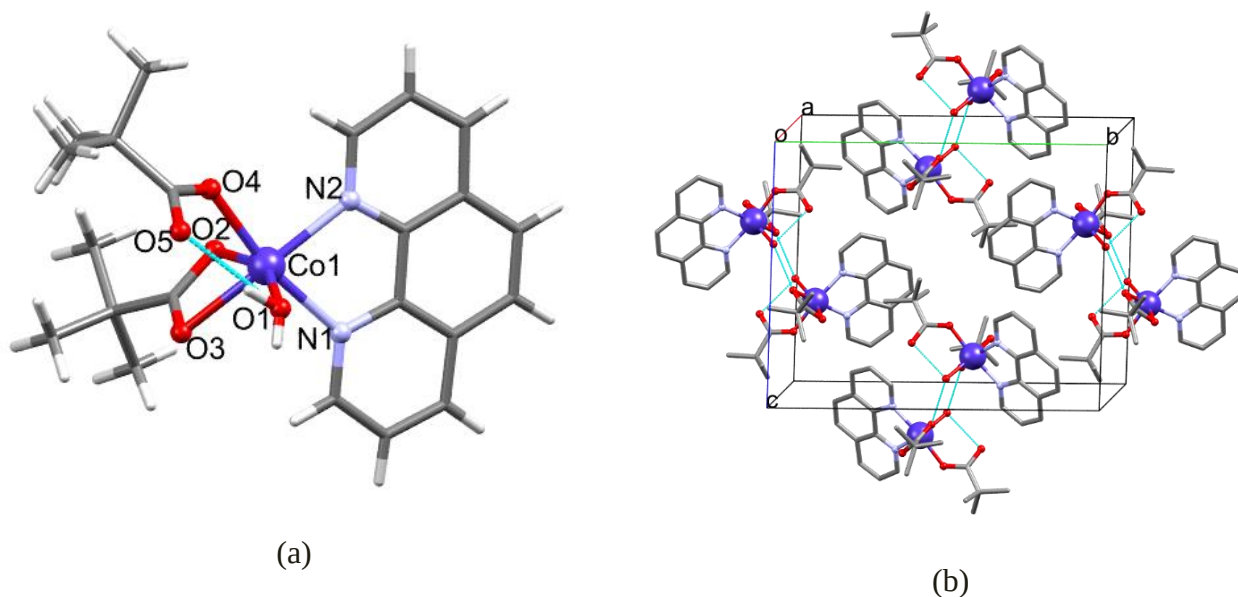


Fig. 1. Structura compusului 1 (a) și formarea dimerilor centrosimetrice prin intermediul legăturilor de hidrogen O–H...O (b)

Tabelul 1. Datele cristalografice și parametrii de structură pentru compusul [Co(piv)₂(phen)(H₂O)]

Formula	C ₂₂ H ₂₈ CoN ₂ O ₅
M _r	459,39
Singonia	Monoclinică
Grupul spațial	P2 ₁ /c
a (Å)	9,4469(5)
b (Å)	17,7495(6)
c (Å)	14,1941(5)
β	106,950(5)
V (Å ³)	2276,65(17)
Z	4
ρ(calc.)(Mg/m ³)	1,340
Nr. de reflecții colectate	8239
Reflecții [<i>I</i> > 2σ(<i>I</i>)]	4457
Parametrii fitați	285
GOF on <i>F</i> ²	0,992
<i>R</i> ₁ [<i>I</i> > 2σ(<i>I</i>)] (%)	5,01
<i>R</i> ₁ (nr. total) (%)	7,66

Tabelul 2. Distanțele interatomice (Å) și unghiurile de valență selectate (grad)

Co1-O4	2,046(2)	N2-Co1-N1	77,32(10)
Co1-O1	2,067(3)	O4-Co1-O2	89,68(10)
Co1-N2	2,115(2)	O1-Co1-O2	154,91(10)
Co1-N1	2,135(3)	N2-Co1-O2	98,08(9)
Co1-O2	2,139(2)	N1-Co1-O2	93,76(10)
Co1-O3	2,191(2)	O4-Co1-O3	97,39(9)
O4-Co1-O1	89,82(12)	O1-Co1-O3	94,95(9)
O4-Co1-N2	91,89(9)	N2-Co1-O3	156,19(9)
O1-Co1-N2	107,01(10)	N1-Co1-O3	93,36(10)
O4-Co1-N1	169,03(10)	O2-Co1-O3	60,27(8)
O1-Co1-N1	91,45(12)		

Spectrul IR al compusului $[\text{Co}(\text{piv})_2(\text{phen})(\text{H}_2\text{O})]$ conține benzile puternice ale grupărilor carboxilice (COO) în regiunea 1548 și $1422\text{--}1405\text{ cm}^{-1}$ caracteristice oscilațiilor de valență asimetrice și, respectiv simetrice. Vibrațiile de valență ale grupelor carboxilice care coordonează la ionul de cobalt prezintă deplasare spre dreapta în comparație cu grupele carboxilice necoordinate ale acidului pivalic. Spectrul IR afișează vibrațiile de întindere C–H asimetrice și simetrice ale grupurilor –CH₃ și –CH din pivalați și phen în intervalul $2964\text{--}2865\text{ cm}^{-1}$. Regiunea caracteristică și pentru vibrațiile de valență ale grupei C=N de la liganzii N donori sunt evidențiate de benzi la $1625\text{--}1582\text{ cm}^{-1}$. Dependența stării de spin a modurilor de îndoire C–H în afara planului: banda singlet a acestor vibrații, observată la 850 cm^{-1} , la 869 cm^{-1} și banda la 728 cm^{-1} , cele de rotație ale legăturilor δ(CH) alifatică și aromatică sunt prezente în regiunile ~ de la 850 cm^{-1} . Existența nemijlocită a modificărilor în spectrul IR provocate de apa care se află în ionul complex, poziția benzilor de absorbție, care se caracterizează printr-o formă largă și o intensitate înaltă cuprinde intervalul de undă de la 3206 cm^{-1} .

În scopul investigării și cuantificării contribuției diferitelor interacțiuni intermoleculare și estimării energiei acestora, s-a efectuat analiza suprafețelor Hirshfeld programul *CrystalExplorer 17.5*. Această analiză a fost posibilă utilizând rezultatele studiilor de difracție cu raze X pe monocristal, și anume, a fișierelor cu datele structurale în formatul *cif*. HS și graficele de amprentă bidimensională (2D) au confirmat prezența interacțiunilor intermoleculare prezente în structura compusului (Fig. 2). Pentru contactele evidențiate există porțiuni electropozitive (*albastre*) și electronegative (*roșii*) clar recunoscute, complementare electrostatic.

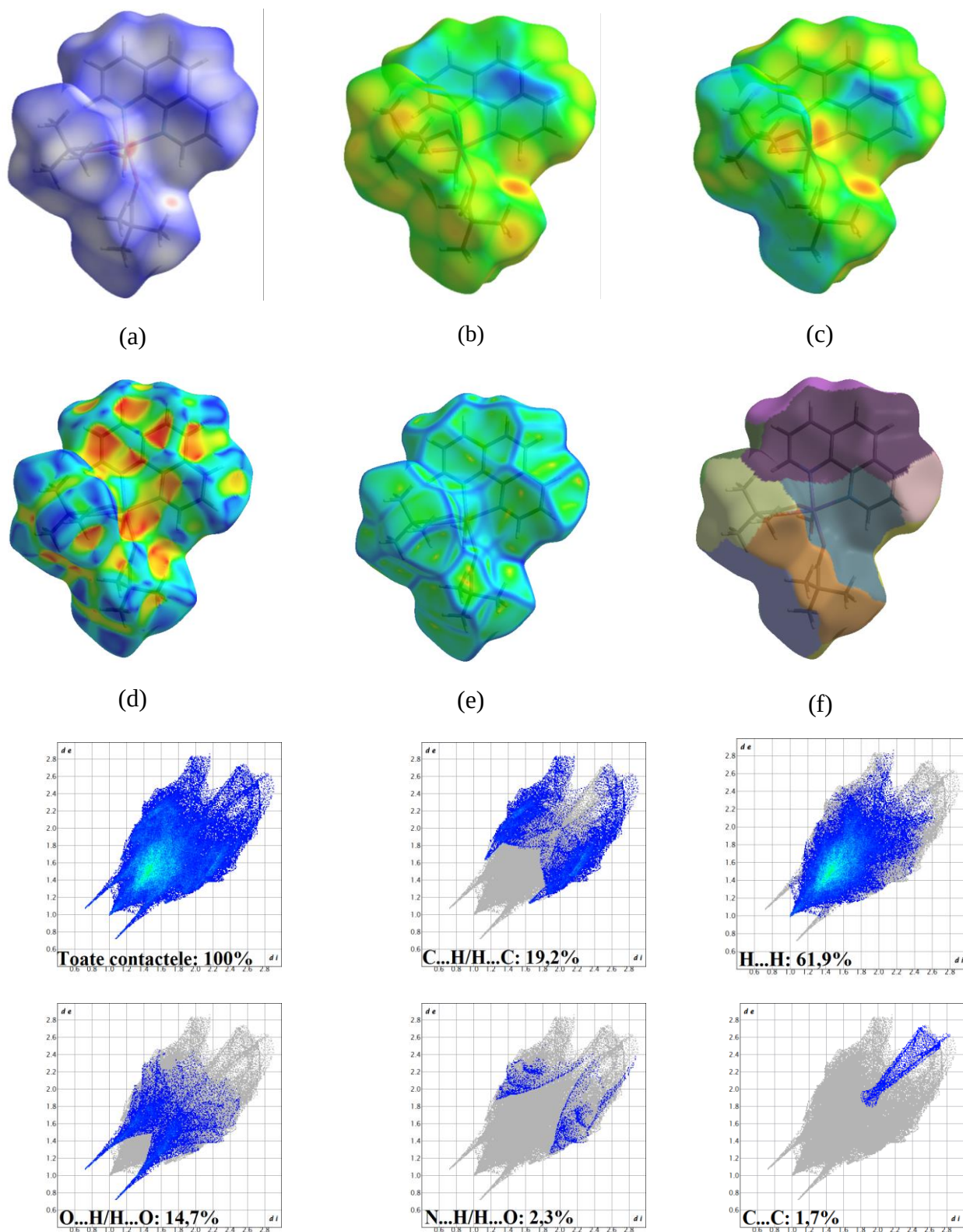


Fig. 2. Suprafața Hirshfeld în I a d_{norm} (a), d_i (b), d_e (c), curbarea (d) și indicele de formă (e), plastrele fragmente (f) și diagrame de amprentă 2D calculate din analiza HS

În rezultatul analizei HS, conform graficelor de amprentă 2D, se observă că predomină contactele de tipul H...H cu un procentaj de 61,9%, urmate de cele de tipul C...H și O...H care ocupă valorile de 19,2% și 14,7% din HS și apar pe graficele de amprentă. Rolul acestor interacțiuni contribuie în cea mai mare parte la asamblarea compusului descris.

Concluzii

Compusul coordinativ cu formula $[\text{Co}(\text{piv})_2(\text{phen})(\text{H}_2\text{O})]$ a fost sintetizat prin metoda blândă, cu agitare la temperatura de 50 °C. Caracteristicile structurale au fost primite utilizând difracția cu raze X pe monocristal, iar cele spectrale – prin analiza în IR. Totodată, pentru a identifica interacțiunile intermoleculare necovalente pentru acest compus și a le corela cu cele primite în rezultatul studiului structural, a fost realizată analiza Suprafețelor Hirshfeld și au fost ilustrate diagramele de amprentă 2D, evidențiindu-se contactele puternice de tipul H...H, urmate de C...H și O...H.

Bibliografie

1. CLEARFIELD, A. Inorganic Ion Exchangers: A Technology Ripe for Development. In: *Industrial & Engineering Chemistry Research*, V. 34(8), p. 2865-2872.
2. YANG, J.; MA, J.-F.; WU, D.-M.; GUO, L.-P.; & LIU, J.-F. Syntheses, crystal structures and characterization of divalent transition metal sulfonate complexes with o-phenanthroline. In: *Journal of Molecular Structure*, V. 657(1-3), p. 333-341.
3. CAO, G.; HONG, H. G.; & MALLOUK, T. E. Layered metal phosphates and phosphonates: from crystals to monolayers. In: *Accounts of Chemical Research*, V. 25(9), p. 420-427.
4. THOMPSON, M. E. Use of Layered Metal Phosphonates for the Design and Construction of Molecular Materials. In: *Chemistry of Materials*, V. 6(8), p. 1168-1175.
5. SAMMES, P. G; & YAHIOGLU, G. 1,10-Phenanthroline: a versatile ligand. In: *Chemical Society Reviews*, V. 23 (5), p. 327.
6. DARI, M.; BELEAEV, E.S.; KRAVTSOV, V.CH.; BOUROSH, P.; CHUMAKOV, Y.; HAUSER, J.; DECURTINS, S.; LIU, SH.-X.; SULTANOVA, O.; BACA, S.G. Crystalline multicomponent compounds involving hexammine cobalt(III) cations, In: *New J Chem*. 2022, V. **46(23)**, p. 11404-11421.
7. SHELDRICK, G. M. A short history of SHELX. *Acta Crystallographica Section A Foundations of Crystallography*, In: *Acta Cryst.* V. 64(1), p. 112-122.
8. SHELDRICK G. M. Crystal structure refinement with SHELXL. In: *Acta Cryst.* V. 71, p. 3-8.
9. HIRSHFELD, F.L. Bonded-atom fragments for describing molecular charge densities, In: *Theor. Chim. Acta*, V. 44, p. 129-138.
10. SPACKMAN, M. A. AND JAYATILAKA, D. Hirshfeld surface analysis, In: *CrystEngComm*, V. 11, p. 19-32.
11. WOLFF, S. K.; GRIMWOOD, D. J.; MCKINNON, J. J.; TURNER, M. J.; JAYATILAKA, D.; AND SPACKMAN, M. A. CrystalExplorer: a program for Hirshfeld surface analysis, visualization and quantitative analysis of molecular crystals, In: *J. Appl. Cryst.* V. 54, p. 1006-1011.
12. ALLEN, F.H., et al. Applications of the Cambridge Structural Database in chemical education. In: *Journal of Applied Crystallography*, V. 43. p. 1208-1223.

CZU: 548:54-386

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p68-73

**SINTEZA ȘI STRUCTURA UNUI POLIMER COORDINATIV 2D AL Co(II)
CU 4,4'-BIPIRIDINA ȘI ACIDUL PIRIDIN-2,5-DICARBOXILIC**

**SYNTHESIS AND STRUCTURE OF A Co(II) 2D COORDINATION POLYMER
WITH 4,4'-BIPYRIDINE AND PYRIDINE-2,5-DICARBOXYLIC ACID**

Burlac Samira, studentă, UPS „Ion Creangă” din Chișinău,
Melnic Elena, dr., Institutul de Fizică Aplicată, USM
Chisca Diana, dr., conf. univ., UPS „Ion Creangă” din Chișinău

Burlac Samira, student, UPS „Ion Creangă” from Chișinău,
samiricaburlac@gmail.com

Melnic Elena, PhD., Institute of Applied Physics, MSU

ORCID: 0000-0003-0212-3445

Chisca Diana, PhD., assoc. prof., UPS „Ion Creangă” from Chișinău

ORCID: 0000-0002-2350-8208

Rezumat. În rezultatul interacțiunii $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ cu ligandul multifuncțional 2,5-piridindicarboxilat (2,5-Pydc²⁻), în prezența ligandului de punte, 4,4'-bipiridină (4,4'-bipy) s-a obținut un polimer 2D cu compoziția $\{[\text{Co}(2,5\text{-Pydc})(4,4'\text{-bipy})(\text{H}_2\text{O})] \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}\}_n$, care a fost caracterizat prin spectroscopia IR și difracția razelor X pe monocristal.

Cuvinte cheie: polimer coordinativ, Co(II), structura cristalină

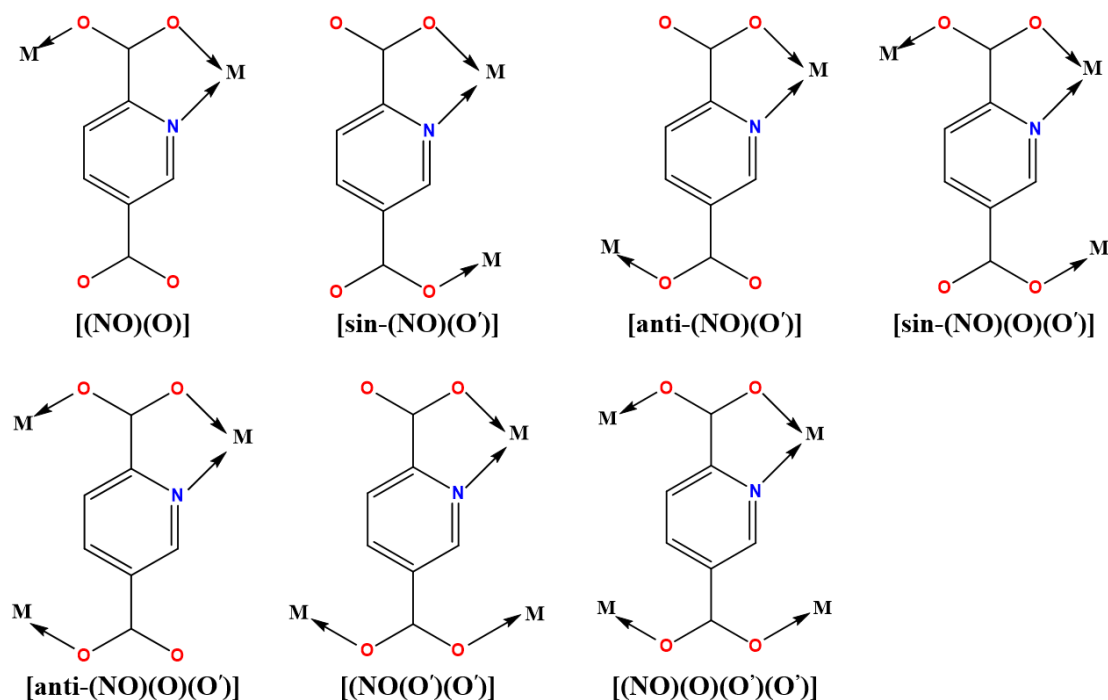
Abstract. As a result of the interaction of $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ with the multifunctional ligand 2,5-pyridinedicarboxylate (2,5-Pydc), in the presence of the bridging ligand, 4,4'-bipyridine (4,4'-bipy), a 2D polymer was obtained with composition $\{[\text{Co}(2,5\text{-Pydc})(4,4'\text{-bipy})(\text{H}_2\text{O})] \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}\}_n$, which was characterized by IR spectroscopy and single-crystal X-ray diffraction.

Keywords: coordination polymer, Co(II), crystal structure

Introducere

În prezent, asamblarea și ingineria cristalelor ale polimerilor coordinativi cu diferită dimensionalitate, precum și ale rețelelor metal-organice în baza metalelor de tranziție continuă să fie subiecte intens studiate datorită topologiilor lor structurale și proprietăților importante pentru aplicații în domenii cum ar fi cataliza, optica neliniară, electronica, fotoluminescența, adsorbția [1-3]. Progresele recente în acest domeniu au condus la obținerea a multor compuși coordinativi formați prin alegerea judicioasă a proliganzilor organici și a ionilor metalici. Proiectarea rațională și sinteza controlată a complexilor polinucleari prin liganzi multidentati, cum ar fi policarboxilații și heterocicluri cu N, constituie o direcție modernă de o importanță majoră în chimia coordinativă. În special, policarboxilații care conțin N cum ar fi pirazină- și piridin-carboxilații reprezintă blocuri de construcție eficiente pentru asamblarea polimerilor coordinativi, intensificând structura arhitecturilor rezultate. Acest fapt se datorează versatilității și dentacității acestor liganzi având capacitatea de a coordina în diverse moduri la centrele metalice prin atomii donori de O de la grupa carboxilică și atomii de N din heterociclu [4-8]. Cu toate acestea, spre deosebire de numeroasele rapoarte referitoare la compuși coordinativi de tip metal-carboxilat, mult mai puține rapoarte sunt concentrate pe analogii metal-piridindicarboxilat.

Acidul piridin-2,5-dicarboxilic (H_2 2,5-Pydc), care posedă două grupe carboxilat, este un derivat carboxilat nesimetric și a atras atenția pentru capacitatea sa de a se coordina cu diferite centre metalice. Acest ligand, care poate fi de tip chelatic și de tip punte, în combinație cu liganzii de tip bipyridină și în funcție de condițiile experimentale, contribuie la formarea polimerilor coordinativi de diferite dimensionalități cu caracteristici structurale variate. O analiză a datelor din BDSC (ConQuest Version 2022.3.0) [9], referitoare la modurile de coordonare a ligandului 2,5-Pydc în polimerii coordinativi ale metalelor de tranziție, indică că acest ligand multifuncțional poate adopta șapte moduri de coordonare diferite (Schema 1). În această lucrare, raportăm sinteza și structura cristalină a unui nou compus polimeric al Co(II) ce conține liganzii piridin-2,5-dicarboxilat (2,5-Pydc) și 4,4'-bipyridină (4,4'-bipy).



Schema 1. Diagrama schematică a examinării celor mai frecvente moduri de coordonare a ligandului 2,5-Pydc în complexii metalice [10]

Rezultate și discuții

În lucrarea dată vom prezenta un nou polimer coordinativ cu compoziția $\{[Co(2,5-Pydc)(4,4'-bipy)(H_2O)] \cdot 0.5H_2O\}_n$ obținut în rezultatul interacțiunii $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (0,1 mmol, 0,029 g) cu proliganzii H_2 2,5-Pydc (0,5 mmol, 0,08 g) și 4,4'-bipy (0,1 mmol, 0,019 g) în amestec de $CH_3OH:dmf$ (3:1). Peste 14 zile, din amestecul rezultat s-au izolat monocristale de culoare cafenie. Reacția a decurs conform diagramei schematice (Figura 1).

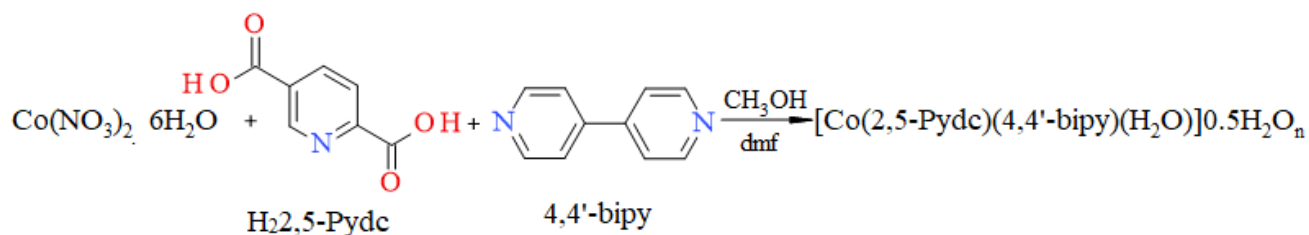


Fig. 1. Schema de sinteză a compusului coordinativ de tip polimer $\{[Co(2,5-Pydc)(4,4'-bipy)(H_2O)] \cdot 0.5H_2O\}_n$

Compoziția chimică a compusului prezentat a fost determinată utilizând spectroscopia IR și difracția razelor X pe monocristal. Analiza spectrelor IR (Figura 2) a evidențiat prezența liganzilor organici utilizați în sinteză. Benzile de absorbție din regiunea $3095\text{--}2845\text{ cm}^{-1}$ (2,5-Pydc), 3055 cm^{-1} (4,4'-bipy) și $2927\text{--}2857\text{ cm}^{-1}$ (1) corespund vibrațiilor de întindere asimetrice și, respectiv, simetrice ale legăturii C–H aromatice. Vibrațiile de întindere asimetrice și simetrice ale legăturii COO^- apar la 1724 și, respectiv, 1594 cm^{-1} în spectrul proligandului $\text{H}_2\text{2,5-Pydc}$ și 1654 și, respectiv, 1605 cm^{-1} în spectrul compusului. Vibrațiile de întindere C–C ale inelelor aromatice sunt observate la $1414\text{--}1450\text{ cm}^{-1}$. Vibrația de îndoire C–H este identificată la $755\text{--}798\text{ cm}^{-1}$.

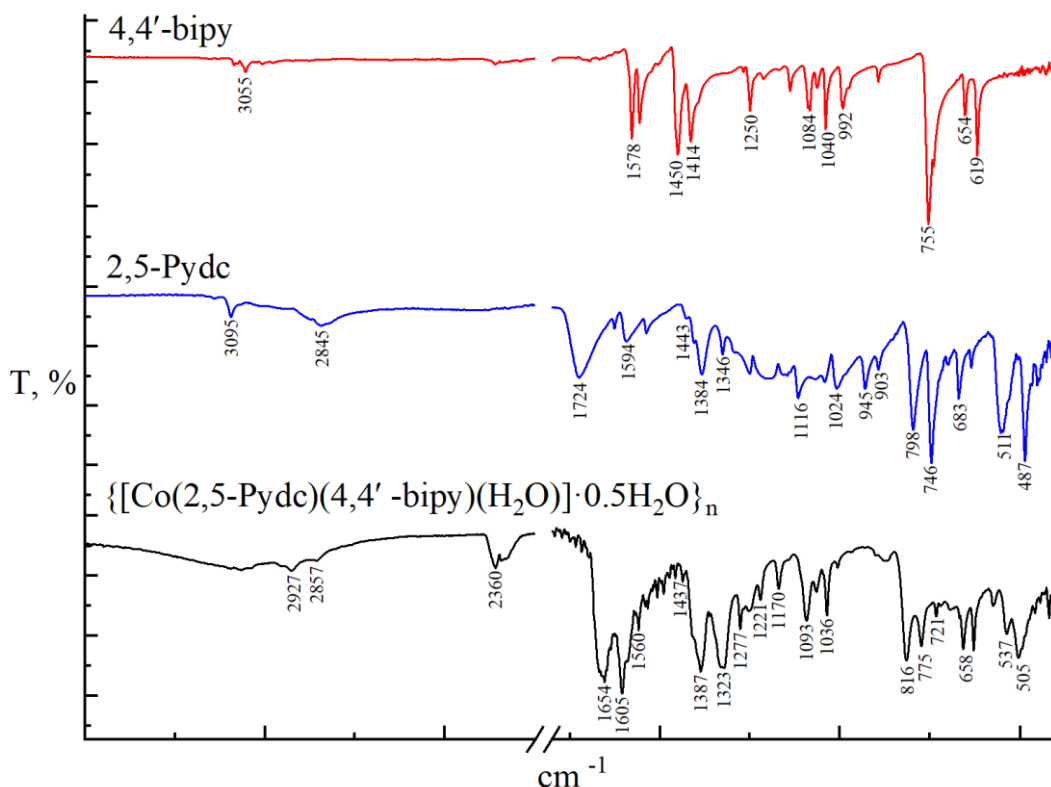


Fig. 2. Spectrele IR pentru compusul $\{[\text{Co}(\text{2,5-Pydc})(\text{4,4'-bipy})(\text{H}_2\text{O})]\cdot 0.5\text{H}_2\text{O}\}_n$ și liganzii componenți

Studiul cu raze X relevă că compusul coordinativ $\{[\text{Co}(\text{2,5-Pydc})(\text{4,4'-bipy})(\text{H}_2\text{O})]\cdot 0.5\text{H}_2\text{O}\}_n$ reprezintă un polimer coordinativ 2D și cristalizează în grupa spațială centrosimetrică $P2_1/c$ a singoniei monoclinice cu parametrii celulei elementare: $a = 11,4455(9)$, $b = 21,829(2)$, $c = 11,7605(12)$ Å; $\beta = 92,930(8)^\circ$; $V = 2934,5(4)$ Å³; $Z = 4$. Ionul de Co(II) este hexacoordinat și adoptă geometrie octaedrică N_3O_3 formată din doi anioni 2,5-Pydc^{2-} , doi liganzi 4,4'-bipy și o moleculă de apă. Distanțele Co–O sunt în intervalul $2,070(5) - 2,081(5)$ Å, iar Co–N variază între $2,096(6)$ și $2,188(6)$ Å. Rețeaua coordinativă 2D este extinsă paralel planului cristalografic ab prin ligandul 2,5-Pydc^{2-} îndeplinește atât funcție chelatică, cât și de punte, coordinând conform modului de coordinare *anti*-(NO)(O') și de ligandul neutru 4,4'-bipy cu funcție punte, formând o rețea de tip grilă pătratică (Figura 3). Distanța $\text{Co}\cdots\text{Co}$ de-a lungul moleculelor de 2,5-Pydc este de $8,522(1)$ Å, iar de-a lungul 4,4'-bipy este de $11,445(1)$ Å. Moleculele de apă de cristalizare sunt situate în spațiile libere ale rețelei cristaline și sunt menținute prin legături de hidrogen de tipul C–H $\cdots$ O. Compusul dat ar putea manifesta proprietăți adsorbitive dacă s-ar elimina moleculele de apă de cristalizare acumulate în spațiul

intermolecular. Evaluarea golurilor accesibile din structură, efectuată în programul Mercury [11] după îndepărtarea moleculelor de solvent din structura cristalină, a indicat că volumul golurilor accesibile din rețeaua cristalină constituie 1024,9 Å³ sau 34,9% din volumul total al celulei elementare. Împachetarea cristalină relevă că straturile moleculare 2D sunt unite prin legături de hidrogen dintre molecula de apă apicală și atomii de oxigen carboxilați O1w-H2w1⋯O2 (2,672(6) Å) și O1w-H1w1⋯O4 ((2,633(7) Å), formând o rețea 3D.

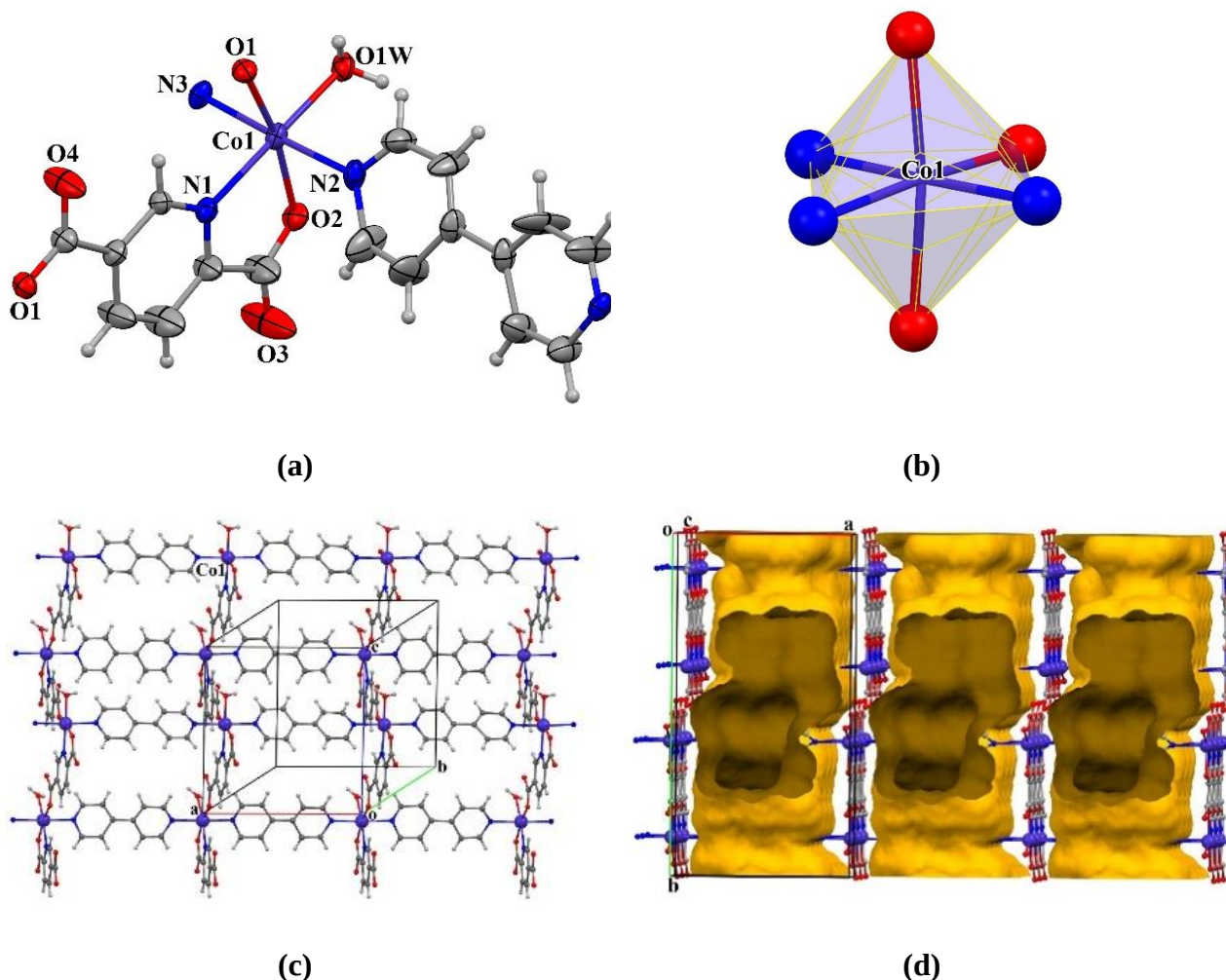


Fig. 3. Structura polimerului coordinativ {[Co(2,5-Pydc)(4,4'-bipy)(H₂O)]·0.5H₂O}_n :
a) Poliedrul de coordonare al ionului de Co(II) cu numerotarea parțială a atomilor, b) reprezentarea geometrică a poliedrului de coordonare, c) Fragment al rețelei 2D, d) Distribuirea golurilor calculate cu ajutorul programului Mercury.

Tabelul 1. Distanțe interatomice și unghiurile de valență selectate pentru compusul {[Co(2,5-Pydc)(4,4'-bipy)(H₂O)]·0.5H₂O}_n

Distanța	(Å)
Co(1)-O(1)	2.070(5)
Co(1)-O(2)	2.081(5)
Co(1)-N(1)	2.096(6)

Co(1)-N(2)	2.172(6)
Co(1)-O(1w)	2.078(5)
Co(1)-N(3) ¹	2.188(6)
Unghiul	(°)
O(1)-Co(1)-O(1w)	94.2(2)
O(1)-Co(1)-O(2)	168.0(2)
O(1w)-Co(1)-O(2)	97.79(2)
O(1)-Co(1)-N(1)	91.3(2)
O(1w)-Co(1)-N(1)	173.1(2)
O(2)-Co(1)-N(1)	76.8(2)
O(1)-Co(1)-N(2)	89.6(2)
O(1w)-Co(1)-N(2)	91.6(2)
O(1)-Co(1)-N(3) ¹	90.5(2)
O(2)-Co(1)-N(2)	89.3(2)
N(1)-Co(1)-N(2)	92.7(2)
N(1)-Co(1)-N(3) ¹	89.4(2)
O(1w)-Co(1)-N(3) ¹	86.3(2)
O(2)-Co(1)-N(3) ¹	91.1(2)
N(2)-Co(1)-N(3) ¹	177.9(3)

Transformarea simetrică: ¹x+1, y, z

Concluzii

În rezultatul acestui studiu, s-a demonstrat încă o dată versatilitatea ligandului 2,5-piridindicarboxilat (2,5-Pydc²⁻), care, la coordonarea la atomul de metal, manifestă atât funcție chelatică, cât și de punte, iar în prezența altui ligand punte, cum este 4,4'-bipy, conduce la formarea unui polimer coordinativ 2D de tip grilă pătratică.

Rezultatele incluse în acest studiu au fost realizate în cadrul subprogramului de cercetare cu titlul: „Proiectarea și fabricarea de materiale inteligente cu proprietăți avansate magnetice, de adsorbție, luminescente și biologic active (Cod 011202).

Bibliografie

1. YAGHI, O. M.; O'KEEFFE, M.; OCKWIG, N. W.; CHAE, H. K.; EDDAOUDI, M.; KIM, J. Reticular Synthesis and the Design of New Materials. *Nature*. 2003, 423, p. 705-714. ISSN 0028-0836. <http://dx.doi.org/10.1038/nature01650> (IF: 69.504).
2. ROSI, N. L.; KIM, J.; EDDAOUDI, M.; CHEN, B.; O'KEEFFE, M.; YAGHI, O. M.; Rod packings and metal-organic frameworks constructed from rod-shaped secondary building units. *Journal of the American Chemical Society*. 2005, 127(5), p. 1504-1518. <https://doi.org/10.1021/ja045123o> (IF: 16.383).
3. SINGHA, S.; KHANRA, B.; GOSWAMI, S.; MONDAL, R.; JANA, R.; DEY, A.; DEY, S. K.; RAY, P. P.; RIZZOLI, C.; SAHA, R. AND KUMAR, S. Structural, optical, dielectric and

electrical transport properties of a $[\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ -templated proton conducting, semiconducting and photoresponsive 3D hydrogen bonded supramolecular framework. *New Journal of Chemistry*. 2021, **45**, p. 20596-20611. <https://doi.org/10.1039/D1NJ04237H> (IF: 3.925).

4. KITAGAWA, S.; KITAURA, R.; NORO, S. Functional Porous Coordination Polymers. *Angewandte Chemie*. 2004, **43**(18), p. 2334-2375. <https://doi.org/10.1002/anie.200300610> (IF: 16.823).
5. GANGU, K. K.; MADDILA, S.; MUKKAMALA, S. B.; JONNALAGADDA, S. B. A 3D Supramolecular assembly of Co(II) MOF constructed with 2,5-Pyridinedicarboxylate strut and its catalytic activity towards synthesis of tetrahydrobiphenylene-1,3-dicarbonitriles. *Inorganica Chimica Acta*. 2018, p. 830-837. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ica.2018.07.030> (IF: 2.8).
6. DOĞAN, D.; ÇOLAK, A.T.; ŞAHİN, O.; TUNÇ, T.; ÇELİK, Ö. The syntheses, crystal structures, spectroscopic and thermal characterization of new pyridine-2,5-dicarboxylate compounds. *Polyhedron*. 2015, **93**, p. 37-45. doi: [10.1016/j.poly.2015.03.033](https://doi.org/10.1016/j.poly.2015.03.033) (IF: 2.1).
7. CHIŞCA, D.; CROITOR, L.; COROPCEANU, E.B.; PETUHOV, O.; VOLODINA, G.; BACA, S. G.; KRÄMER, K.W.; DECURTINS, S.; HAUSER, J.; LIU, S.-X. and FONARI, M.S. Six flexible and rigid Co(II) coordination networks with dicarboxylate and nicotinamide-like ligands: impact of non-covalent interactions in retention of dimethylformamide solvent. *Crystal Growth & Design*. 2016, **16**, p. 7011–7024. <https://doi.org/10.1021/acs.cgd.6b01226> (IF: 4.01).
8. CRACIUN, N.; CHISCA, D.; MELNIC, E.; FONARI, M. S. Unprecedented coordination compounds with 4,4'-diaminodiphenylethane as a supramolecular agent and ditopic ligand: Synthesis, crystal structures and Hirshfeld surface analysis. *Crystals*. 2023, **13**(2), p. 289; <https://doi.org/10.3390/cryst13020289> (IF: 2.67).
9. GROOM, C. R.; BRUNO, I. J.; LIGHTFOOT, M. P. AND WARD, S. C. *Acta Crystallographica Section B*. 2016, **B72**, p. 171-179. doi: [10.1107/S2052520616003954](https://doi.org/10.1107/S2052520616003954) (IF: 2.68).
10. CHUANG, SH.-T.; SHEN, F.-M.; KUO, T.-SH.; SHIU, K.-B. Versatile 2,5-Pyridinedicarboxylate in Linking Transition-Metal Atoms into 1D and 2D Coordination Polymers and Concomitant Polymorphs. *Journal of the Chinese Chemical Society*. 2007, **54**, p. 893-902. <https://doi.org/10.1002/jccs.200700129> (IF: 0.69).
11. MACRAE, C. F. et al. Mercury: visualization and analysis of crystal structures. *Journal of Applied Crystallography*. 2006, **39**, p. 453-457. <https://doi.org/10.1107/S002188980600731X> (IF: 6.1).

CZU: 541.49

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p74-78

SINTEZA ȘI STRUCTURA CRISTALINĂ A UNUI COMPUS MONONUCLEAR AL Cd(II) CU LIGANZII 2,2'-DIPYRIDINĂ ȘI 4,4'-DIAMINODIFENILMETAN

SYNTHESIS AND CRYSTAL STRUCTURE OF A MONONUCLEAR COMPOUND OF Cd(II) WITH 2,2'-DIPYRIDINE AND 4,4'-DIAMINODIPHENYLMETHANE LIGANDS

*Craciun Nicoleta, studentă, UPS „Ion Creangă” din Chișinău,
Melnic Elena, dr., Institutul de Fizică Aplicată, USM
Fonari Marina, dr, conf. cerc., Institutul de Fizică Aplicată, USM
Chisca Diana, dr., conf. univ., UPS „Ion Creangă” din Chișinău*

*Craciun Nicoleta, student, UPS „Ion Creangă” from Chișinău,
ORCID: 0000-0001-9918-0678, nicoletacaimac@gmail.com*

*Melnic Elena, PhD., Institute of Applied Physics, MSU
ORCID: 0000-0003-0212-3445*

*Fonari Marina, PhD, Institute of Applied Physics, MSU
ORCID: 0000-0002-2508-5368*

*Chisca Diana, PhD., assoc. prof., UPS „Ion Creangă” from Chișinău
ORCID: 0000-0002-2350-8208*

Rezumat. Inițiind de la sarea $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ și ligandul 4,4'-diaminodifenilmetan (dadpm), în prezența ligandului bidentat-chelatic 2,2'-dipiridină (2,2'-dpi) s-a obținut un compus coordinativ mononuclear cu compoziția $[\text{Cd}(\text{dadpm})_2(2,2'\text{-dpi})_2](\text{dadpm})(\text{NO}_3)_2$, care a fost caracterizat prin spectroscopia IR și difracția razelor X pe monocristal.

Cuvinte-cheie: compus coordinativ, Cd(II), structura cristalină.

Abstract. Starting from $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ salt the ligand 4,4'-diaminodiphenylmethane (dadpm), in the presence of the bidentate-chelate ligand 2,2'-dipyridine (2,2'-dpi), a mononuclear coordination compound was obtained with composition $[\text{Cd}(\text{dadpm})_2(2,2'\text{-dpi})_2](\text{dadpm})(\text{NO}_3)_2$, which was characterized by IR spectroscopy and single-crystal X-ray diffraction.

Keywords: coordination compound, Cd(II), crystal structure.

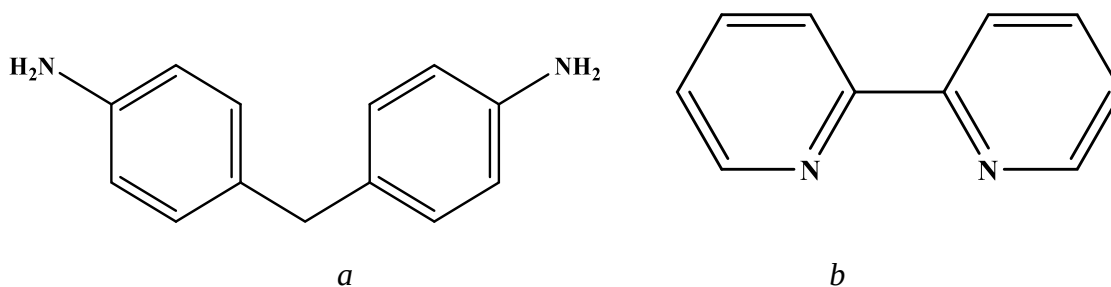
Introducere

Progresele în ingineria cristalului și cercetările în chimia coordinativă explorează noi sisteme de liganzi și ioni metalici pentru a crea compuși metal-organici cu compoziții fără precedent. Introducerea de grupări funcționale sau substituenți în structura ligandului poate modifica în mod semnificativ proprietățile compuşilor coordinativi rezultați, permițând proiectarea țintită a materialelor cu funcționalități dorite și cu un potențial mărit în domenii precum cataliza, stocarea și separarea gazelor, transportul și eliberarea controlată a medicamentelor, detectarea și altele [1-3].

Analiza Bazei de Date Structurale Cambridge (BDSC) confirmă creșterea compuşilor coordinativi în acest secol [4]. Factorul rațional la crearea noilor materiale este alegerea atât a centrelor metalice, cât și a liganzilor. Liganzii cu atomi donori de azot N oferă o platformă bogată pentru dezvoltarea materialelor noi, datorită diversității structurale și funcționale.

În cazul ligandului 4,4'-diaminodifenilmetan (dadpm), au fost raportate doar câteva exemple exclusiv pentru compușii coordinativi cu Zn/Cd în care dadpm și porfirinele ca liganzi N-donori, fiind complementari, coordinează simultan la atomii de metal [5,6]. Pentru a suplini acest gol, am extins studiile noastre anterioare [7,8,9], care vizează coordonarea simultană a liganzilor dipiridinei (2,2'-dpi, 4,4'-dpi) și dadpm într-un singur polimer coordinativ pe bază de Cd. Pe baza rezultatelor noastre anterioare, ne-am propus să urmărim diversitatea structurală.

În acest raport ne propunem să prezentăm un nou compus coordinativ al Cd(II) cu doi liganzi cu atomi donori de azot N - dadpm și 2,2'-dpi (Schema 1), cu particularități funcționale diferite, ce coordinează simultan la atomul de metal.

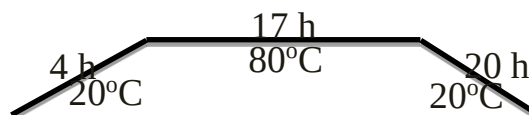


Schema 1. Liganzii utilizați pentru obținerea noului compus coordinativ:

a) 4,4'-diaminodifenilmetan (dadpm) și b) 2,2'-dipiridil (2,2'-dpi)

Rezultate și discuții

În cadrul lucrării date vom prezenta un nou compus coordinativ cu compoziția $C_{59}H_{58}Cd_1N_{12}O_6$, care a fost obținut în rezultatul interacțiunii $Cd(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (0,1 mmol, 0,027 g) cu liganzii dadpm (0,2 mmol, 0,038 g) și 2,2'-dpi (0,1 mmol, 0,016 g) în prezența solventului C_2H_5OH cu volumul de 8 ml. Soluția obținută a fost plasată în vasul de teflon într-un reactor chimic ermetic din metal și încălzită la 80 °C timp de 17 ore, apoi răcită până la temperatura camerei.



Soluția obținută a fost filtrată și lăsată la temperatura camerei pentru evaporare. Peste 48 h au apărut cristale incolore. Cristalele colectate au fost spălate cu etanol și uscate sub vid. (Randament: 63%). Reacția dintre sarea metalului și liganzii specificați a condus la obținerea monomerului coordinativ sub formă de monocristale, compoziția căruia a fost determinată folosind metoda difracției razelor X pe monocristal și confirmată prin metoda spectroscopică IR, ceea ce ne indică la prezența liganzilor în structura obținută, având vibrațiile corespunzătoare.

Analiza spectrului IR al compusului $[Cd(dadpm)_2(2,2'-dpi)_2](dadpm)(NO_3)_2$ dezvăluie prezența ligandului dadpm în compus prin vibrațiile de alungire a grupelor amino în regiunile 3443 și 3335 cm^{-1} în spectrul ligandului și 3419 - 3158 cm^{-1} în spectrul compusului. Vibrațiile de întindere în plan observate la 1578 cm^{-1} în spectrul ligandului bidentat-chelat (2,2'-dpi); la 1582 cm^{-1} în spectrul compusului și 1627 cm^{-1} în spectrul ligandului dadpm explică prezența inelelor fenil.

Semnalele puternice observate în regiunile: 1271-1176 cm^{-1} (dadpm), 1250-1084 cm^{-1} (2,2'-dpi) și 1306-1166 cm^{-1} în spectrul compusului, sunt atribuite modurilor de îndoire -CH- în plan și în

afara planului și reprezintă frecvențele de deformare ale inelului piridinic. Benzile de absorbție din regiunea 1084 cm^{-1} indică vibrațiile de întindere C-O.

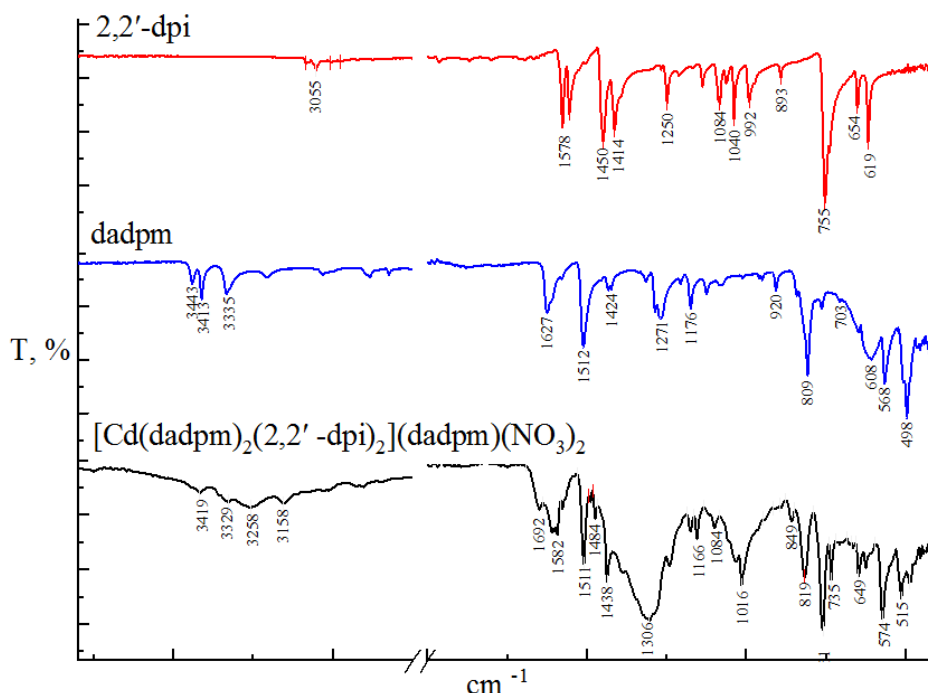


Fig. 1. Spectrul IR pentru compusul $[\text{Cd}(\text{dadpm})_2(2,2'\text{-dpi})_2](\text{dadpm})(\text{NO}_3)_2$

Studiul cu raze X pe monocristal a stabilit că compusul coordinativ nou obținut reprezintă un compus mononuclear $[\text{Cd}(\text{dadpm})_2(2,2'\text{-dpi})_2](\text{dadpm})(\text{NO}_3)_2$, care cristalizează în sistemul cristalin triclinic, grupul spațial de simetrie $P-1$ cu parametrii celulei elementare: $a = 12,2860(7)$, $b = 13,7458(7)$, $c = 19,1891(10)\text{ Å}$; $\alpha = 105,155(5)^\circ$; $\beta = 91,482(4)^\circ$; $\gamma = 115,670(5)^\circ$; $V = 2783,0(3)\text{ Å}^3$; $Z = 2$.

Informația despre datele structurale ale compusului nou sintetizat a fost depozitată în format „cif” (Crystallographic Information File) în Baza de Date Structurale Cambredge [4] cu numărul de depozitare CCDC 2332080. Ionul metallic este hexacoordinat și adoptă o stereochemie de tip octaedru distorsionat format de setul de atomi donori N_6 , generat de patru atomi de azot în plan ecuatorial și doi atomi de azot în poziții axiale (Figura 2a). La cationul de $\text{Cd}(\text{II})$ coordonează bidentat doi liganzi chelatici 2,2-dpi și monodentat două molecule dadpm. Distanțele Cd-N variază în intervalul $2,321(3)\text{--}2,458(3)\text{ Å}$, cele din pozițiile apicale fiind puțin mai mari.

Fragmentul unghiular $[\text{Cd}(2,2'\text{-dpi})_2]^{2+}$ se conturează asemănător unui fluture, având unghiul interplanar dintre metalociclurile formate prin coordinarea la atomul de Cd a liganzilor 2,2'-dpi de $83,59^\circ$. Sfera externă este alcătuită din doi anioni NO_3^- și o moleculă de dadpm, care este într-o formă unghiulară cu unghiul interplanar dintre inelele fenil egal cu $75,18^\circ$. Studiul structural relevă apariția interacțiunilor intramoleculare de tip $\pi\text{--}\pi$ *stacking* cu implicarea ciclului metalo-chelat între o moleculă de 2,2'-dpi (identificată de atomii N3, N4) și o moleculă de dadpm coordonată (identificată de atomul N7) cu distanțele dintre centroizi fenil...fenil ($\text{Cg}_{\text{Ph}}\cdots\text{Cg}_{\text{Py}} = 3,781\text{ Å}$) și fenil...metalociclu ($\text{Cg}_{\text{Ph}}\cdots\text{Cg}_{\text{M}} = 3,467\text{ Å}$).

Împachetarea cristalină a compusului descris relevă că asocierea cationilor complecși $[\text{Cd}(\text{dadpm})_2(2,2'\text{-dpi})_2]^{2+}$ și anionilor NO_3^- , precum și a moleculei neutre de dadpm libere are loc prin intermediul legăturilor de hidrogen de tipul $\text{NH}\cdots\text{O}$ (Tabelul 1), conducând la stabilizarea arhitecturii supramoleculare.

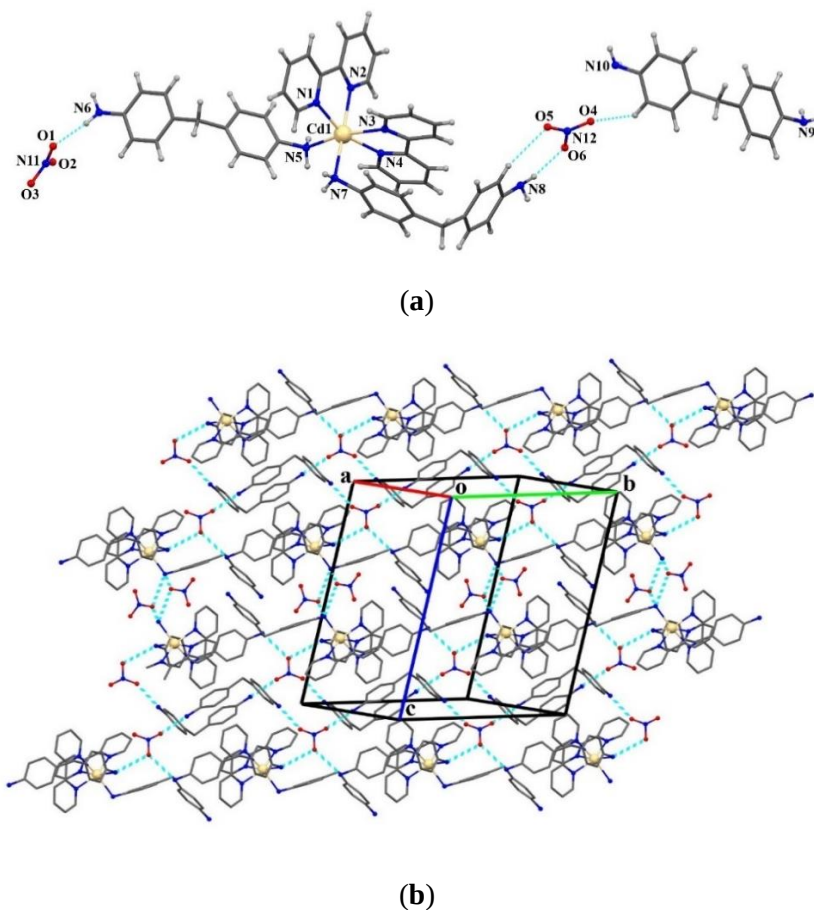


Fig. 2. a) Structura moleculară și b) Împachetarea cristalină cu evidențierea legăturilor de hidrogen a compusului $[\text{Cd}(\text{dadpm})_2(2,2'\text{-dpi})_2](\text{dadpm})(\text{NO}_3)_2$

Tabelul 1. Parametrii legăturilor de hidrogen în compusul $[\text{Cd}(\text{dadpm})_2(2,2'\text{-dpi})_2](\text{dadpm})(\text{NO}_3)_2$

D–H $\cdots$ A	d(H $\cdots$ A)	d(D $\cdots$ A)	<(DHA)	Transformarea Simetrică pentru A
N(5)-H(5NB) $\cdots$ O(3)	2.06	2.938(5)	167.0	$x-1, y, z$
N(5)-H(5NA) $\cdots$ O(1)	2.42	3.279(5)	161.6	$-x+1, -y+2, -z+1$
N(5)-H(5NA) $\cdots$ O(3)	2.31	3.038(5)	138.9	$-x+1, -y+2, -z+1$
N(6)-H(6NB) $\cdots$ O(1)	2.45	3.310(6)	172.7	$x, y+1, z$
N(6)-H(6NA) $\cdots$ O(2)	2.44	3.236(6)	152.3	$-x+1, -y+3, -z+1$
N(7)-H(7NA) $\cdots$ O(2)	2.48	3.341(5)	164.3	$x-1, y, z$
N(7)-H(7NA) $\cdots$ O(3)	2.54	3.300(5)	143.5	$x-1, y, z$
N(7)-H(7NB) $\cdots$ O(6)	2.25	3.062(8)	151.4	$-x, -y+1, -z+1$
N(8)-H(8NB) $\cdots$ O(6)	2.13	2.982(9)	168.3	$-x, -y, -z+1$
N(9)-H(9NB) $\cdots$ O(5)	2.21	2.959(9)	144.5	$x, y+1, z-1$
N(10)-H(10N) $\cdots$ O(5)	2.37	3.218(10)	167.0	$-x, -y, -z+1$

Concluzii

Problema științifică soluționată constă în stabilirea condițiilor de sinteză și obținerea compușilor coordinativi noi, prin combinarea cationului metalului tranzițional Cd(II) cu liganzii dadpm și 2,2'-dpi.

Generalizând rezultatele obținute, putem afirma că s-a reușit obținerea monomerului coordinativ, care a fost studiat prin metodele de cercetare – spectroscopia IR, difracția razelor X pe monocristal, stabilindu-se astfel particularitățile sale structurale.

Rezultatele incluse în acest studiu au fost realizate în cadrul subprogramului de cercetare cu titlul: Proiectarea și fabricarea de materiale inteligente cu proprietăți avansate magnetice, de adsorbție, luminescente și biologic active (Cod 011202).

Bibliografie

1. KITAGAWA, S.; KITAURA, R.; NORO, Sh. Functional porous coordination polymers, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2004, p. 2334–2375. <https://doi.org/10.1002/anie.200300610> (IF: 7.586).
2. HAWES, C.S.; BYRNE, K.; SCHMITT, W.; GUNNLAUGSSON, T. Flexible porous coordination polymers from divergent photoluminescent 4-oxo-1,8-naphthalimide ligands. *Inorg. Chem.* 2016, p. 11570–11582. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.inorgchem.6b02137> (IF: 4.857).
3. RAD-YOUSEFNIA, N.; SHAABANI, B.; ZAHEDI, M.; KUBICKI, M.; AYGÜN, M.; LLORET, F.; JULVE, M.; GRZE'SKIEWICZ, A.M.; ZAKERHAMIDI, M.; KAZAK, C. Cd(II) and Cu(II) coordination polymers constructed from the expanded 1,4-bis(4-pyridyl)-2,3-diaza-1,3-butadiene ligand: Conventional and ultrasound-assisted synthesis, crystal structure, luminescence and magnetic properties. *New J. Chem.* 2018, p 15860–15870. <https://doi.org/10.1039/C8NJ02605J> (IF: 3.091).
4. GROOM, C.R.; BRUNO, I.J.; LIGHTFOOT, M.P.; WARD, S.C. The Cambridge structural database, *Acta Cryst B.* 2016 p 171–179. <https://doi.org/10.1107/S2052520616003954> (IF: 2.0).
5. SOURY R.; CHAABENE M.; JABLI M.; ROUSSELIN Y. Synthesis, characterization, and computational study of a new zinc derivative (4,4'-diaminodiphenylmethane) (meso-tetratolylporphyrinato) zinc {[Zn(TTP)(DADMP)₂]}_n, *J. Solid State Chem.* 2021, doi: 10.1016/j.jssc.2020.121920 (IF: 3.656).
6. MCHIRI, C.H.; GASSOUMI, B.; ACHERAR, S.; EL-SHARIEF, M.A.M.S.; NASRI, H. Synthesis, Xray molecular structure and QTAIM and NCI-RDG theoretic studies of a new cadmium (II) (4,4'-diaminodiphenylmethane) (meso-arylporphyrin) coordination compound. *Inorg. Chem. Comm.* 2021, <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2021.108924> (IF: 3.428).
7. CHISCA, D.; CROITOR, L.; MELNIC, E.; PETUHOV, O.; KULIKOVA, O.; FONARI, M.S. Six transition metal–organic materials with the ditopic 4,4'-diaminodiphenylmethane ligand: synthesis, structure characterization and luminescent properties. *Polyhedron.* 2020, ISSN 0277-5387, <https://doi.org/10.1016/j.poly.2020.114844> (IF: 3.052).
8. CRACIUN, N.; CHISCA, D.; MELNIC, E.; FONARI, M.S. Unprecedented coordination compounds with 4,4'-diaminodiphenylethane as a supramolecular agent and ditopic ligand: synthesis, crystal structures and hirshfeld surface analysis, *Crystals.* 2023, p 1-14, ISSN 2073-4352, <https://doi.org/10.3390/cryst13020289> (IF: 2.67).
9. CRACIUN, N.; MELNIC, E.; KULIKOVA, O.V.; SIMINEL, A.V.; CHISCA, D.; FONARI, M.S. Interplay of bipyridine and 4,4'-diaminodiphenylmethane ligands in crystal design of cadmium-based coordination polymers: Structures and unusual photoluminescence quenching. *Polyhedron.* 2024, p. 116850-1—116850-10, doi:10.1016/j.poly.2024.116850 (IF: 2,6).

CZU: 544.142.2

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p79-85

COMPUȘI COORDINATIVI AI Co(II) ASAMBLAȚI PRIN DEPROTONAREA- PROTONAREA LIGANDULUI

COORDINATION COMPOUNDS OF Co(II) ASSEMBLED THROUGH DEPROTONATION-PROTONATION OF THE LIGAND

Danilescu Olga, dr., conf. univ., USM, Institutul de Chimie, Chișinău
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău

Bulhac Ion, dr. hab., conf. cerc., USM, Institutul de Chimie, Chișinău

Cocu Maria, dr., conf. cerc., USM, Institutul de Chimie, Chișinău

Bouroș Paulina, dr., conf. univ., USM, Institutul de Fizică Aplicată, Chișinău

Șova Sergiu, dr., conf. univ., USM, Institutul de Chimie, Chișinău

Danilescu Olga, PhD, assoc. prof., MSU, Institute of Chemistry
Technical University of Moldova

ORCID: 0000-0001-9090-7164, olga.danilescu@sti.usm.md

Bulhac Ion, dr. hab., assoc. prof., MSU, Institute of Chemistry

ORCID: 0000-0002-2437-2875

Cocu Maria, PhD, assoc. prof., MSU, Institute of Chemistry

ORCID: 0000-0001-8572-0258

Bouroș Paulina, PhD, assoc. prof., MSU, Institute of Applied Physics

ORCID: 0000-0002-3418-531X

Șova Sergiu, PhD, assoc. prof., MSU, Institute of Chemistry

ORCID: 0000-0002-1222-4373

Rezumat. A fost studiat procesul de deprotonare-protonare a bazei Schiff 2,6-diacetilpiridină bis(isonicotinoilhidrazonă) în copușii coordinativi ai Co(II), ca metodă de sinteză a complexelor noi. Au fost obținuți cinci compuși coordinativi noi, dintre care în trei complexe baza Schiff coordinează în formă neutră (H_2L) - $[Co(H_2L)(H_2O)_2]X_2$ ($X = ClO_4^-, Cl^-, Br^-$), iar în doi complexe ligandul este bis-protonat (H_4L^{2+}) - $[Co(H_4L)(H_2O)_2](HSO_4)_4$ și $[Co(H_4L)(SO_4)(H_2O)]SO_4 \cdot 2.5H_2O$. Compoziția chimică și structurală au fost stabilite cu metodele analizei elementale, spectroscopiei IR și difracției razelor X pe monocristal.

Cuvinte cheie: bază Schiff, Co(II), compus coordinativ, spectroscopie IR, difracție a razelor X, deprotonare-protonare.

Abstract. The process of deprotonation-protonation of the Schiff base 2,6-diacetylpyridine bis(isonicotinoylhydrazone) in the coordination compounds of Co(II) was studied, as a method for the synthesis of new complexes. Five new coordination compounds were obtained, of which in three complexes the Schiff base coordinates in neutral form (H_2L) - $[Co(H_2L)(H_2O)_2]X_2$ ($X = ClO_4^-, Cl^-, Br^-$), and in two complexes the ligand is bis-protonated (H_4L^{2+}) - $[Co(H_4L)(H_2O)_2](HSO_4)_4$ and $[Co(H_4L)(SO_4)(H_2O)]SO_4 \cdot 2.5H_2O$. The chemical and structural composition were determined by the methods of elemental analysis, IR spectroscopy and single crystal X-ray diffraction.

Keywords: Schiff base, Co(II), coordination compound, IR spectroscopy, X-ray diffraction, deprotonation-protonation.

Introducere

Interesul sporit pentru compușii coordinativi ai metalelor 3d în baza liganzilor hidrazonici, derivați din hidrazida acidului izonicotinic, se datorează proprietăților biologice esențiale atât ale reactanților, cât și ale compușilor coordinativi noi obținuți [2]. Unele proprietăți ale complexelor noi

sintetizați depind de comportamentul liganzilor în procesul deprotonare-protonare. Procesul deprotonare-protonare a complexelor este o strategie de eliminare a protonilor amidici în mediu bazic și adăugare a protonilor în mediu de reacție acid. Similar metodelor clasice de sinteză precum refluxare, solvothermală, ultrasonare *etc.* procesul deprotonare-protonare este o metodă eficientă aplicată în sinteza compușilor coordinativi noi [6-8]. Dirijarea acestui proces reversibil condiționează asamblarea materialelor noi cu potențiale proprietăți utile [3]. Pentru a configura geometria liganzilor și a ghida procesul deprotonare-protonare, este esențial să luăm în calcul natura ionului metalic [4] și al solventului [5], precum și mediul de reacție [6]. În acest studiu, prezentăm datele experimentale obținute ca rezultat al utilizării metodei de deprotonare-protonare a ligandului, în sinteza noilor compuși coordinativi ai Co(II). Metoda de deprotonare-protonare este utilizată în practica de laborator și permite simplificarea sintezei complexelor noi, precum și diversificarea compușilor coordinativi noi obținuți, prin substituirea în sfera externă a variațiilor anioni anorganici.

Rezultate și discuții

Sinteza *in situ*, ca rezultat al reacției dintre $\text{Co}(\text{SCN})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 2,6-diacetilpiridină și hidrazida acidului izonicotinic în mediu metanolic, în raport molar de 1:1:2 la refluxare, a generat un compus coordinativ mononuclear cu structură ionică – $[\text{Co}(\text{H}_2\text{L})(\text{H}_2\text{O})_2](\text{NCS})_2$ (**1**), unde H_2L = 2,6-diacetilpiridină bis(izonicotinoilhidrazonă). În ligandul organic de tip bază Schiff, cunoscut prin versatilitatea și modalitățile variate de coordinare, prezența grupei $=\text{NH}$ în structura legăturii amidice, condiționează atât tautomeria ceto-enolică [4], cât și posibilitatea procesului deprotonare-protonare în molecula dihidrazoniei.

Ulterior, compusul coordinativ ionic $[\text{Co}(\text{H}_2\text{L})(\text{H}_2\text{O})_2](\text{NCS})_2$ sintetizat a fost tratat cu apă amoniacală (25%) în exces, efectuând deprotonarea atomului de azot amidic, iar în consecință a fost obținut un sediment cristalin oranj-cărămiziu, care constituie complexul molecular $[\text{Co}(\text{L})(\text{H}_2\text{O})_2]$ (**2**) (Figura 1).

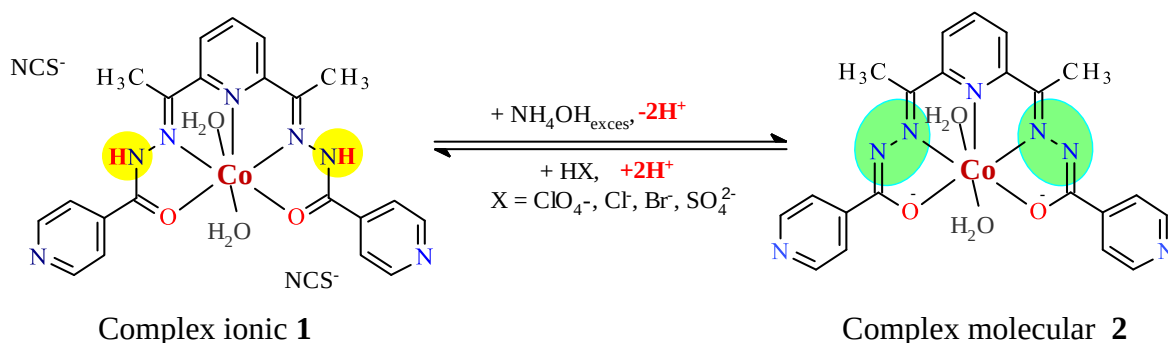


Fig. 1. Reacția de deprotonare-protonare în complexii 1 și 2

Structura moleculară a complexelor **1** și **2** a fost efectuată prin analiza elementală (Tabelul 1) și spectroscopia IR (Tabelul 2).

Tabelul 1. Rezultatele analizei elementale (C, H, N) pentru compușii coordinativi 1 și 2

Compusul coordinativ	Formula empirică	Conținutul elementului (calculat/găsit)(%)		
		C	H	N
$[\text{Co}(\text{H}_2\text{L})(\text{H}_2\text{O})_2](\text{NCS})_2$ (1)	$\text{C}_{23}\text{H}_{23}\text{CoN}_9\text{O}_4\text{S}_2$	45,10 /45,61	3,78 /3,93	20,37/20,58
$[\text{Co}(\text{L})(\text{H}_2\text{O})_2]$ (2)	$\text{C}_{21}\text{H}_{25}\text{CoN}_7\text{O}_6$	47,55/47,59	4,75/4,76	18,49/18,31

Deoarece deprotonarea-protonarea este un proces reversibil, compusul coordinativ $[\text{Co}(\text{L})(\text{H}_2\text{O})_2]$ a servit ulterior drept precursor pentru sinteza a cinci compuși coordinativi noi mononucleari ai $\text{Co}(\text{II})$: $[\text{Co}(\text{H}_2\text{L})(\text{H}_2\text{O})_2](\text{ClO}_4)_2$ (**3**), $[\text{Co}(\text{H}_2\text{L})(\text{H}_2\text{O})_2]\text{Cl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (**4**), $[\text{Co}(\text{H}_2\text{L})(\text{H}_2\text{O})_2]\text{Br}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ (**5**), $[\text{Co}(\text{H}_4\text{L})(\text{H}_2\text{O})_2](\text{HSO}_4)_4$ (**6**) și $[\text{Co}(\text{H}_4\text{L})(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})]\text{SO}_4 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ (**7**).

Tabelul 2. Benzile spectrelor IR caracteristice pentru compușii coordinativi 1 și 2

Compusul coordinativ	Spectrul IR (ν , cm^{-1})
$[\text{Co}(\text{H}_2\text{L})(\text{H}_2\text{O})_2](\text{NCS})_2$ (1)	3350 m, 3173 m, 2726 s, 2673 s, 2065 f.i, 1651 m, 1633 m, 1612 m, 1555 m, 1539 m, 1510 i, 1495 u, 1463 f.i, 1413 m, 1376 f.i, 1335 m, 1310 i, 1269 m, 1219 s, 1205 s, 1166 i, 1058 i, 1015 m, 996 m, 927 s, 910 m, 846 m, 807 m, 747 m, 697 i, 675 u, 644 s, 573 s, 548 s, 479 s
$[\text{Co}(\text{L})(\text{H}_2\text{O})_2]$ (2)	3363 m, 3212m, 2973 s, 2928 s, 2859 s, 2300 s, 1656 u, 1623 u, 1600 u, 1569 i, 1548 m, 1523 m, 1449 m, 1457 m, 1366 f.i, 1334 i, 1310 i, 1247 m, 1227 m, 1161 i, 1144 m, 1110 s, 1051 m, 994 s, 911 s, 854 s, 806 m, 764 m, 697 i, 680 m, 647 s, 548 s

Intensitatea relativă a benzii de absorbție: f. i – foarte intensivă, i – intensivă, m – medie, s slabă, u – umăr.

Astfel, în realizarea sintezelor complexilor **3-7** a fost utilizată cu succes metoda deprotonare-protonare a ligandului, substituind în sfera externă variați anioni anorganici, precum ClO_4^- (**3**), Cl^- (**4**), Br^- (**5**), HSO_4^- (**6**), SO_4^{2-} (**7**) (Figura 2).

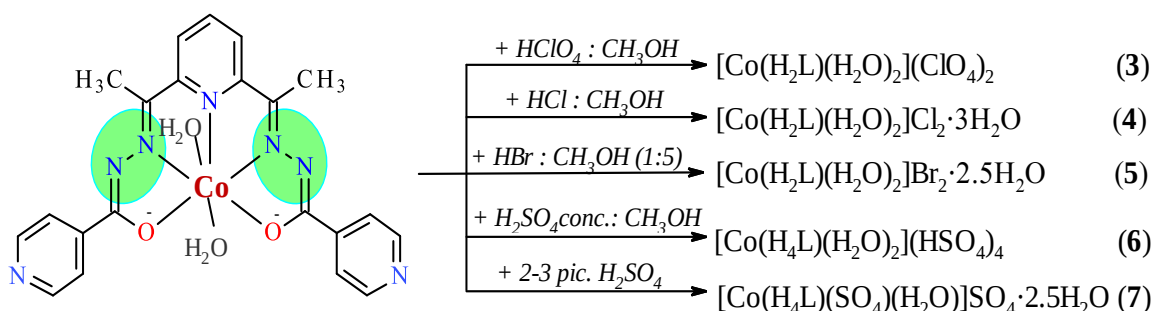


Fig. 2. Etapele de sinteză ale compușilor coordinativi mononucleari ai $\text{Co}(\text{II})$ în baza 2,6-diacetilpiridină bis(izonicotinoilhidrazonei)

Complexii obținuți **3-7** sunt caracterizați prin o structură cristalină ionică (Figura 1), iar pentru determinarea și confirmarea compoziției chimice și structurii moleculare și cristaline au fost utilizate spectroscopia IR și metoda difracției razelor X pe monocristal.

În spectrul IR al bazei Schiff (H_2L) poate fi ușor identificată banda de absorbție la 3186 cm^{-1} , care este caracteristică oscilațiilor de valență ale grupelor NH , iar banda de absorbție de intensitate înaltă la 1672 cm^{-1} este atribuită oscilațiilor de valență ale grupelor carbonilice $\nu(\text{C}=\text{O})$. Benzile de absorbție caracteristice inelului piridinic sunt identificate la 1620 , 1495 și 786 cm^{-1} [10, pp. 31, 32, 142], iar cea de intensitate medie la 1601 cm^{-1} poate fi atribuită oscilațiilor de valență ale grupelor azometinice $\nu(\text{C}=\text{N})$ și $\nu(\text{C}=\text{C})$ aromatică.

În spectrele IR ale complexelor $\text{Co}(\text{II})$ **3**, **6** și **7** nu poate fi identificată banda de absorbție $\nu(\text{NH})$ datorită prezenței benzilor de absorbție $\nu(\text{OH})$, atribuite CH_3OH și H_2O , dar și probabil suprapunerii oscilațiilor grupelor funcționale $=\text{NH}$ și $-\text{OH}$.

Conform spectroscopiei IR ligandul coordinează în formă cetonică: $\nu(\text{C}=\text{O})$ 1639 cm^{-1} (**3**), 1633 cm^{-1} (**6**), 1627 cm^{-1} (**7**) și *bis*-protonat, $\nu(\text{PyH}^+)$ 2608, 2467 cm^{-1} (**6**), 2615-2605, 2472-2460 cm^{-1} pentru compusul **7**. Prezența anionilor anorganici (ClO_4^- , HSO_4^- , SO_4^{2-}) în compușii coordinativi **3**, **6** și **7** este demonstrată prin prezența benzilor de intensitate înaltă înregistrate în regiunile: 1162-1007 cm^{-1} pentru anionul ClO_4^- în **3**, 1172-1019 cm^{-1} pentru anionul HSO_4^- în **6** și în regiunea 1187-1019 cm^{-1} - anionul SO_4^{2-} în **7**.

Studiul cu raze X pe monocristale a stabilit modul de coordinare al ligandului la Co(II) în complexii **3-7**, iar sfera coordinativă a ionului metalic prezentând o bipiramida pentagonală, planul ecuatorial al căreia îl formează ligandul organic de tip bază Schiff (H_2L) pentadentat (N_3O_2) constituit din: atomul de azot al heterociclului piridinic central, doi atomi de azot azometinici și doi atomi de oxigen amidici. Pozițiile apicale ale bipiramidei pentagonale sunt ocupate de două molecule de apă în complexii **3-6** și de un anion SO_4^{2-} și o moleculă de apă în complexul **7**. Datele cristalografice și parametrii de structură pentru complexii **3-7** sunt prezentate în Tabelul 3.

Tabelul 3. Datele cristalografice și parametrii de structură pentru complexii 3-7

Complex	3	4	5	6	7
Formula empirică	$\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{Cl}_2\text{CoN}_7\text{O}_{12}$	$\text{C}_{21}\text{H}_{29}\text{Cl}_2\text{CoN}_7\text{O}_7$	$\text{C}_{21}\text{H}_{28}\text{Br}_2\text{CoN}_7\text{O}_{6,50}$	$\text{C}_{21}\text{H}_{29}\text{CoN}_7\text{O}_{20}\text{S}_4$	$\text{C}_{21}\text{H}_{28}\text{CoN}_7\text{O}_{13,5}\text{S}_2$
Singonia	monoclinică	monoclinică	monoclinică	monoclinică	ortorombică
Grupul spațial	$P2_1/n$	$C2/c$	$C2/c$	$P2_1/c$	$Pna2_1$
a , Å	8,2408(3)	13,579(5)	13,7221(17)	10,7016(9)	15,1072(7)
b , Å	34,0508(11)	15,643(5)	15,7658(18)	15,689(2)	15,5407(6)
c , Å	10,2658(3)	14,208(5)	14,1792(12)	20,4860(17)	11,4437(5)
α , °	90	90	90	90	90
β , °	107,779(3)	117,820(5)	117,266(12)	98,190(6)	90
γ , °	90	90	90	90	90
V , Å ³	2743,08(14)	2669,2(16)	2726,7(5)	3404,4(7)	2686,7(2)
Z	4	4	4	4	4

Valorile lungimilor legăturilor metal-ligand pentru compușii coordinativi sintetizați **3-7** sunt incluse în Tabelul 4.

Tabelul 4. Distanțele interatomice în poliedrele de coordinare ale ionilor Co(II) pentru combinațiile complexe 3-7

Legătura	Distanța, Å				
	3	4	5	6	7
Co(1)-O(1)	2,190(3)	2,178(3)	2,184(2)	2,200(3)	2,246(4)
Co(1)-O(2)	2,168(3)	2,178(3)	2,184(2)	2,188(3)	2,151(4)
Co(1)-N(3)	2,205(4)	2,180(4)	2,186(2)	2,191(3)	2,212(5)
Co(1)-N(4)	2,174(4)	2,159(5)	2,160(3)	2,184(3)	2,172(5)
Co(1)-N(5)	2,185(4)	2,180(4)	2,186(2)	2,192(3)	2,154(5)
Co(1)-O(1w)	2,097(3)	2,139(4)	2,133(2)	2,108(3)	2,112(5)
Co(1)-O(2w)	2,112(4)	2,139(4)	2,133(2)	2,126(3)	
Co(1)-O(1S)					2,130(5)

Analiza geometriei ligandului de tip bază Schiff (H_2L) din cadrul complexelor **3-7** demonstrează că acesta este practic planar și ca rezultat al coordonării la ionii metalici formează patru metalocicluri din câte cinci atomi, două dintre acestea fiind constituite din setul de atomi $OCNNCo$, iar celelalte două – din $NCCNCo$ (Figura 3c).

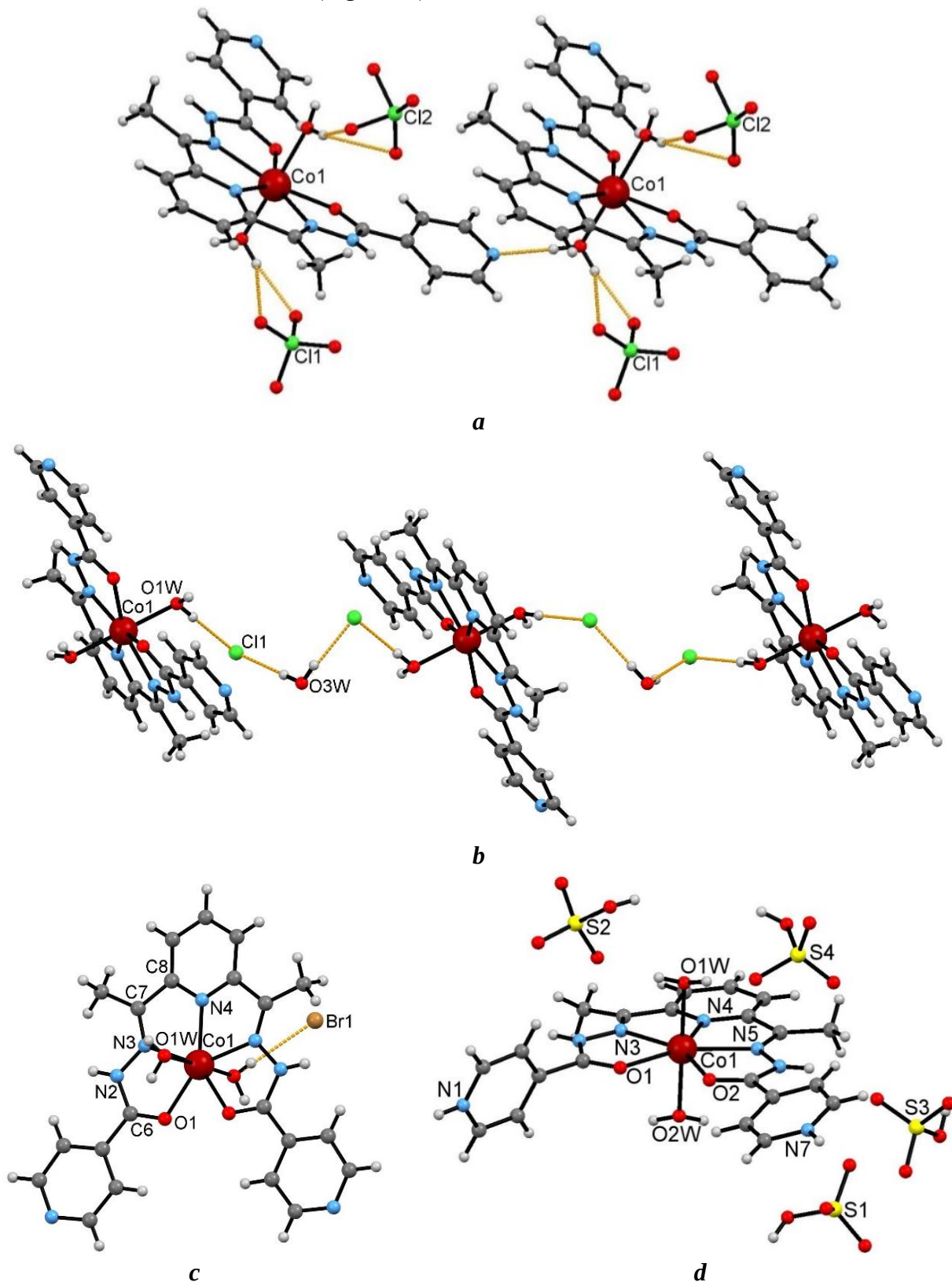


Fig. 3. Structura complexelor 3 (a), 4 (b), 5 (c), 6 (d) și localizarea anionilor ClO_4^- , Cl^- , Br^- și HSO_4^- în structură

Studiul cu raze X a stabilit că în complexii **3-5** 2,6-diacetilpiridină bis(izonicotinoilhidrazona) coordonează în formă cetonică, lungimea legăturilor C=O înregistrând următoarele valori: 1,228, 1,234 Å în **3**; 1,229 Å în **4**; 1,230 Å în **5**; 1,222, 1,225 Å în **6**; 1,224 și 1,233 Å în **7**. În compușii coordinativi **3-5** ligandul organic coordonează în formă neutră (H₂L), pe când în complexii **6** și **7** – în formă bis-protonată (H₄L²⁺), un rezultat similar fiind publicat anterior [1]. Valoările unghiurilor CNC al N(1) și N(7) în complexii **6** și **7**, mai mari de 120° demonstrează protonarea atomilor de azot piridinici terminali, pe când în complexii **3-5** valoarea unghiului CNC al N(1) și N(7) prezentând valori mai mici de 120° (Tabelul 5).

Tabelul 5. Valoarea unghiului CNC al N(1) și N(7) piridinici terminali în 3-7

Complex Unghi	3	4	5	6	7
∠CN(1)C, °	116,80	117,18	117,07	122,52	121,06
∠CN(7)C, °	117,56	117,18	117,07	122,25	121,99

Concluzii

Utilizând procesul de deprotonare-protonare a bazei Schiff, 2,6-diacetilpiridină bis(izonicotinoilhidrazonă), au fost obținuți și studiați cinci compuși coordinativi ai Co(II) cu structură ionică, în care ligandul coordonează pentadentat, neutru (**3-5**), dar și bis-protonat (**6** și **7**), în funcție de natura acidului mineral. În toți complexii studiați ligandul este stabilizat în formă cetonică, acest fapt fiind demonstrat de rezultatele studiului difracției cu raze X pe monocristal și de spectroscopia în IR.

Rezultatele incluse în acest studiu au fost realizate în cadrul a două subprograme de cercetare cu titlul: "Sinteza și studiul materialelor noi în baza combinațiilor complexe cu liganzi polifuncționali și cu proprietăți utile în medicină, biologie și tehnică" (Cod: 010602) și "Proiectarea și fabricarea de materiale inteligente cu proprietăți avansate magnetice, de adsorbție, luminescente și biologic active" (Cod: 011202).

Bibliografie

- BULHAC, I.; DANILESCU, O.; RIJA, A.; SHOVA, S.; KRAVTSOV, V.CH.; BOUROSH, P.N. Cobalt(II) complexes with pentadentate Schiff bases 2,6-diacetylpyridine hydrazones: syntheses and structures. In: *Russian Journal of Coordination Chemistry*. 2017, vol. 43(1), pp. 21-36. <https://doi.org/10.1134/S1070328417010018>
- BULHAC, I.; DESEATNIC-CILOCI, A.; BOUROSH, P.; TIURINA, J.; BOLOGA, O.; BIVOL, C.; CLAPCO, S.; VEREJAN, A.; LABLIUC, S.; DANILESCU, O. Structure and some biological properties of Fe(III) complexes with nitrogen-containing ligands. In: *Chemistry Journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry*. 2016, vol. 11(1), pp. 39-49. ISSN 1857-1727 [https://cjm.asm.md/sites/default/files/article_files/ChemJMold201611\(1\)_39-49_Bulhac.pdf](https://cjm.asm.md/sites/default/files/article_files/ChemJMold201611(1)_39-49_Bulhac.pdf)
- CHANG, M.; HORIKI, H.; NAKAJIMA, K.; KOBAYASHI, A.; CHANG, H.-C. & KATO, M. (2010). Acid-Base Behavior of Substituted Hydrazone Complexes Controlled by the Coordination Geometry. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*. 2010, Vol. 83(8), pp. 905–910. <https://doi.org/10.1246/bcsj.20100065>
- CHUMAKOV, Y.M.; DANILESCU, O.; BOUROSH, P.N.; KULIKOVA, O.V.; BULHAC, I.; CROITOR, L. Metal ions impact on the isostructurality and properties of 2D coordination polymers. In: *CrystEngComm*, 2022, vol. 24, pp. 4430-4439. <https://doi.org/10.1039/D2CE00444E>

5. CROITOR, L.; COCU, M.; BULHAC, I.; BOUROSH, P.N.; KRAVTSOV, V.CH.; PETUHOV, O.; DANILESCU, O. Evolution from discrete mononuclear complexes to trinuclear linear cluster and 2D coordination polymers of Mn(II) with dihydrazone Schiff bases: preparation, structure and thermal behavior. In: *Polyhedron*. 2021, Vol. 206, pp. 115329. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2021.115329>
6. DANILESCU O.; BULHAC I.; BOUROSH P.N.; CROITOR L. Anion-assisted Fe(III)-coordination supramolecular systems based on 2,6-diacetylpyridine dihydrazone. *Polyhedron*. 2022, Vol. 215, pp. 115679. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2022.115679>
7. GLADYSIAK, A.; NGUYEN, T.N.; ANDERSON, S.L.; BOYD, P. G.; PALGRAVE, R.G.; BACSA, J.; BEREND, S. ROSSEINSKY, M.J., STYLIANOU, K.C. (2018). Shedding Light on the Protonation States and Location of Protonated N Atoms of Adenine in Metal–Organic Frameworks. *Inorganic Chemistry*. 2018, Vol. 57(4), pp. 1888-1900. <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.7b02761>
8. TERATANI, T.; KOIZUMI, T.; YAMAMOTO, T.; TANAKA, K.; KANBARA, T. Deprotonation/protonation of coordinated secondary thioamide units of pincer ruthenium complexes: Modulation of voltammetric and spectroscopic characterization of the pincer complexes. *Dalton Transactions*. 2011, Vol. 40(35), pp. 8879-8886. <https://doi.org/10.1039/c0dt01283a>
9. ZHOU, J.-L.,; SUN, H.-W.; YIN, D.-H.; LI, Y.-L.; TUO, S.-X.; XU, Y.-H.; YAN, J. (2017). Deprotonation or protonation: The coordination properties, crystal structures and spectra of cobalt(II) complex with 1-(2-pyridylazo)-2-acenaphthequinol ligand. *Journal of Molecular Structure*. 2017. Vol. 1134, pp. 63–66. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2016.12.061>
10. НАКАНИСИ, К. *Инфракрасные спектры и строение органических соединений*. Москва: Мир, 1965, 261 с.

CZU: 547

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p86-91

EVIDENȚA DFT A INTERACȚIUNII SINERGICE DINTRE UNELE FLAVANOIDE ȘI ACIZI FENOLICI ÎN REACȚIILE LOR COMUNE CU ABTS⁺

DFT EVIDENCE OF THE SYNERGISTIC INTERACTION BETWEEN SOME FLAVANOIDS AND PHENOLIC ACIDS IN THEIR JOINT REACTIONS WITH ABTS⁺

Gorbaciov Mihail, dr., cercet. șt. superior, USM, Institutul de Chimie

Gorincioi Natalia, dr., cercet. șt. coord., USM, Institutul de Chimie

Bălan Iolanta, dr., cercet. șt. superior, lector univ., USM, Institutul de Chimie

Gorbachev Mikhail, PhD, senior researcher, MSU, Institute of Chemistry

ORCID: 0009-0005-3058-5497

Gorinchoy Natalia, PhD, leading researcher, MSU, Institute of Chemistry

ORCID: 0000-0003-4529-9061

Balan Iolanta, PhD, senior researcher, lecturer, MSU, Institute of Chemistry

ORCID: 0000-0002-8704-1344, ibalan02@yahoo.com

Rezumat. În baza calculelor DFT s-a demonstrat că în cazul în care moleculele neutre ale acidului protocatecuic (APC) și quercetinei (Q) formează complecși cu ABTS⁺ (prin intermediul uneia dintre cele două grupe –SO₃H ale ABTS⁺) densitatea electronică a electronul nepereche al ABTS⁺ rămâne pe fragmentele sale structurale în acești complecși. Cu toate acestea, la rândul lor, acești complecși: [PCA - ABTS⁺] și [Q - ABTS⁺] pot interacționa cu ușurință cu anionii PCA⁻ și Q⁻ care apar ca urmare a deprotonării grupării -OH. Fragmentele structurale ale ABTS⁺ ale complexelor rezultate [PCA - ABTS⁺ - Q⁻] și [Q - ABTS⁺ - PCA⁻] nu conțin electroni nepereche. Astfel, pe baza calculelor DFT, se poate concluziona că în cazul studiat va avea loc efectul sinergic antioxidant în reacția comună a APC și Q cu cation-radicalul ABTS⁺.

Cuvinte-cheie: activitate antioxidantă, flavanoide, ABTS⁺, efect sinergic, calcule DFT.

Abstract. On the basis of DFT calculations it was shown that in the case when neutral molecules of protocatechuic acid (PCA) and quercetin (Q) form their complexes with ABTS⁺ (by means of one of the two –SO₃H groups of the cation-radical ABTS⁺) the electronic density of the unpaired electron of ABTS⁺ remains mainly on the ABTS⁺ 's structural fragments of these complexes. However, in their turn, these complexes: [PCA – ABTS⁺] and [Q – ABTS⁺] can easily interact respectively with the anions PCA⁻ and Q⁻ arising due to deprotonation of the -OH group. The ABTS⁺ 's structural fragments of the resulting complexes [PCA – ABTS⁺ - Q⁻] and [Q – ABTS⁺ - PCA⁻] do not contain any unpaired electrons. Thus, basing on the DFT calculations, one can conclude that in the case under study the antioxidant synergistic effect in the joint reaction of PCA and Q with ABTS⁺ will take place.

Keywords: antioxidant activity, flavanoids, ABTS⁺, synergistic effect, DFT calculations.

Introducere

Unele dintre cele mai puternice clase de compuși naturali antioxidanți sunt acizii fenolici alimentari și flavonoidele, ce se găsesc în multe produse vegetale sau extracte obținute din acestea. Ei sunt capabili să „stingă” (distrugă) radicalii liberi care amenință celulele corpului uman [1, 2]. Atunci când sunt prezente împreună, acizii fenolici și flavonoidele demonstrează frecvent un efect sinergic antioxidant semnificativ în cadrul reacțiilor lor comune cu anumiți radicali liberi. Interacțiunea sinergică între antioxidanți este un subiect de interes pentru cercetarea biomedicală,

deoarece poate oferi noi strategii pentru prevenirea sau tratarea unor boli asociate cu stresul oxidativ. Pentru a identifica mecanismele interacțiunii sinergice între diferite perechi de antioxidanți, este necesar să se realizeze studii experimentale atât *in vitro*, cât și *in vivo*, precum și prin metode teoretice, cum ar fi dinamica moleculară, teoria funcționalei de densitate (DFT) și alte metode din chimia cuantică, care pot oferi informații despre redistribuirea electronilor între reactanții reacțiilor antiradicalice.

Astfel, în lucrarea [3] dedicată interacțiunii sinergice dintre moleculele de acizi alimentari și flavonoide, s-a remarcat că, deși există cazuri confirmate experimental de astfel de efecte sinergice, totuși, nu se atestă studii teoretice ale acestor posibile mecanisme. Prin urmare, studiile teoretice a detaliilor particulare ale redistribuirii densității electronilor între reactanții reacțiilor antiradicalice studiate sunt de o valoare deosebită. Spre exemplu, astfel de investigații teoretice au fost efectuate în lucrările noastre [4-6], principalele etape ale mecanismului responsabil pentru efectul sinergic în reacția comună a acidului cafeic și glutatationului cu cation-radicalul $ABTS^{+}$ au fost identificate cuanto-chimic (folosind metoda DFT), s-au determinat factorii electronici și structurali care stau la baza acestui mecanism. Așadar, s-a demonstrat că, dintre toți acizii alimentari studiați, numai acidul cafeic (AC) prezintă un efect sinergic semnificativ cu glutatationul (GI). Principalele cauze ale acestui efect sinergic considerat sunt, în primul rând, prezența grupărilor hidroxil 3-OH și 4-OH în structura acidului cafeic, în al doilea rând, stabilitatea mai mare a anionului său care conține gruparea hidroxil 4-OH deprotonată. Mai mult ca atât, s-a demonstrat că anionii acidului cafeic și glutatationului sunt capabili să interacționeze cu complexii formați de $ABTS^{+}$, respectiv, cu molecule neutre de glutatation și acid cafeic, în care densitatea electronică a electronului desperecheat rămâne pe fragmentul structural $ABTS^{+}$. Totuși, după interacțiunea cu anionii acidului cafeic și glutatationului, care își donează electronii, are loc stingerea (dispariția) electronilor neîmperecheați de pe aceste fragmente $ABTS^{+}$ datorită transferului densității electronice de la acești anioni la $ABTS^{+}$. Astfel, calculele DFT [4-5] au făcut posibilă înțelegerea prezenței unui efect sinergic în reacția comună a acidului cafeic și glutatationului cu cation-radicalul $ABTS^{+}$. Mecanismul de interacțiune sinergică dintre acidul cafeic și glutatation – dezvăluit în lucrarea [4] – în timpul reacției lor comune cu cationul radical $ABTS^{+}$ a făcut posibilă explicarea datelor experimentale prezentate în lucrarea [7], în care s-a determinat că, din seria de acizi alimentari studiați în această lucrare, doar pentru perechea [AC – GI] există un efect sinergic semnificativ, exprimat clar în reacția lor comună cu cation-radicalul $ABTS^{+}$. Mai mult, deoarece în lucrarea [8] s-a stabilit experimental prezența unui efect sinergic în reacția comună a glutatationului și a quercetinei - Q (flavonoidă) cu $ABTS^{+}$, în legătură cu cele de mai sus, era logic să presupunem posibilitatea unui efect sinergic a perechii [Q – AC] în reacția lor comună cu $ABTS^{+}$ și să efectuăm un studiu teoretic (folosind metoda DFT) al acestui efect [9].

Rezultate și discuții

Reieșind din cele expuse mai sus, este teoretic interesant și practic important să investigăm posibilitatea apariției unui efect sinergic în timpul interacțiunii quercetinei (precum și a altor flavonoide) cu acizii fenolici – antioxidanți ce conțin în fragmentele lor structurale fenolice două grupări hidroxil asociate la atomii de carbon vecini ai ciclului benzenic. În acest scop, pentru a studia principalele etape ale mecanismului molecular al efectului sinergic în amestecul binar de antioxidanți, s-a întreprins un studiu cuanto-chimic folosind metoda DFT/B3LYP [10] și baza 6-31G(d) pentru OA în programul Gaussian 09 [11]. Ca subiect de studiu s-a determinat amestecul binar „acid protocatecuic + quercetină” în reacția lor comună cu cation-radicalul liber $ABTS^{+}$.

Acidul protocatecuic (APC) este un acid fenolic larg răspândit în mod natural, este unul dintre componentele biologic active ale unor plante medicinale [12-13], are similitudini structurale cu acidul galic, cafeic, vanilic și siringic, care sunt compuși antioxidanți bine cunoscuți și conține 2 grupări hidroxil 3-OH și 4-OH în fragmentul său polifenolic structural (Figura 1). Quercetina (Q), un flavonoid găsit în fructe și legume, are proprietăți biologice unice – de a îmbunătăți performanța mentală/fizică, de a reduce riscul de infecție și de a crește rezistența la boli [14]; este un aglicon, nomenclatura IUPAC este 3,3',4',5,7-pentahidroxiflvanonă, respectiv, quercetina are 5 grupe OH (Figura 2).

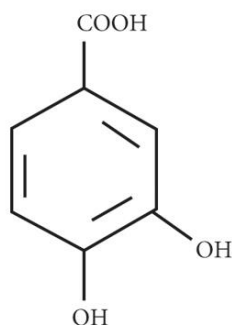


Fig. 1. Structura chimică a acidului protocatecuic

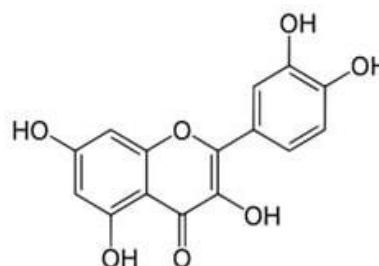


Fig. 2. Structura chimică a Quercetinei

Inițial au fost calculate posibilele sisteme moleculare rezultate din diferite interacțiuni binare individuale și comune ale acidului protocatecuic și quercetinei (precum și cei mai stabili din punct de vedere energetic ai acestora – anionii) cu cation-radicalul $ABTS^{+•}$ în mediu etanolic (folosind opțiunea IEFPCM în programul Gaussian 09). Principalele rezultate ale calculelor noastre DFT, care includ geometriile optimizate ale complexelor moleculare formate din molecule neutre APC și Q cu cation-radicalul $ABTS^{+•}$; precum și distribuția spațială a densității de electroni a electronilor neperechi ai acestor complecși, sunt prezentate în Figurile 3-4 de mai jos.

Se poate observa că, în cazurile moleculelor antioxidante neutre, interacțiunea cu cation-radicalul $ABTS^{+•}$ are loc prin una dintre grupările sale $-SO_3H$ (Figurile 3 și 4). În plus, în cazul acidului protocatecuic, densitatea electronică a electronului nepereche rămâne aproape complet pe fragmentul structural al cation-radicalului (Figura 3), în timp ce în cazul quercetinei este transferată doar parțial la fragmentul structural al quercetinei (Figurile 4). Astfel, în timpul interacțiunii moleculelor neutre de acid protocatecuic și quercetină cu $ABTS^{+•}$, electronul nepereche al $ABTS^{+•}$ nu se stinge.

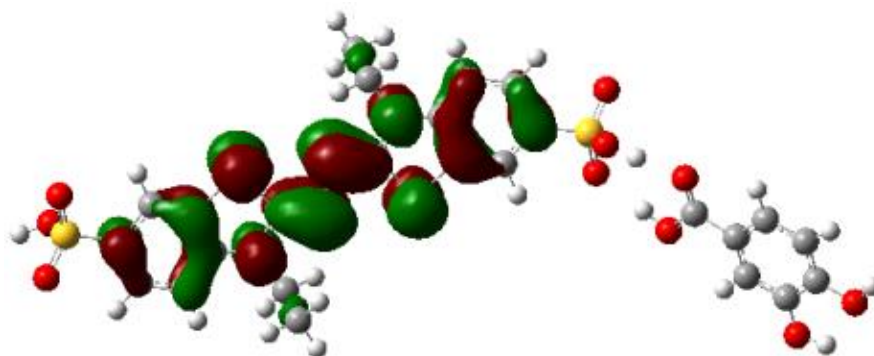


Fig. 3. Geometria optimizată și distribuția spațială a densității electronice a electronului nepereche în complexul [APC – ABTS⁺*]

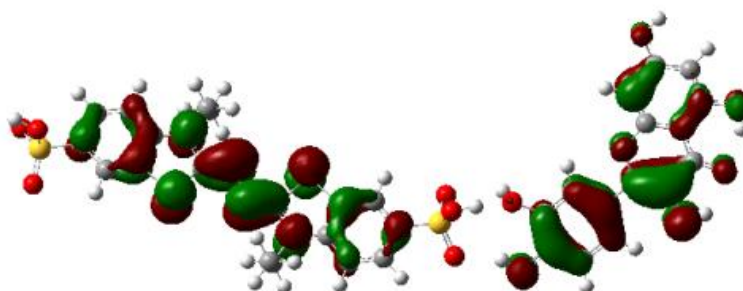


Fig. 4. Geometria optimizată și distribuția spațială a densității electronice a electronului nepereche în complexul [Q - ABTS⁺*]

Mai mult ca atât, calculele DFT arată că, pentru cazurile în care anionii acidului protocatecuic și quercetinei formează complecșii cu ABTS⁺, densitatea electronului nepereche al ABTS⁺ este „stins” practic complet datorită transferului de electroni de la acești anioni la cation–radicalul ABTS⁺. Cu toate acestea, cele mai interesante cazuri sunt realizate atunci când sistemele complexe binare [APC - ABTS⁺*] și [Q - ABTS⁺*], prezentate mai sus, interacționează cu anionii de quercetină (Q⁻) și acid protocatecuic (APC⁻) (vezi Figurile 5 și 6).

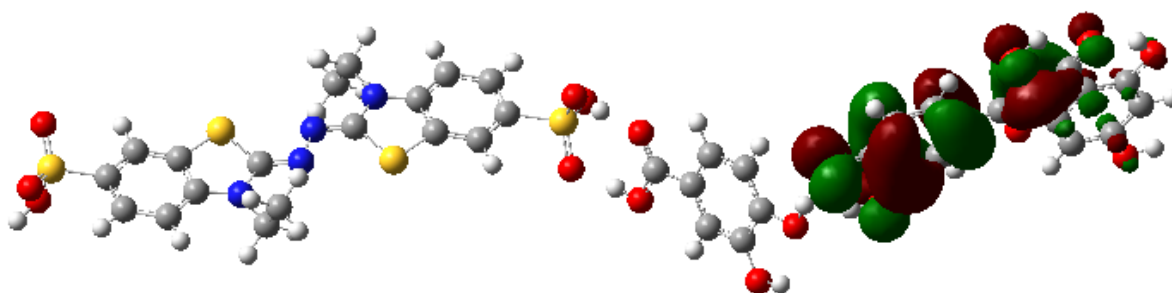


Fig. 5. Geometria optimizată și distribuția spațială a densității electronice a electronului nepereche în sistemul [APC – ABTS⁺* – Q⁻]

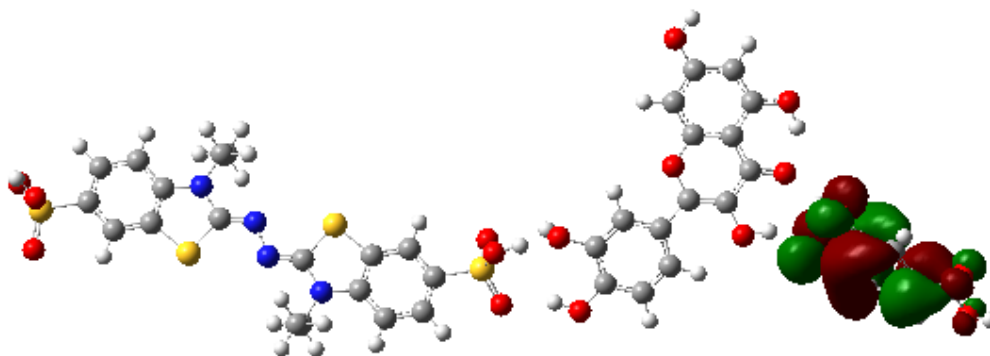


Fig. 6. Geometria optimizată și distribuția spațială a densității electronice a electronului nepereche în sistemul [Q – ABTS⁺• – APC⁻]

Astfel, studiile noastre teoretice, prezentate în Figurile 3-6, demonstrează că, în reacția comună cu ABTS⁺•, anionii quercetinei vor spori activitatea antioxidantă a acidului protocatecuic și, la rândul lor, anionii acidului protocatecuic vor spori activitatea antioxidantă a quercetinei. Rezultă că între ambii antioxidanți are loc un efect sinergic clar. Mai mult, rezultatele obținute în prezenta lucrare arată că interacțiunea quercetinei cu acizii fenolici - antioxidanți care conțin în fragmentele lor structurale două grupări hidroxil asociate cu atomii de carbon vecini ai ciclului benzenic poate duce într-adevăr la apariția unui efect sinergic între aceste substanțe în reacțiile lor comune cu radicalii liberi. Unele rezultate preliminare ale ultimelor noastre calcule indică faptul că un efect sinergic poate avea loc și în cazul în care, în reacția cu ABTS⁺•, quercetina este înlocuită cu epicatehinul (flavonoid). Cazul legat de această înlocuire va fi luat în considerare în următoarea noastră lucrare.

Concluzii

Astfel, studiile noastre teoretice demonstrează că în reacția comună a acidului protocatecuic și quercetinei cu cation-radicalul ABTS⁺• are loc intensificarea reciprocă a activităților antiradicalice a ambilor antioxidanți, adică între ele are loc un efect sinergic. Acest efect se realizează numai datorită prezenței grupărilor hidroxil în structura acidului protocatecuic și formării anionului acidului protocatecuic datorită deprotonării grupării hidroxil. Prezentul studiu oferă o perspectivă asupra altor acizi fenolici, a căror structură conține astfel de grupări hidroxil.

Referințe:

1. COSMULESCU, S.; TRANDAFIR, I.; NOUR, V. Phenolic Acids and Flavonoids Profiles of Extracts from Edible Wild Fruits and Their Antioxidant Properties. *International Journal of Food Properties*, 2017, 20 (12), pp. 3124– 3134. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1274906>
2. GU, C.; HOWELL, K.; DUNSHEA, F.R.; SULERIA, H.A.R. LC-ESI-QTOF/MS Characterization of Phenolic Acids and Flavonoids in Polyphenol-Rich Fruits and Vegetables and Their Potential Antioxidant Activities. *Antioxidants*, 2019, 8 (9), pp. 405-420. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8090405>
3. OLSZOWY-TOMCZYK, M. Synergistic, Antagonistic and Additive Antioxidant Effects in the Binary Mixtures. *Phytochemistry Reviews*, 2020, 19 (1), pp. 63-103. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11101-019-09658-4>
4. GORBACHEV, M.; GORINCHOY, N.; BALAN, I., Electronic Aspects of the Synergistic Antioxidant Interaction of Various Pairs "Phenolic Food Acid and Glutathione" in Their Reactions with the Stable Radical Cation ABTS⁺•. *International Journal of Organic Chemistry*, 2023, 13 (3), pp. 96-108. DOI: <https://doi.org/10.4236/ijoc.2023.133008>

5. GORBACHEV, M.; GORINCHOY, N.; BALAN, I.; ARSENE, I. Studiul cuanto-chimic al relației structura electronică - acțiune antioxidantă a unor compuși chimici. In: *Procese redox cu transfer de electroni și protoni*. Gh. Duca (Ed.), Ch.5, Editura USM: Chișinău, 2023, pp. 98-122. DOI: https://doi.org/10.59259/PRTEP_05
6. GORBACHEV, M.; GORINCHOY, N.; BALAN, I.; ARSENE, I. Relationships Electronic Structure-Antioxidant Action for Chemical Compounds: A Quantum Chemical Study. Gheorghe Duca, Ashok Vaseashta (Eds.) *Handbook of Research on Fundamental and Biomedical Aspects of Redox Processes*. IGI Global, USA, 2023, Ch.6, pp. 143-158. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-7198-2.ch006>
7. RAN, L.; CHIA, Y.; HUANGA, Y.; HE, Q.; REN, Y. Synergistic antioxidant effect of glutathione and edible phenolic acids and improvement of the activity protection by coencapsulation into chitosancoated liposomes. *LWT - Food Science and Technology*, 2020, 127, article 109409, pp. 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109409>
8. ILYASOV, I.; BELOBORODOV, V.; ANTONOV, D. et al. Flavonoids with Glutathione Antioxidant Synergy: Influence of Free Radicals Inflow. *Antioxidants*, 2020, 9 (8), pp. 695-715. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox9080695>
9. GORBACHEV, M.; GORINCHOY, N.; BALAN, I. DFT Study of Structural Features of Caffeic Acid and Quercetin Responsible for Realization of Possible Synergistic Effect in Their Joint Reaction with the Cation-Radical ABTS*⁺. *Scientific seminar: Advanced Materials to Reduce the Impact of Toxic Chemicals on the Environment and Health*, Chisinau, 21 September, 2023, pp. 25. DOI: <http://dx.doi.org/10.19261/admateh.2023.ab17>
10. LEE, C.; YANG, W.; PARR, R.G. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density, *Physical Review B*, 1988, 37 (2), pp. 785-789. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.37.785>
11. FRISCH, M.J.; TRUCKS, G.W.; SCHLEGEL, H.B.; et al., Gaussian 09, Gaussian, Inc.: Wallingford, CT, 2009. <https://gaussian.com/glossary/g09/>
12. ZHANG, S.; GAI, Z.; GUI, T.; et al., Antioxidant Effects of Protocatechuic Acid and Protocatechuic Aldehyde: Old Wine in a New Bottle. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021, Article ID 6139308, pp. 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6139308>
13. KAKKAR, S.; BAIS, S.A. Review on Protocatechuic Acid and Its Pharmacological Potential. *International Scholarly Research Notices*, 2014, Article ID 952943, pp. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/952943>
14. LI, Y.; YAO, J.; HAN, C.; et al. Quercetin, Inflammation and Immunity. *Nutrients*, 2016, 8(3), pp. 167-181. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu8030167>

CZU: 546

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p92-95

ANIONUL SULFAT – GENERATOR DE ARHITECTURI POLIMERICE COORDINATIVE PENTRU IONII ZN(II)/CD(II) CU LIGANZI AZINICI

SULFATE ANION AS A COGENERATOR OF COORDINATION POLYMERIC ARCHITECTURES FOR ZN(II)/CD(II) IONS IN PARTNERSHIP WITH AZINE LIGANDS

Lozovan Vasile, dr., Institutul de Cercetari în Chimie „Raluca Ripan”, Universitatea Babeş-Bolyai, Cluj Napoca, România

Lozovan Vasile, PhD, "Raluca Ripan" Institute for Research in Chemistry, Babes-Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania, ORCID: 0000-0003-0455-1101, vasile.lozovan@ubbcluj.ro

Rezumat. Anionul sulfat, ce posedă o geometrie tetraedrică, este un ligand polidentat versatil în ingineria structurilor de rețea extinse. În urma reacției dintre sulfații de zinc și cadmiu cu liganzii azinici 3-bphz, 4-bphz, 3-bpmhz și 4-bpmhz au fost obținuți o serie de compuși complecși, șase dintre care au prezentat structură polimerică. Scopul cercetării urmărește identificarea condițiilor de sinteză și a precursorilor care duc la formarea rețelelor coordinative tridimensionale. Condițiile sintetice simple ne-au permis să urmărim evoluția rețelelor de coordinare.

Cuvinte-cheie: polimer coordinativ, sulfat, liganzi azinici, cristal.

Abstract. The sulfate anion, possessing a tetrahedral geometry, is a versatile polydentate ligand in the engineering of extended network structures. Following the reaction of zinc and cadmium sulfates with the azine ligands 3-bphz, 4-bphz, 3-bpmhz and 4-bpmhz, a series of complex compounds were obtained, six of which showed a polymeric structure. The aim of the research is to identify the synthesis conditions and the precursors used in the reaction that lead to the formation of three-dimensional coordination networks. The simple synthetic conditions allowed us to follow the evolution of coordination networks.

Keywords: coordination polymer, sulfate, azine ligands, crystal.

Introducere

Anionul sulfat este utilizat frecvent pentru a obține complecși cu aplicații practice în domenii precum medicină, chimie bioanorganică, cataliză ș.a. [1-3]. Din perspectiva ingineriei cristalelor, anionul sulfat participă cu ușurință în formarea legăturilor coordinative cu ionii metalici și oferă diversitate structurală. O căutare sistematică în Baza de date Crystallographic Cambridge arată că ligandul SO_4^{2-} poate adopta două moduri terminale (chelate monodentat și bidentat) și 16 moduri de coordinare în calitate de ligand punte (Figura 1). Poate să unească 2, 3, 4, 5, 6, 8 sau chiar 10 ioni metalici fiind un ligand foarte flexibil. Compușii metalo-sulfați caracterizați structural includ complecși mononucleari, dinucleari și polimerici [4]. La fel ca liganzii di- și policarboxilat, anionul sulfat este capabil să formeze legături directe cation-anion pentru construcția carcaselor neutre metal-organice.

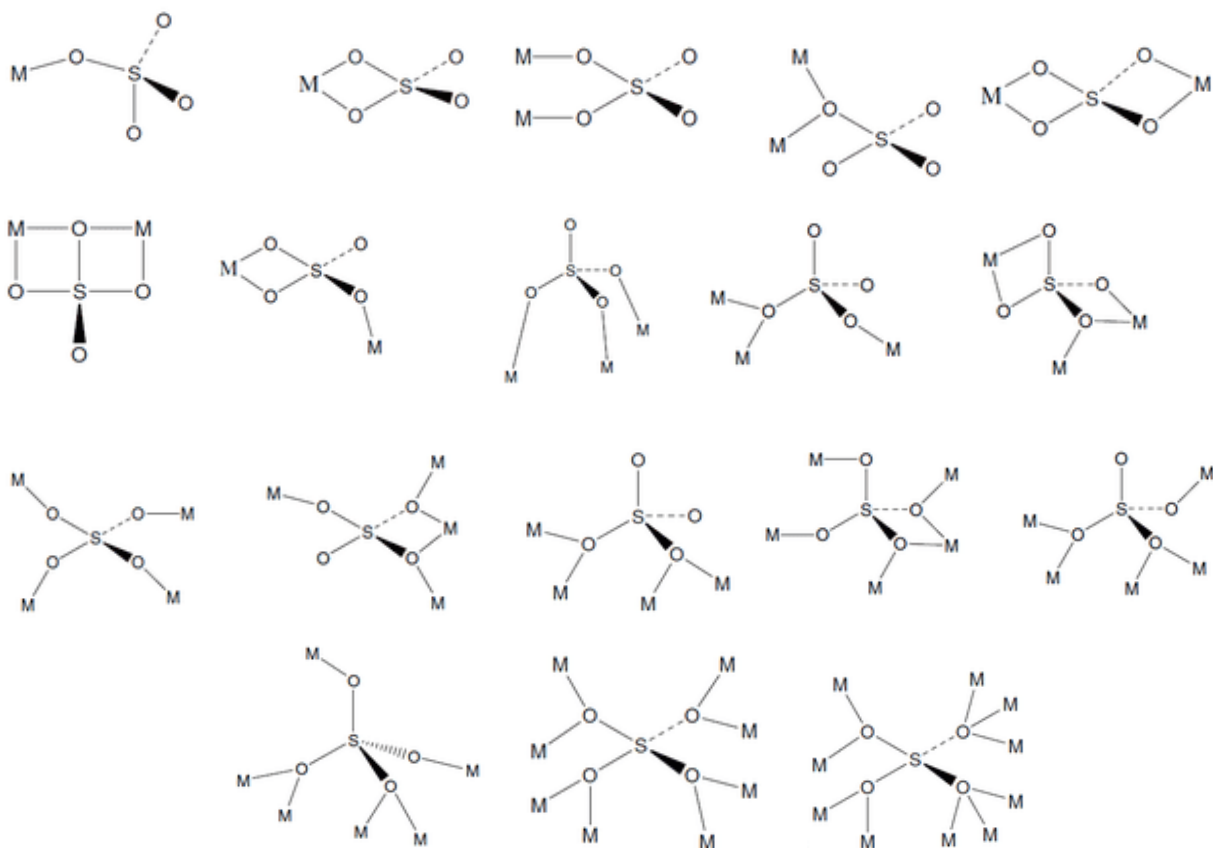


Fig. 1. Modurile de coordonare a ligandului sulfat (SO_4^{2-}) stabilite cristalografic

Rezultate și discuții

În urma reacției dintre sulfatați de zinc și cadmiu cu liganzii azinici 3-bphz, 4-bphz, 3-bpmhz și 4-bpmhz au fost obținuți o serie de compuși complecși, șase dintre care au prezentat structură polimerică [5]. În Figura 2 este reprezentată schema de sinteză a compușilor coordinativi studiați.

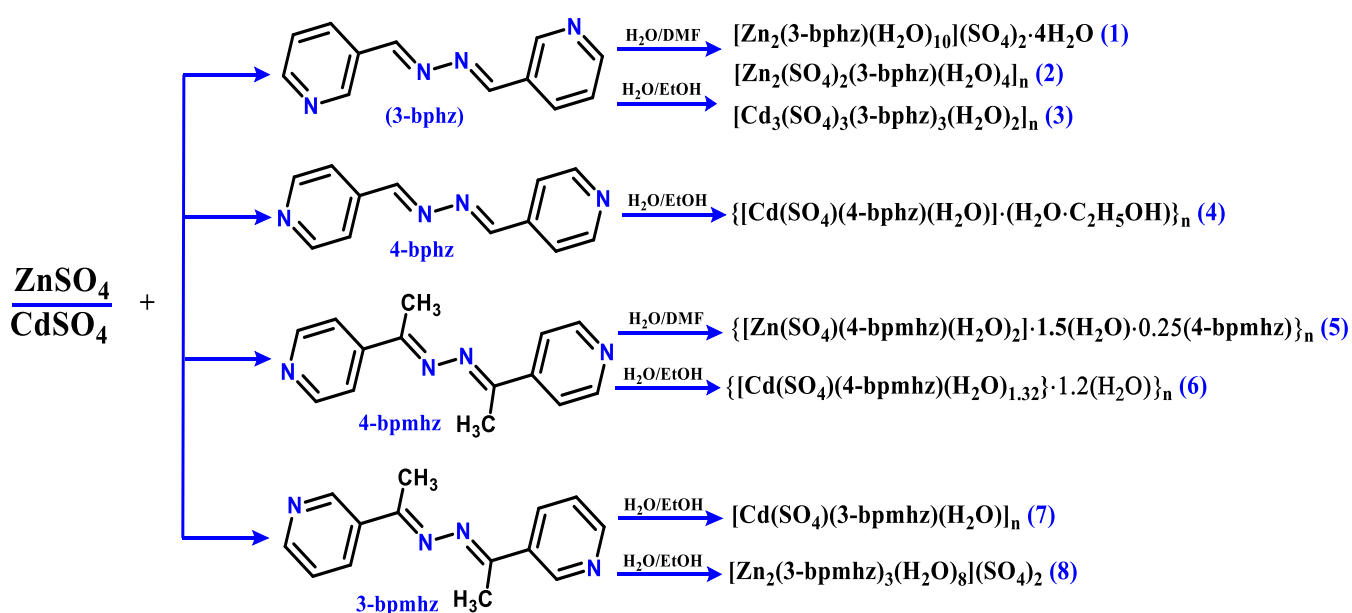


Fig. 2. Schema de sinteză a compușilor 1-8.

În compușii **1** și **8** ai Zn(II) anionii sulfat nu au coordonat la metal, complexii se prezintă în formă de cationi binucleari ai Zn(II) și anioni sulfat ce sunt interconectați prin legături puternice de hidrogen. Condițiile de sinteză blânde pot fi o cauză a necoordinării anionilor sulfat la metal, centrele de coordonare ale metalului fiind ocupate de moleculele de H₂O. În polimerul coordinativ 2D **2** al Zn(II), anionii sulfat coordonează direct la metal datorită substituiri a trei molecule de apă din sarea inițială, iar o moleculă de apă a fost substituită de către ligandul *3-bphz*.

Cu ligandul *4-bpmhz*, au fost obținuți doi polimeri coordinativi 2D isostructurali **5** și **6**. Anionii sulfat coordonează la două metale formând un lanț anorganic elicoidal. Lanțurile se unesc între ele prin liganzii azinici formând o rețea 2D.

În compușii **3**, **4** și **7** anionul sulfat conectează trei metale conducând la formarea unei rețele anorganice metal-sulfat, care, fiind interconectate prin liganzii azinici, conduc la formarea rețelelor metal-organice 3D. În compusul **4** sau format cavități în care sunt localizate molecule de apă și etanol. Golurile în cristal cuprinde ~ 21% din volumul celulei elementare. Modurile de coordonare a ligandului sulfat în compușii analizați sunt prezentate în Figura 3.

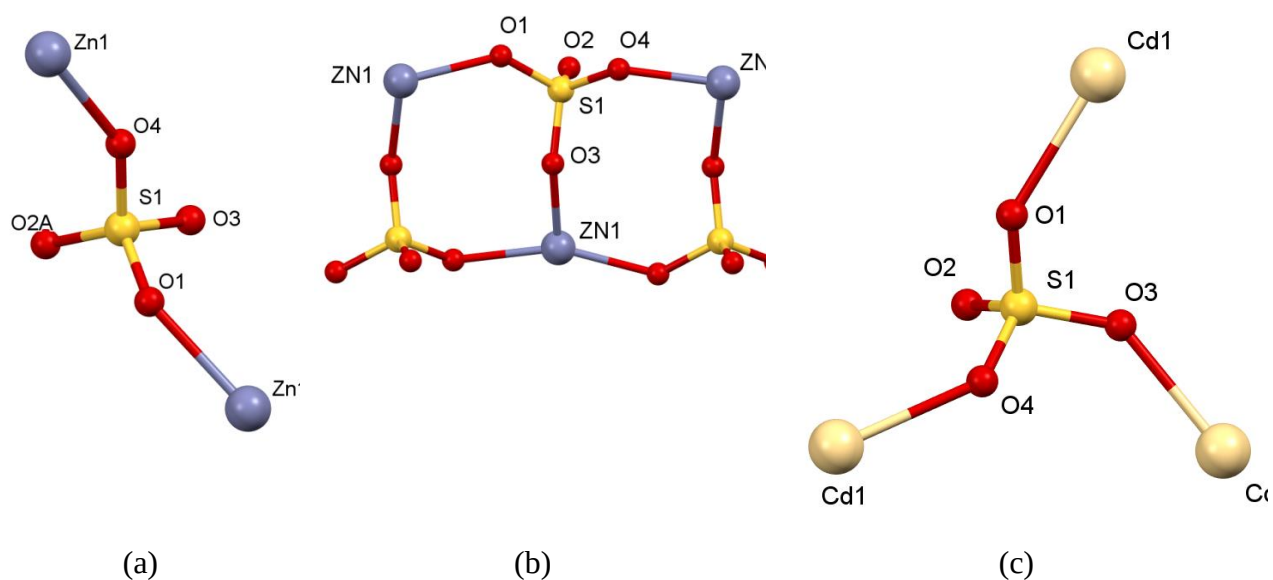


Fig. 3. Moduri de coordonare a ligandului SO₄²⁻ în compușii analizați: a) bidentat punte (formează lanțuri 1D metal-sulfat, compușii **5** și **6**); b) tridentat punte (formează lanțuri 1D metal-sulfat în formă de scară, compusul **2**); c) tridentat punte (formează rețele 2D metal-sulfat, compușii **3**, **4** și **7**).

Concluzii

Reacțiile sulfatilor de Zn(II) sau Cd(II) cu liganzii azinici semirigizi *3-bphz*, *4-bphz*, *3-bpmhz* și *4-bpmhz* au dus la obținerea a opt compuși coordinativi ce includ doi compuși discreți și șase polimeri coordinativi de diferită dimensionalitate. S-a constatat că dimensionalitatea polimerilor coordinativi formați este determinată de modul de coordonare a ionilor sulfat, de cationul metalic și de condițiile sintetice utilizate. Metodele de difuzie lentă în amestecul de solvenți H₂O/EtOH sunt preferențiale pentru obținerea rețelelor metal-organice 3D. Coordinarea tridentată în mod punte conduce la formarea rețelelor moleculare 3D cu cavități ce pot găzdui molecule de solvent.

Bibliografie

1. HE, C., GOMEZ, V., SPINGLER, B., LIPPARD, S.J. Monodentate-Bridged Phosphodiester and Sulfate Complexes: Structural Insights into the Biological Activation of Phosphodiesters, Sulfate, and Sulfate Esters. In: *Inorganic Chemistry*, 2000, vol. 39, nr. 19, pp. 4188-4189. ISSN 0020-1669.
2. MORIYAMA, J., NISHIGUCHI, H., ISHIHARA, T., TAKITA, Y. Metal Sulfate Catalyst for CCl_2F_2 Decomposition in the Presence of H_2O . In: *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2002, vol. 41, nr. 1, pp. 32-36. ISSN 0888-5885.
3. OGIWARA, N., INUKAI, M., ITAKURA, T., HORIKE, S., KITAGAWA, S. Fast Conduction of Organic Cations in Metal Sulfate Frameworks. In: *Chemistry of Materials*, 2016, vol. 28, nr. 11, pp. 3968-3975. ISSN 0897-4756.
4. PAPATRIANTAFYLLOPOULOU, C., MANESSI-ZOUPA, E., ESCUER, A., PERLEPES, S.P. The sulfate ligand as a promising "player" in 3d-metal cluster chemistry. In: *Inorganica Chimica Acta*, 2009, vol. 362, nr. 3, pp. 634-650. ISSN 0020-1693.
5. LOZOVAN, V., KRAVTSOV, V.Ch., COROPCEANU, E.B., SIMINEL, Anatolii V., KULIKOVA, O.V., COSTRIUCOVA, N.V., FONARI, M.S. Water-sulfate anion interplay in the evolution of solid state architectures and emission properties of Zn and Cd coordination networks with four azine ligands. In: *Journal of Solid State Chemistry*, 2020, vol. 286, pp. 121312. ISSN 0022-4596.

CZU: 54:615

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p96-99

SINTEZA ȘI CARACTERIZAREA COMBINAȚIEI COMPLEXE: CATEHINĂ-SELENIU

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF THE COMPLEX COMBINATION: CATECHIN-SELENIUM

Lungu Ionuț Iulian, Asist. univ., UMF „Grigore T. Popa”, Iași (România)

Cioancă Oana, Dr., conf. univ., UMF „Grigore T. Popa”, Iași (România)

Hăncianu Monica, Dr., prof. univ., UMF „Grigore T. Popa”, Iași (România)

Lungu Ionuț Iulian, Asist. univ., UMF "Grigore T. Popa" Iasi (România)

ORCID: 0009-0005-4803-3746, ionut_lungu95@yahoo.com

Cioancă Oana, PhD, lecturer, UMF "Grigore T. Popa" Iasi (România)

ORCID: 0000-0001-9173-4832

Hăncianu Monica, PhD, professor, UMF "Grigore T. Popa" Iași (România)

ORCID: 0000-0002-2571-681X

Rezumat. *Sinteza și caracterizarea unei combinații complexe noi, rezultate din combinarea catehinei cu ionii de seleniu, a pornit de la ideea că atât seleniu, cât și catehina sunt foarte utilizați în domeniul medical. În prima etapă, complexul a fost preparat, utilizând metode precise și optimizate pentru a asigura un randament cât mai bun. Analiza FTIR a fost efectuată pentru a identifica și evidenția structura moleculară specifică a complexului, în timp ce analiza UV-Vis a fost folosită pentru confirmarea formării acestuia prin observarea unor benzi caracteristice în spectrele de absorbție. În plus, caracterizarea morfologică a fost realizată prin microscopie electronică de scanare (SEM) pentru a valida formarea complexului prin observarea detaliată a morfologiei specifice. Rezultatele obținute prin aceste analize au confirmat cu certitudine formarea complexului catechină-seleniu. Aceste constatări contribuie la fundamentarea solidă a cercetărilor viitoare și la explorarea potențialului aplicațional în domeniul medical.*

Cuvinte-cheie: *complex catechină-seleniu, sinteză, caracterizare.*

Abstract. *The synthesis and characterization of a novel complex resulting from the combination of catechin with selenium ions stemmed from the idea that both selenium and catechin are highly utilized in the medical field. In the initial stage, the complex was prepared using precise and optimized methods to ensure maximum efficiency. FTIR analysis was performed to identify and highlight the specific molecular structure of the complex, while UV-Vis analysis was employed to confirm its formation by observing characteristic bands in the absorption spectra. Additionally, morphological characterization was conducted through scanning electron microscopy (SEM) to validate the complex formation through detailed observation of its specific morphology. The results obtained from these analyses unequivocally confirmed the formation of the catechin-selenium complex. These findings contribute to a robust foundation for future research and exploration of potential applications in the medical field.*

Keywords: *catechin-selenium complex, synthesis, characterization*

Introducere

De-a lungul timpului, oamenii au înțeles și au studiat beneficiile consumului de diferite produse derivate din plante, care le permit să profite de beneficiile nutritive și medicinale. Cercetările s-au concentrat, de asemenea, asupra componentelor fitochimice care diferă în ceea ce privește structura și distribuția lor, grupându-le în diverse categorii, cum ar fi alcaloizii, terpenoidele, cromonele, xantonele, fitidele, carotenoidele și flavonoidele. Printre acestea, flavonoidele reprezintă o categorie importantă și foarte studiată. Acestea au fost subiectul unui număr semnificativ de cercetări de-a

lungul anilor datorită abundenței și versatilității lor, precum și a proprietăților distinctive, care au fost atribuite unui spectru larg de beneficii terapeutice

Chiar și în prezent, cercetătorii încearcă să obțină proprietăți farmacologice inovatoare și să înțeleagă pe deplin mecanismele de acțiune, iar acest obiectiv este susținut de ideea că multe fitochimicale sunt în continuare descoperite în ceea ce privește terapia și implementarea clinică.

Rezultate și discuții

În cadrul cercetării, s-a sintetizat un complex între selenit de sodiu și catehină, în raport molar 1:1. Procesul a implicat o cântărire, dizolvarea în metanol, amestecare sub agitare, pH-ul fiind ajustat la 8.5, cu NaOH 1N. Confirmarea formării complexului a fost prin apariția unui precipitat roz închis, și finalizarea cu separarea și spălarea eficientă a precipitatului. Metoda de preparare a condus la obținerea unui complex stabil, pentru analize ulterioare sau aplicări în domenii de cercetare relevante.

Analiza spectrală FTIR a fost utilizată pentru a detecta grupări funcționale nou formate în complexul catehină-seleniu, comparativ cu spectrul de plecare al catehinei, iar aceasta s-a bazat pe valorile maxime din regiunea radiației infraroșii.

În spectrul FT-IR al complexului catehină-seleniu se observă următoarele benzi: 3393, 3314 cm^{-1} $\nu(\text{O-H})$, 3057, 3026, și 2988 cm^{-1} $\nu(\text{CH}) + \nu(\text{CH})\text{C}=\text{C}$, 2880 cm^{-1} $\nu(\text{CO}_2)$, 2102 și 1985 cm^{-1} $\nu(\text{C}=\text{O})$, 1269 cm^{-1} $\nu(\text{C-OH})$, 1218 cm^{-1} $\beta(\text{OH}) + \beta(\text{CH})\text{C}=\text{C}$, 1121 cm^{-1} $\beta(\text{CH})$, 972 $\gamma(\text{CH})\text{C}=\text{C} + \gamma(\text{CH})$, 750 cm^{-1} .

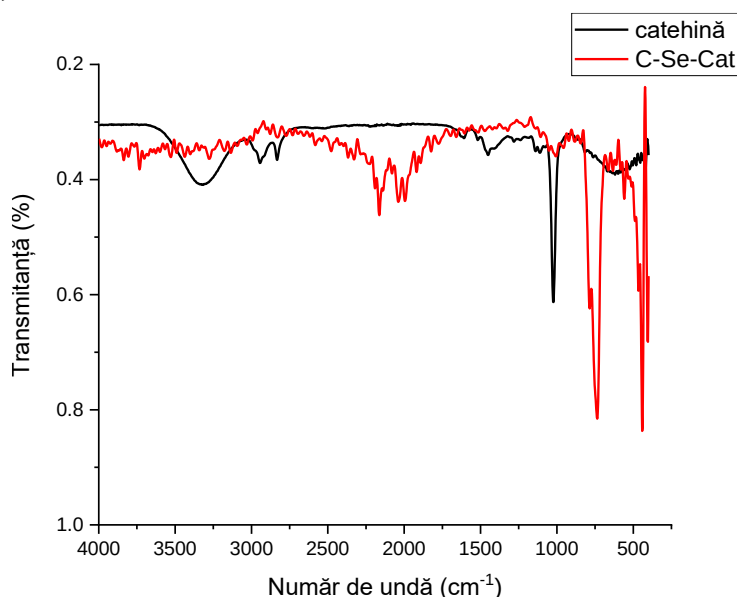


Fig. 1. Spectrul FT-IR pentru complexul catehină-seleniu

În procesul de caracterizare a complexului obținut, s-a ales spectroscopia UV-VIS pentru determinări comparative ale absorbției la diverse lungimi de undă pentru catehină și complexul catehină-seleniu. Monitorizând benzile de absorbție la lungimea de undă maximă pentru fiecare component, am înregistrat spectrele în intervalul 200-400 nm. Această metodă s-a dovedit esențială în evidențierea caracteristicilor specifice ale complexului și confirmarea formării acestuia prin modificările observate în spectrele de absorbție. Catehina liberă exhibă un maxim de absorbție la 210 nm, asociat benzii caracteristice a inelului A din structura catehinei, și prezintă o bandă mai slabă în jurul valorii de 260 nm.

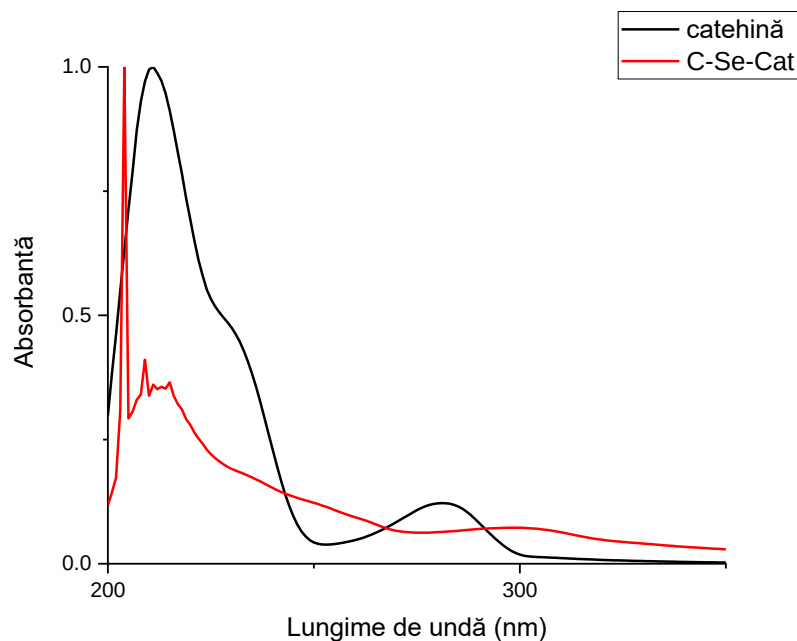


Fig. 2. Spectrul UV-VIS comparativ catehinei cu complexului catehină-seleniu

Pentru complexul catehină-seleniu se observă o deplasare a celor două maxime de absorbție la lungimi de undă mai mari și se observă o absorbantă mai mare, în special, pentru cea de-a doua bandă, caracteristică inelului B, care se deplasează la 280 nm.

Analiza morfologică a complexelor, realizată prin microscopie electronică de scanare (SEM), a relevat o diversitate de forme și structuri caracteristice. Imaginile SEM au dezvăluit predominant o morfologie aciculară, cu cristale având o conformație alungită, sugestivă pentru asemănarea cu ace sau fire subțiri, indicând astfel o ordonare specifică în cadrul structurilor complexe. Împreună cu aceste structuri aciculare, au fost identificate și entități sferice, ilustrând o uniformitate în distribuția dimensională, sugestivă pentru o omogenitate notabilă în cadrul lotului de complexe examinat.

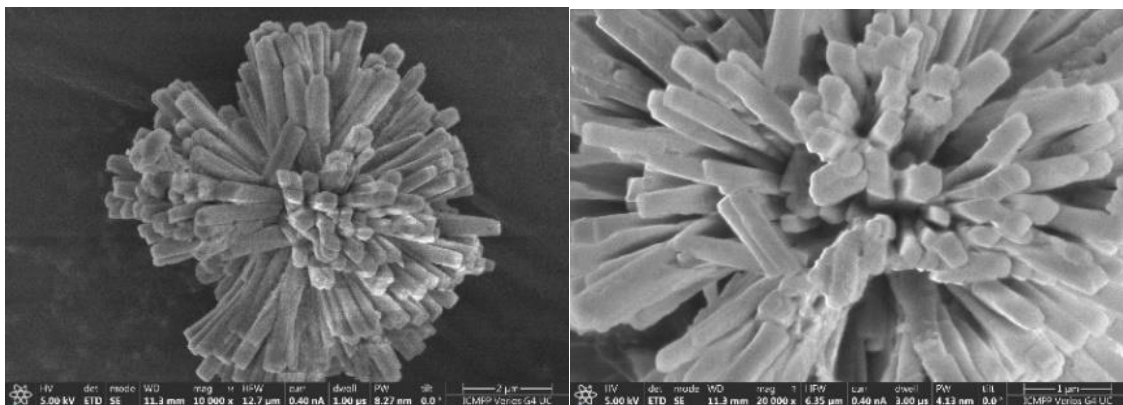


Fig. 3. Imaginile SEM ale complexului catehină-seleniu

Fractura distinctă la nivelul complexelor indică o coeziune internă consistentă, sugerând proprietăți fizice și chimice particularizate. Variațiile în dimensiune și tendința de agregare a diferitelor structuri sugerează un proces dinamic de formare, posibil influențat de condițiile de sinteză sau de natura chimică a compușilor participanți.

De asemenea, prezența porilor a fost confirmată pe unitățile tubulare de agregare, un detaliu relevant pentru profilul de porozitate și textura complexelor. Aceste observații aduc contribuții semnificative la înțelegerea morfologiei și proprietăților fizice ale complexului.

Concluzii

Confirmarea formării complexului catehină-seleniu, susținută de analiza detaliată a spectrelor UV-VIS, FT-IR și SEM, subliniază eficacitatea procesului de sinteză și oferă informații importante despre structura morfologică a combinației complexe. Aceste elemente contribuie la fundamentarea solidă a cercetărilor viitoare și la evidențierea potențialului aplicațional extins al complexelor catehină-seleniu în medicină.

Bibliografie:

1. RENU, KAVIYARASI, et al. Protective effects of macromolecular polyphenols, metal (zinc, selenium, and copper)-Polyphenol complexes, and pectin in different organs with an emphasis on arsenic poisoning: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2023, 126715.
2. LUNGU, I.; HUZUM, B.; HUMULESCU, I.A.; CIOANĂ, O.; MORARIU, D.; ȘERBAN, I.-L.; HÂNCIANU, M. Flavonoids as promising therapeutic and dietary agents. *Med.-Surg. J.* **2020**, *124*, 151–156.
3. SENTKOWSKA, ALEKSANDRA, AND KRYSTYNA PYRZYNSKA. "Catechins and Selenium Species—How They React with Each Other." *Molecules* 28.15 (2023): 5897
4. GAȘECKA, MONIKA, et al. "Phenolic composition and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* enriched with selenium and zinc." *European Food Research and Technology* 242 (2016): 723-732.
5. KHAN, S.; ULLAH, M.W.; SIDDIQUE, R.; LIU, Y.; ULLAH, I.; XUE, M.; YANG, G.; HOU, H. Catechins-Modified Selenium-Doped Hydroxyapatite Nanomaterials for Improved Osteosarcoma Therapy Through Generation of Reactive Oxygen Species. *Front. Oncol.* 2019, 9, 499.
6. UDEN, P.C.; BOAKYE, H.T.; KAHAKACHCHI, C.; HAFEZI, R.; NOLIBOS, P.; BLOCK, E.; JOHNSON, S.; TYSON, J.F. Element selective characterization of stability and reactivity of selenium species in selenized yeast. *J. Anal. At. Spectrom.* 2004, 19, 65–73.
7. ANANINGSIH, V.K.; SHARMA, A.; ZHOU, W. Green tea catechins during food processing and storage: A review on stability and detection. *Food Res. Int.* 2013, 50, 469–479.
8. SHANG, L.; NIENHAUS, K.; GERD ULRICH NIENHAUS, G.U. Engineered nanoparticles interacting with cells: Size matters. *J. Nanobiotechnol.* 2014, 12, 5.
9. LOESCHNER, K.; HADRUP, N.; HANSEN, M.; PEREIRA, S.A.; GAMMELGAARD, B.; MOLLER, L.H.; MORTENSEN, A.; LAM, H.R.; LARSEN, E.H. Absorption, distribution, metabolism and excretion of selenium following oral administration of elemental selenium nanoparticles or selenite in rats. *Metallomics* 2014, 6, 330–337.
10. LUNGU, I.I.; MARIN-BATÎR, D.; PANAINTE, A.; MIRCEA, C.; TUCHILUȘ, C.; ȘTEFANACHE, A.; SZASZ, F.A.; GRIGORIE, D.; ROBU, S.; CIOANĂ, O. Catechin-Zinc-Complex: Synthesis, Characterization and Biological Activity Assessment. *Farmacia* 2023, 71, 755–763.
11. ADAM G, IVANESCU L, FLUTUR MM, NANI E, ROBU S, et al. Histo-anatomical characteristics of three varieties of *Perilla frutescens* leaves. *Med Surg J - Rev Med Chir Soc Med Nat Iași* 2022; 126(1): 135-144.
12. MARIN DB, CIOANCA OA, APOSTU MI, TUCHILUS CG, MIRCEA C, ROBU SI, TUTUNARU D, CORCIOVA AN, HANCIANU M. The Comparative Study of *Equisetum pratense*, *E. Sylvaticum*, *E. Telmateia*: Accumulation of silicon, antioxidant and antimicrobial screening. *Revista de Chimie.* 2019;70(7):2519-23.
13. MAFTEI NM, BOGDAN RE, BOEV M, MARIN DB, RAMOS-VILLARROEL AY, IANCU AV. Innovative Fermented Soy Drink with the Sea Buckthorn Syrup and the Probiotics Co-Culture of *Lactobacillus Paracasei* ssp. *Paracasei* (L. Casei® 431) and *Bifidobacterium Animalis* ssp. *Lactis* (Bb-12®). *Fermentation.* 2023;9(9):806.

CZU: 543.4:664.3

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p100-109

VALORIFICAREA INDICILOR FIZICO-CHIMICI AI UNOR ULEIURI VEGETALE ȘI MODIFICAREA ACESTORA LA PROCESAREA TERMICĂ ȘI CONDIȚIILE DE PĂSTRARE

VALUATION OF PHYSICAL-CHEMICAL INDICES OF VEGETABLE OILS AND THEIR AMENDMENT TO THERMAL PROCESSING AND STORAGE CONDITIONS

*Melentiev Eugenia, dr., conf. univ., UPS „Ion Creangă” din Chișinău
Pitușcan Mariana, student, UPS "Ion Creangă" din Chișinău*

*Melentiev Eugenia, PhD, associate professor UPS "Ion Creangă" from Chisinau
ORCID: 0000-0001-8661-5513, eugenia.melentiev@gmail.com
Pitușcan Mariana, student, UPS "Ion Creangă" from Chisinau*

Rezumat. La etapa actuală în alimentație se utilizează un sortiment bogat de uleiuri vegetale, care conțin nutrienți, substanțe biologice active (antioxidanți), minerale necesare organismului uman. Uleiurile pot fi folosite atât în stare naturală, cât și la procesarea alimentelor. În scopul aprecierii calității uleiurilor selectate s-au evaluat indicii fizico-chimici până și după procesare. S-a cercetat dinamica valorilor principalilor parametri (indicele de aciditate, indicele de iod, indicele de peroxid) în funcție de temperatură și condițiile de păstrare a uleiurilor vegetale selectate pentru analiză.

Cuvinte-cheie: uleiuri vegetale, indici fizico-chimici, indice de aciditate, indice de iod, indice de peroxid, alfa-tocoferol, beta-caroten, acizi grași ω -3, ω -6, ω -9.

Abstract. At the current stage in alimentation needs, a rich assortment of vegetable oils is used, which contain nutrients, biologically active substances (antioxidants), minerals necessary for the human body and can be used both in their natural state and in food processing. In order to assess the quality of the selected oils, physico-chemical indices were evaluated before and after processing the oils. The dynamics of the values of the most important parameters (acidity index, iodine index, peroxide index) were investigated depending on the temperature and storage conditions of the vegetable oils selected for analysis.

Keywords: vegetable oils, physico-chemical indices, acidity index, iodine index, peroxide index, alpha-tocopherol, beta-carotene, fatty acids ω -3, ω -6, ω -9.

Introducere

Sunt cunoscute un număr mare de plante oleaginoase cu un conținut apreciabil de uleiuri, folosite ca surse de grăsimi, cu o mare pondere în alimentație și, implicit, în sănătatea omului. Pot fi enumerate plantele:

- *Floarea soarelui (Helianthus annuus)*. Semințele conțin circa 28-48% de grăsimi, care se aplică în alimentație și la extragerea uleiului de o calitate superioară numit și „Lacrima de Aur”, folosit în multe domenii cu beneficii excelente pentru om.

- *Arborele de măsline (Olea europaea)*. Fructele de măsline conțin o cantitate impunătoare de lipide (11-15%), sunt bogate în compuși bioactivi naturali precum oleuropeina, cel mai abundent cu gust amar, hidroxitirozol, quercertina, vitamine (E și K), minerale (Fe, Cu, Ca, Na). Uleiul de măsline conține o gamă largă de nutrienți, este de o calitate superioară, având beneficii pentru sănătate[1].

- *Palmierul (Elaeis guineensis)*. Fructele sunt de o calitate înaltă nutrițională și cu un conținut semnificativ de proteine, antioxidanți, vitamine (C, K, A, E), minerale (K, Mg, Ca, Zn, Fe) și până la 50% de grăsimi, din care se extrage uleiul de palmier.

- *Inul (Linum Usitatiessimum)*. Semințele de in conțin circa 40% de grăsimi de unde se extrage uleiul de in. Uleiul din semințe de in conține un arsenal de substanțe bioactive, acizi grași polinesaturați cu un spectru larg de acțiune farmacologică și cosmetologică.

- *Vița de vie (Vitis vinifera)*. Vița de vie este una din cele mai importante activități agro-alimentare din Republica Moldova. Cea mai mare parte de producție se folosește în stare proaspătă și în vinificație. Un component secundar de la prelucrarea strugurilor sunt semințele de struguri, folosite la extragerea uleiului cu un conținut bogat în acizi grași polinesaturați, care se folosește mai puțin în alimentație, dar se aplică în cantități semnificative în produsele cosmetice.

Caracteristica uleiurilor vegetale selectate pentru investigare

Uleiurile vegetale sunt unele din cele mai populare produse alimentare și reprezintă un produs finit [2]. Ele sunt stocate din semințe, fructe sau din sâmburi de fructe, conținute în plantele oleaginoase prin presare la rece, prin extragere cu solvenți organici sau prin metode combinate. Se folosesc uleiurile nerafinate direct extrase prin presare la rece și uleiurile rafinate (purificate) cu un conținut mai scăzut de nutrienți, dar cu o stabilitate termică mai ridicată [3]. Uleiurile nerafinate sunt cele mai utilizate produse alimentare ecologice și sunt cele mai folositoare, fiind un produs natural nutrițional, mai puțin poluat și de o calitate mai bună. Majoritatea uleiurilor vegetale din alimentație sunt în mare măsură trigliceride bogate în acizi grași nesaturați, conțin o cantitate redusă de acizi grași saturați, cu excepția uleiului de palmier (Tabelul 1).

Tabelul 1. Conținutul de nutrienți din componența uleiurilor vegetale selectate pentru investigare

	Nutrienți, g/100g ulei	Sortimentul de ulei vegetal				
		Ulei de floarea soarelui	Ulei de măsline	Ulei de palmier	Ulei de in	Ulei din struguri
1.	Valoarea calorică, kcal	884	898	899	900	900
2.	Lipide:	99,9	99,8	99,7	98,0	99,0
	Acizi grași saturați:	7-10	15-15,75	44-50	9-12	9-10
	acidul palmitic	3,5-6,4	12,9-133,0	39-44	3,6-6,3	9,34-10
	acidul stearic	1,6-4,6	2,5-4,0	3,5-4,6	2,1-5,9	1,6-3,6
	Acizi grași mononesaturați:	20-40	66,9	30-45	20,0	40,0
	acidul oleic	24-40	64,9-65	36-43,5	10-20	25,8-39,7
	Acizi grași polinesaturați:	40-62	13-14	7-12	65-75	65-70
	acidul linoleic ω -6	46-62	12,0	9-12	13-19	48,6-62
	acidul linoleic ω -3	1,0-1,5	0,76	0,5-1,0	49-62	0,3-2,13

3.	Vitamine și minerale:					
	Vitamina E (α-tocoferol)	46-640 mg	14,1 mg	700 mg/ kg	50,0 mg	292 mg
	Vitamina K	5,4 mg	0,07 mg	-	-	-
	Vitamina A	-	-	500 mg/kg	-	4,4 mg
	Fosfor (P)	-	2 mg	-	-	-
	Calciu (Ca)	-	1 mg	2 mg/kg	-	-
	Potasiu (K)	-	1 mg	-	-	-
	Sodiu (Na)	-	2 mg	-	-	-
	Fier (Fe)	-	0,4 mg	-	-	-
4.	Punct de fum, °C	140 - nerafinat 232- rafinat	160 - nerafinat 206 - rafinat	230	107 - nerafinat	204 - 216

Datele prezentate oferă informații importante privitor la conținutul de nutrienți din diferite sorturi de ulei, care determină calitatea, suportul de utilizare și beneficii pentru organism[4]. În funcție de componența acizilor grași din uleiuri se practică clasificarea:

- *oleică*, după conținutul acidului gras mononesaturat acidul oleic ω -9 pe primul loc se situează uleiul de măsline cu 70%, urmat de uleiul de floarea soarelui și uleiul de struguri cu 40%;
- *linolică*, uleiul de struguri conține cea mai mare cantitate de acid linoleic ω -6 cu circa 60%, urmat de uleiul de floarea soarelui - 40%;
- *linoleică*, un conținut de acid gras linolenic ω -3 de circa 60%;
- *palmitinică*, uleiul de palmier conține cea mai mare cantitate de acid gras saturat palmitic de circa 50%.

Conținutul de acizi grași saturați, mono- și polinesaturați; antioxidanți; vitamine și minerale, determină proprietățile specifice și beneficiile acestora [4].

Uleiul de floarea soarelui este aplicat frecvent în alimentație, în cosmetică și în tratamentul unor afecțiuni. Datorită compoziției sale în acizi grași nesaturați (oleic și linolenic) de circa 60% și un conținut redus de acizi grași saturați (10%), uleiul de floarea soarelui posedă proprietăți unice, asigură organismul cu acizi esențiali și energetici, ușor este absorbit și nu se depune pe vasele sanguine.

Uleiul este bogat în vitamina E ω -tocoferolul, care poate reduce riscul de inflamații și tumori prin neutralizarea radicalilor liberi, precum și riscul unor boli cardiovasculare.

Uleiul de măsline este în topul celor mai populare uleiuri vegetale din lume, se comercializează ulei extravirgin de o calitate superioară. El conține circa 99,8% grăsimi din masă și doar 0,2% apa în care sunt dizolvate minerale, vitamine K și E, compuși bioactivi oleuropeina, hidroxitirosoolul, quercetina (Figura 1).

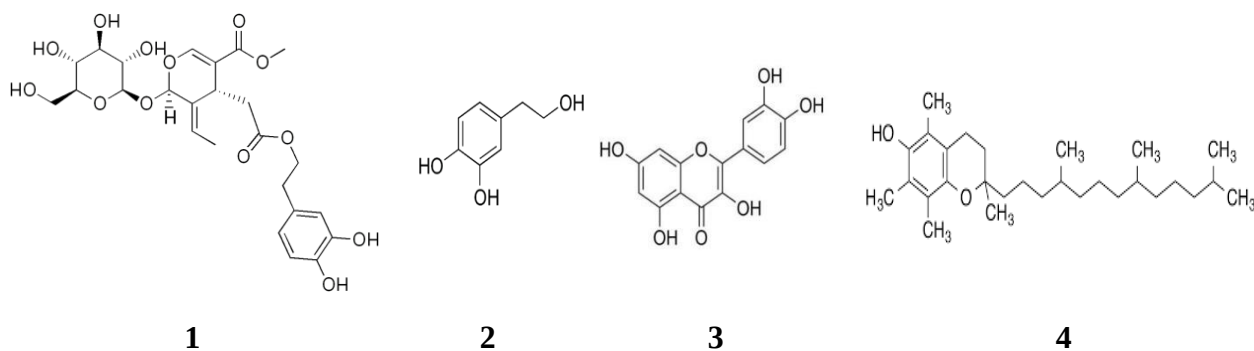


Fig. 1. Compuși biologic activi: oleuropeina (1), quercetina (2), hidroxitirosol (2), ω -tocoferol (4)

Uleiul de palmier ocupă locul 2 după cantitatea de uleiuri importante în Republica Moldova. Uleiul de palmier este de două feluri: extras din fructele arborului și extras din sâmburele fructului. Primul este bogat în compuși biologic activi precum beta-caroten, vitamine E și K, are o consistență mai stabilă, are un conținut mare de acizi grași saturați precum acidul palmitic circa 50%, folosit pe larg în patiserie. Uleiul din sâmburi este de o calitate inferioară, este mai ieftin și folosit mai des, dar implică un risc mai mare la boli cardiovasculare și se depune în cantități mari pe pereții vaselor sangvine, de aceea este important să ne informăm care este originea uleiului folosit. Acidul palmitic și sarea palmitatului de sodiu sunt utilizați pe scară largă în produsele alimentare, de asemenea la prepararea șampoanelor și a altor cosmetice. Se recomandă de a consuma mai rar uleiul de palmier, deoarece cantitățile mari duc la risc cardiovascular și mărește nivelul de colesterol. Uleiul de palmier în cantități mici nu are efect negativ, important este să folosim o dietă echilibrată și un stil de viață sănătos. S-a dovedit că la temperaturi ridicate uleiul de palmier se descompune și formează un număr de compuși secundari cancerogeni și diverse toxine.

Deși uleiul de palmier nu este de cea mai bună calitate, el este prezent în peste 50% din produsele din orice supermarket: produse alimentare, cosmetice și de igienă. Organizația Mondială a Sănătății s-a pronunțat ca uleiul de palmier să fie exclus din lista uleiurilor vegetale folosite în alimentație.

Uleiul din semințe de in reprezintă o compoziție specifică ce îl deosebește de alte produse. Valoarea nutritivă constă în conținutul bogat de acizi grași nesaturați, precum acidul linolenic ω -3 care constituie circa 50%, acidul linoleic ω -6, acidul oleic ω -9, vitamine, biominerale cu anumite beneficii pentru organism. Uleiul de in numit și „elixirul sănătății” posedă un șir de calități antiinflamatorii, anticancerogen, cardioprotector, normalizează tensiunea arterială, micșorează nivelul de colesterol. Având un punct de fum mic, uleiul de in nu se utilizează la procesarea termică a produselor alimentare, se aplică doar în stare naturală și este un component alimentar indispensabil, care determină calitatea și valoarea nutritivă a unei diete echilibrate [6].

Uleiul din semințe de struguri se caracterizează, comparativ cu alte uleiuri, printr-un conținut bogat de acizi grași polinesaturați precum acidul linoleic ω -6, care constituie circa 70%, dar un conținut sărac de acid linolenic ω -3. Deși conținutul acizilor grași polinesaturați este mare, uleiul din semințe de struguri nu face parte din uleiurile „sănătoase”, este instabil, ușor se oxidează. Pentru a obține o sănătate optimă este important ca acidul linoleic ω -6 și acidul linolenic ω -3 să se afle într-un echilibru 1:1 sau 1:5, dar în uleiul din semințe de struguri acidul linoleic ω -6 este prea mare comparativ cu uleiul linolenic ω -3. Majoritatea substanțelor nutritive și antioxidanți lipsește, deoarece acestea sunt filtrate în procesul chimic de extragere din semințe a uleiului. Acidul ω -6, componentul

principal din ulei, determină cele mai importante proprietăți cosmetice, de aceea uleiul de struguri se aplică la prepararea produselor cosmetice și mai puțin în alimentație.

Lucrarea prezintă rezultatele unui studiu privitor la: analiza indicilor fizico-chimici la cinci sorturi de ulei vegetal; evaluarea calității uleiurilor vegetale selectate în baza valorilor indicilor de calitate până și după procesarea termică; dinamica valorilor celor mai importanți parametri precum indicele de aciditate, indicele de iod, indicele de peroxid în funcție de temperatură și condițiile de păstrare a uleiurilor investigate.

Materiale și metode

Drept studiu de caz a servit selectarea a cinci sorturi de ulei vegetal:

- ulei de floarea soarelui, obținut prin presare la rece, nerafinat și rafinat „Floris”;
- ulei de palmier, stocat din fructe;
- ulei din semințe de in, extras prin metoda Soxhlet;
- ulei din semințe de struguri, extras cu solvenți organici și comercializat „Relaxa”.

Analiza fizico-chimică a permis, conform standardelor în vigoare, stabilirea principalilor indici de calitate, aplicând metoda titrimetrică, spectrofotometrică, reflectometrică [7]. Indicatori fizico-chimici în baza cărora s-a apreciat calitatea uleiurilor vegetale selectate sunt: indicele de umiditate, de refracție, de saponificare, de aciditate, de iod și de peroxid.

- *Indicele de umiditate* s-a efectuat prin procesul de uscare la etuvă ($t=105^{\circ}\text{C}$) până la o masă constantă, apoi răcirea probei și cântărirea cu precizie 0,001g.
- *Indicele de refracție* prezintă refracția luminii monocromatice de sodiu la trecerea prin ulei și se determină cu ajutorul refractometrului, la temperatura de 20°C cu o precizie de $0,2^{\circ}$, conform STAS 145067. Acest parametru indică conținutul de substanță uscată în ulei.
- *Indicele de saponificare* se apreciază după cantitatea de KOH folosită pentru saponificarea trigliceridelor și neutralizarea acizilor grași liberi ce se conțin într-un gram de ulei. El determină gradul de oxidare a uleiului, în urma căreia se acumulează o cantitate de acizi grași cu mase moleculare mici și astfel indicele de saponificare crește comparativ cu cel normal.
- *Indicele de aciditate* reprezintă cantitatea de KOH, consumată la neutralizarea acizilor grași liberi care se conțin în 1g de ulei. Lipidele proaspete au un conținut minim de acizi grași liberi. La păstrare, sub influența diferitor factori, are loc hidroliza trigliceridelor și indicele de aciditate crește semnificativ. Indicele de aciditate apreciază prospețimea uleiului.
- *Indicele de iod* determina gradul de nesaturare a uleiului și exprimă masa $\text{gI}_2/100\text{g}$ de ulei, necesar pentru a satura acizii grași nesaturați, pe care o adăunează 100g de ulei. Metoda constă în titrarea excesului de iod cu soluție de tiosulfat de sodiu. Indicele indică gradul de nesaturare a uleiului și variază cu timpul de procesare și de păstrare.
- *Indicele de peroxid*: în prezența oxigenului din atmosferă acizii grași polinesaturați din lipide se pot oxida parțial cu formare de peroxizi și hidroperoxizi. Indicele de peroxid atestă conținutul de oxigen sub formă de peroxid din 1kg de ulei. La baza stabilirii acestui indice este proprietatea peroxidului din ulei de a reacționa cu iodură de potasiu și de a elibera iodul, care se titrează cu tiosulfatul de sodiu.

Principalii indici fizico-chimici de calitate ai unor uleiuri selectate au fost analizați la etapa inițială, după procesarea termică și la diverse condiții de păstrare.

Valorile indicatorilor fizico-chimici testați prin analiza uleiurilor selectate pentru investigare sunt prezentate în Tabelul 2.

Tabelul 2. Valorile indicilor fizico-chimici din uleiurile vegetale selectate pentru analiză

	Indici fizico-chimici	Sortimentul de ulei vegetal									
		Ulei de floarea soarelui		Ulei de măsline		Ulei de palmier		Ulei din semințe de in		Ulei din semințe de struguri	
		inițial	după procesare	inițial	după procesare	inițial	după procesare	inițial	După procesare	inițial	după procesare
1.	Indice de umiditate, g/100g	0,27		0,20		0,22		0,21		0,20	
2.	Densitatea, g/cm ³	0,920		0,915		0,920		0,921		0,923	
3.	Indice de refracție	1,473		1,467		1,454		1,483		1,475	
4.	Indice de saponificare, mgKOH/100 g	190		188		198		191		180	
5.	Indice de aciditate, mgKOH/100g	1,0	1,32	0,8	1,01	0,7	1,10	1,80	2,20	1,25	1,70
6.	Indice de iod, g I ₂ /g	123,3	90,2	80,1	62,0	49,8	24,0	183	124	139,3	102
7.	Indice de peroxid, mmol O/kg	9,3	11,2	1,8	2,32	0,95	4,55	2,5	6,0	6,8	9,89

Datele prezentate în tabel atestă o modificare oxidativă semnificativă la lipidele cu un conținut mare de acizi grași polinesaturați la procesarea termică, precum este uleiul din semințe de struguri și de in.

Rezultate și discuții

Rezultatele obținute privitor la modificarea oxidativă a principalilor indici de calitate (indice de aciditate, de iod, de peroxid) la uleiurile selectate pentru testare sunt prezentate în Figura 2, 3 și 4.

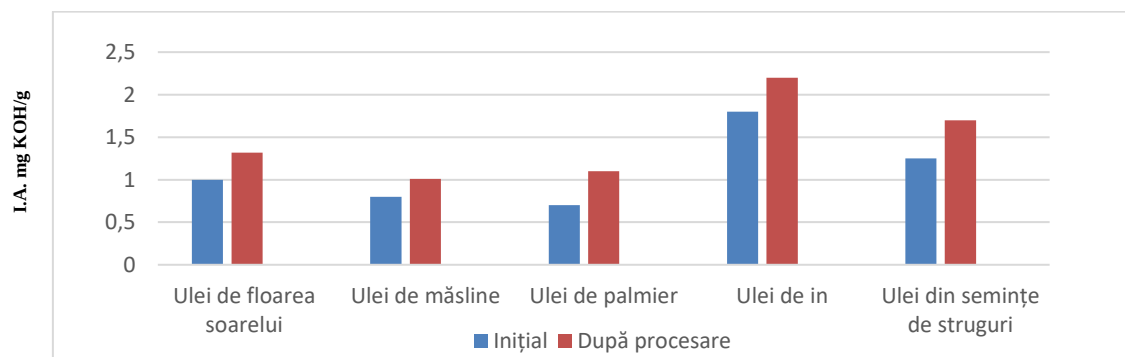


Fig. 2. Modificările indicelui de aciditate (I.A.) la procesare (15 min, la t=200C) din uleiurile vegetale selectate

Indicele de aciditate este o măsură a gradului de hidroliză a grăsimilor și determină prospețimea uleiului. Sub influența temperaturii, hidroliza lipidelor se intensifică și, în consecință, indicele de aciditate crește. Cel mai mult variază la uleiurile de in și de struguri, unde se atestă o mărime considerabilă comparativ cu CMA. Ele își pierd calitatea în primul rând.

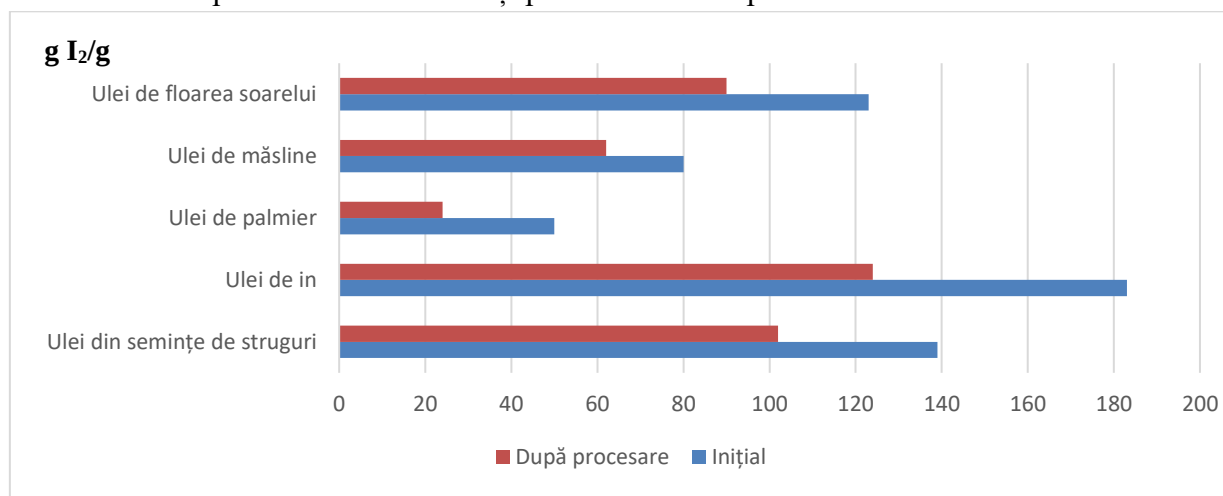


Fig. 3. Modificările indicelui de iod (g I₂/g) la procesare (15 min, la t=200°C) din uleiurile vegetale investigate

Indicele de iod constituie un parametru care exprimă gradul de nesaturare a grăsimilor. Se menționează că la procesare are loc ruperea legăturilor duble din acizii grași nesaturați din lipide și indicele de iod se micșorează. Cel mai mult se observă la uleiul de in de la 139,3 până la 102 gI₂/100 g ulei și este mai mică ca normă admisibilă. În urma procesului oxidativ al grăsimilor care duce la formarea diferitor compuși secundari, uleiul capătă un gust amar și miros neplăcut.

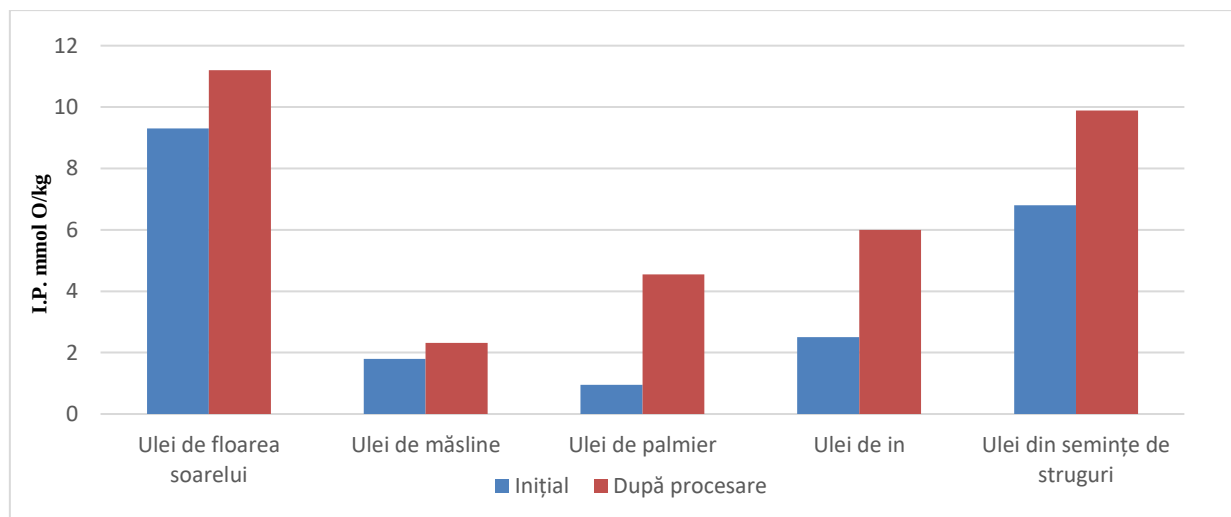


Fig. 4. Modificările indicelui de peroxid (I.P.) la procesare (15 min, la t=200°C) din uleiurile vegetale analizate

Indicele de peroxid este cel mai des utilizat pentru a stabili gradul oxidativ al lipidelor. Rezultatele obținute la determinarea indicelui de peroxid la etapa inițială și după procesare timp de 15 min la o temperatură de 200°C atestă o creștere semnificativă la toate uleiurile analizate. Având un punct de ardere ridicat (216°C), uleiul de floarea soarelui rafinat este cel mai potrivit pentru pregătirea termică a alimentelor.

S-a examinat dinamica indicilor de calitate (indice de aciditate, de iod, de peroxid) la unele uleiuri vegetale (de floarea soarelui, de măsline și de palmier) în funcție de temperatura de păstrare (Tabelul 3).

Tabelul 3. Dinamica valorilor indicilor fizico-chimici din unele uleiuri vegetale în funcție de temperatura de păstrare

	Indici fizico-chimici	Sortimentul de ulei					
		Ulei de floarea soarelui		Ulei de măsline		Ulei de palmier	
		t = 4°C	t = 20°C	t = 4°C	t = 20°C	t = 4°C	t = 20°C
1.	Indice de iod, gI ₂ /100g	131	123	81,3	80	51,2	50
2.	Indice de aciditate, mgKOH/g	0,89	1,03	0,75	0,81	0,61	0,73
3.	Indice de peroxid, mmol O/kg	8,90	9,10	1,65	1,69	0,81	1,15

Investigațiile s-au efectuat la temperatura de 4°C și 20°C timp de o lună. Datele recente au demonstrat că:

- indicele de aciditate a crescut în toate cele trei cazuri, ceea ce denotă că la temperatură se intensifică procesul de hidroliză și scade calitatea uleiului;
- indicele de peroxid de asemenea a crescut, dar cel mai mult s-a observat la uleiul de palmier cu 0,44 unități, ceea ce atestă o influență negativă a temperaturii la păstrarea uleiurilor.

Prin urmare, rezultatele atestă că, la mărirea temperaturii și perioadei de procesare în uleiurile analizate, crește indicele de aciditate și de peroxid și se micșorează indicele de iod.

Experimentul ce urmează s-a axat pe studierea influenței luminii asupra calității uleiurilor la păstrare. S-a analizat variația indicilor de aciditate și de iod la păstrarea uleiurilor la lumină și la întuneric timp de 15, 30 și 60 de zile (Tabelul 4 și Figura 5).

Tabelul 4. Dinamica valorilor indicilor de aciditate și de peroxid în unele uleiuri vegetale în funcție de condițiile de păstrare (t=20°C)

Indici fizico-chimici	Uleiul de palmier							
	La întuneric, după				La lumină, după			
	inițial	15 zile	30 zile	60 zile	I nițial	15 zile	30 zile	60 zile
Indice de aciditate, mg KOH/g	0,5	0,85	1,35	2,53	0,5	1,22	2,00	3,45
Indice de peroxid, mmol O/kg	0,95	1,32	2,40	6,74	0,95	2,32	5,01	9,73

Uleiul de măsline								
Indice de aciditate, mg KOH/g	0,81	0,96	1,04	1,40	0,81	1,0	1,40	1,70
Indice de peroxid, mmol O/kg	1,83	1,94	2,05	2,26	1,83	1,03	1,86	2,30
Uleiul de floarea soarelui								
Indice de aciditate, mg KOH/g	1,03	1,10	1,21	1,51	1,03	1,16	1,31	1,74
Indice de peroxid, mmol O/kg	9,30	9,40	10,21	11,01	9,30	9,71	12,30	16,03

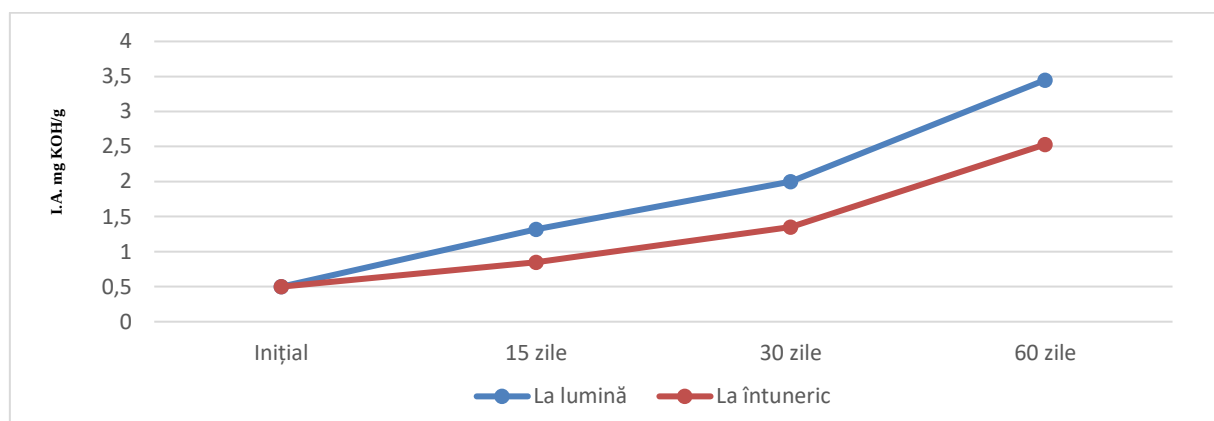


Fig. 5. Dinamica valorilor indicelui de aciditate (I.A.) din uleiul de palmier păstrat la lumină și întuneric

Rezultatele recente constată că indicele de aciditate și de peroxid la uleiurile testate remarcă o creștere semnificativă la lumină, comparativ cu păstrarea acestora la întuneric. În comparație cu alte uleiuri, în cel de palmier se observă la lumină o creștere a indicelui de peroxid cu 4,7 unități, dar de o stabilitate mai mare atestă uleiul de măsline. Astfel, razele de lumină intensifică procesele oxidative și de hidroliză ale lipidelor și au o influență negativă la păstrarea uleiurilor la lumină.

Concluzii

Valorificarea indicilor fizico-chimici la uleiurile vegetale determină calitatea nutrițională a acestora la utilizarea în alimentație, în alte domenii și pentru sănătate.

Evaluarea indicilor fizico-chimici ai unor uleiuri selectate pentru analiză constată că la procesarea termică a uleiurilor vegetale în urma proceselor oxidative, de hidroliză, degradare se modifică valoarea lor și scade calitatea uleiurilor.

Rezultatele recente privitor la modificările indicatorilor fizico-chimici sub influența luminii atestă o creștere semnificativă a indicelui de aciditate și de peroxid la lumină comparativ cu păstrarea lor la întuneric. Se recomandă păstrarea uleiurilor în locuri ferite de influența razelor solare și în ambalaj de polimer întunecat.

Bibliografie:

1. PEDERSEN, A., OVERSEN, L. 1995, *Nutritional Food Science*, 95, 8-10.
2. FILOREA, T. Chimia alimentov. Teorie și practică analitică. *Academica, Galați*, 2006.
3. DOROBANȚU, C. Importanța alimentării și dietetică a uleiurilor vegetale. *UȘAMUV, Iași*, 2010.
4. DRAGA, V. Compoziția chimică a uleiurilor și grăsimilor. *Timișoara*, 2011.
5. LIBIU, I. Modificări ale proprietăților antioxidante ale uleiurilor alimentare supuse radierii cu microunde, Studiu biofizic. *Universitatea de medicină și farmacie „Carol Davila”*, București, 2017.
6. BANU, C. Calitatea și analiza senzorială a produselor alimentare. *Ed. Agir, București*, 2007.
7. DUMUTRU, C. Metode și tehnici de control ale produselor alimentare vegetale. *UȘAMV, Iași*, 2008.

CZU: 616.5:549

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p110-113

ALCHIMIA MINERALĂ ÎN DERMATOLOGIE: UTILIZAREA ZINCULUI ÎN PRODUSE COSMETICE ȘI ÎN TRATAREA AFECȚIUNILOR DERMATOLOGICE

MINERAL ALCHEMY IN DERMATOLOGY: THE USE OF ZINC IN COSMETICS AND IN THE TREATMENT OF DERMATOLOGICAL DISEASES

Onofrei Ilinca, UMF „Grigore T. Popa” Iași (România)
Ochiuz Lăcrămioara, UMF „Grigore T. Popa” Iași (România)
Bujor Alexandra, UMF „Grigore T. Popa” Iași (România)
Lungu Ionuț-Iulian, UMF „Grigore T. Popa” Iași (România)
Ștefanache Alina, UMF „Grigore T. Popa” Iași (România)

Onofrei Ilinca, UMF "Grigore T. Popa", Iasi (Romania)
ORCID: 0009-0008-6388-1200, ilincaonofrei@yahoo.com
Ochiuz Lăcrămioara, Professor dr. UMF "Grigore T. Popa",
Iasi (Romania), ORCID: 0000-0001-6447-0958
Bujor Alexandra, Assistant univ. University of Medicine and Pharmacy
" Grigore T. Popa", Iasi (Romania), ORCID: 0000-0002-3864-0551
Lungu Ionuț-Iulian, Assistant univ. University of Medicine and Pharmacy
" Grigore T. Popa", Iasi (Romania), ORCID: 0009-0005-4803-3746
Ștefanache Alina, Assist. Prof. University of Medicine and Pharmacy
"Grigore T. Popa", Iasi (Romania), ORCID: 0009-0006-6604-0453

Rezumat. Industria cosmetică nu reprezintă un fenomen recent, ci este o practică îndelungată ce datează de sute de ani. Atât femeile, cât și bărbații utilizau cosmeticele nu doar pentru îmbunătățirea aspectului fizic, ci și pentru transmiterea unor semnificații sociale și culturale. Multe dintre produsele folosite erau pe bază de minerale (săruri de cupru, oxid de cupru), cărbune (obținut prin arderea migdalelor), cenușă, pudre și alte elemente chimice (precum arsenul, caracterizat de o deosebită toxicitate). Datorită proprietăților lor antioxidante, antiinflamatoare, antipigmentare și antibacteriene, mineralele sunt frecvent integrate în formulările produselor cosmetice. Ele joacă un rol crucial în abordarea și tratarea diverselor afecțiuni dermatologice, oferind beneficii terapeutice și contribuind la îmbunătățirea sănătății pielii și a altor aspecte ale trupului. Aportul zilnic de minerale este necesar pentru funcționarea armonioasă și continuă (de bază) a corpului uman. Aceste minerale se împart în două categorii importante: macroelemente (calciul, magneziul, sodiul, potasiul etc) și oligoelemente (fierul, cuprul, seleniul, cobaltul, zincul etc). În prezenta lucrare am evidențiat beneficiile aduse de zinc și compuşii acestuia industriei cosmetice. Oligoelementul este frecvent utilizat în compoziția cosmeticelor, precum și la tratarea afecțiunilor dermatologice.

Cuvinte-cheie: Zinc, afecțiuni dermatologice, industria cosmetică, antioxidant, antiinflamator, antipigmentare

Abstract. The cosmetic industry is not a recent phenomenon, but a long-standing practice dating back hundreds of years. Both women and men used cosmetics not only to enhance physical appearance, but also to convey social and cultural meanings. Many of the products used were based on copper minerals, copper oxide, charcoal obtained by burning almonds, ash, powders and other chemical elements such as arsenic, characterized by a particular toxicity. Due to their antioxidant, anti-inflammatory, anti-pigmentation and antibacterial properties, minerals are frequently integrated into cosmetic product formulations. They play a crucial role in addressing and treating various dermatological conditions,

providing therapeutic benefits and helping to improve the health of the skin and other aspects of the body. The daily intake of minerals is necessary for the harmonious and continuous basic functioning of the human body. These minerals are divided into two important categories: macroelements (calcium, magnesium, sodium, potassium etc) and trace elements (iron, copper, selenium, cobalt, zinc etc). In the following paper, I have highlighted the benefits brought by Zinc and its compounds to the Cosmetic Industry. The trace element is frequently used in the composition of cosmetics, as well as in the treatment of dermatological conditions.

Keywords: zinc, dermatological conditions, cosmetic industry, antioxidant, anti-inflammatory, anti-pigmentation

Introducere

Zincul ia parte la numeroase activități metabolice ce au loc în corpul uman. Acesta protejează de radicalii liberi și radiațiile UV, reglează keratinizarea și proliferarea fibroblastelor, de asemenea, aplicat local, întărește vindecarea rănilor, reglează secreția de sebum și prezintă activitate antiseptică și antibacteriană [1]. Compușii de zinc cel mai frecvent utilizați în produsele de îngrijire a pielii sunt sărurile, compuși coordinați (complexe), precum oxidul de zinc, o sare greu solubilă în apă.

Datorită capacității Zn^{2+} de a accepta perechi de electroni, acesta poate fi complexat de diferiți liganzi. În funcție de constantele de stabilitate ale complexelor, soluțiile complexelor de Zn posedă, de obicei, Zn legat sub formă de complex mai mult sau mai puțin stabil, care rămâne în echilibru cu o concentrație relativ scăzută de ioni de Zn și liganzi liberi. [2]

Oxidul de zinc, gluconatul de zinc, zinc-piritionul și 2-pirolidonă 5-carboxilat de zinc (ZnPCa) sunt, de asemenea, ingrediente clasice în produsele de protecție solară, anti-acnee și anti-mătreață. [1] Zinc-piritionul este utilizat în componența șampoanelor anti-mătreață, datorită proprietăților sale antifungice, antibacteriene și antimicrobiene.

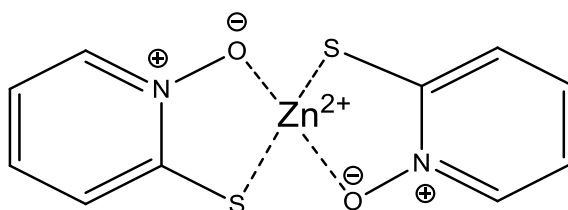


Fig 1. Zinc-Pirition

În produsele pentru igiena orală (paste de dinți și ape de gură) clorura de zinc ($ZnCl_2$) și sulfatul de zinc ($ZnSO_4$) sunt utilizate frecvent pentru proprietățile lor antiseptice și antimicrobiene. Concentrația de săruri de zinc din apa de gură variază între 0,02% și 0,5%. [3].

Rezultate și discuții

Zincul iese în evidență datorită proprietăților sale antioxidante, reducând efectele toxice ale radicalilor liberi. Zincul își exercită efectul antioxidant prin două mecanisme, dintre care unul este stabilizarea sulfhidrililor proteici împotriva oxidării. Al doilea mecanism constă în antagonizarea reacțiilor catalizate de metale tranziționale [4].

Zincul inhibă procesele oxidative pe termen lung prin sintetizarea metalotioneinelor (MT). Aceste proteine bogate în cisteină (cysteine-rich) au o mare afinitate pentru ionii metalelor divalente

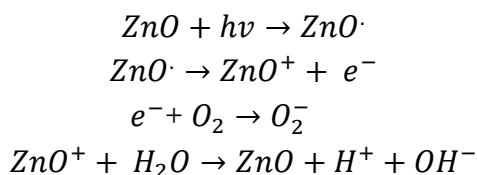
și sunt responsabile pentru menținerea homeostaziei celulare legate de zinc și acționează ca absorbantă electrofili puternici și agenți citoprotectori (Tabelul 1) [5].

Tabelul 1. Efectele antioxidante ale Zincului

Enzime antioxidante	Zincul are rol de cofactor pentru enzime antioxidante, cum ar fi superoxid dismutaza (SOD), NADPH, NADH
Producția de metalotioneină	Proteina MT poate lega și regla nivelurile de metale esențiale, inclusiv zinc și cupru.
Reglarea genelor antioxidante	Poate afecta activitatea factorilor de transcripție, cum ar fi factorul de transcripție 1 legat de elementul de răspuns la metal (MTF-1), care reglează expresia genelor legate de homeostazia metalică și apărarea antioxidantă.
Sprijin pentru sistemul imunitar	Zincul este esențial pentru funcționarea adecvată a sistemului imunitar, iar un sistem imunitar sănătos contribuie la protecția împotriva daunelor oxidative.

De asemenea, oxidul de zinc reprezintă unul dintre ingredientele de bază din compoziția preparatelor pentru protecție solară și pudrele de față. Acesta asigură protecție UV, respectiv, are o capacitate mare de acoperire antipigmentară. Oxidul de zinc acționează ca un ecran solar reflectând radiațiile UV de la suprafața pielii. Aceasta ajută la prevenirea penetrării radiațiilor în piele și reducerea riscului de arsuri solare [6]. Particulele de ZnO sunt capabile de a absorbi un foton provenit de la radiațiile ultraviolete [7].

Acesta oferă o protecție eficientă împotriva radiațiilor UVB și UVA și este considerat a fi unul dintre cele mai sigure și mai eficiente filtre solare disponibile. Oxidul de zinc oferă o protecție cu spectru larg împotriva radiațiilor UVB și UVA, ajutând la prevenirea arsurilor solare, a îmbătrânirii premature a pielii și a riscului de cancer de piele. În sectorul cosmetic, ZnO este folosit ca pigment ori agent de volum, în creme de protecție solară ca blocant UV, dar și ca înveliș calmant și protector împotriva iritațiilor pielii [8].



Zincul este un ingredient frecvent utilizat în produsele cosmetice datorită proprietăților sale benefice pentru piele și sănătate. Acesta se remarcă datorită acțiunii sale calmante și antiinflamatoare, astfel că ajută la reducerea iritației și inflamației asociate în afecțiuni precum acnee, dermatite sau eczeme. Din punctul de vedere al proprietăților antibacteriene, zincul acționează eficient contra bacteriilor și fungilor, microorganisme ce pot cauza acnee sau alte afecțiuni dermatologice.

Concluzii

Beneficiile zincului aduse cosmeticii și îngrijirii pielii sunt certe. Acest oligoelement, prin proprietățile sale multiple (antioxidante, antimicrobiene, antifungice, antibacteriene etc.), reprezintă un element indispensabil în formularea a numeroase preparate cosmetice.

Bibliografie

1. ANNA FRYDRYCH', JACEK ARCF'.'. KRZYSZFOF KASIURA, Zinc: A Critical Importance Element In Cosmetology. Warsaw University of Technology, Faculty of Chemistry, Poland Academy of Cosmetics and Health Care, Warsaw, Poland.
2. M. ABENDROT, U. KALINOWSKA-LIS Zinc-containing compounds for personal care applications First published: 07 May 2018 <https://doi.org/10.1111/ics.12463>
3. HAIJING GU, DANNI FAN, JINLONG GAO, WEI ZOU, ZHIXIANG PENG, ZIMING ZHAO, JUNQI LING, RACQUEL Z. LEGEROS. Effect of ZnCl₂ on plaque growth and biofilm vitality, Archives of Oral Biology, Volume 57, Issue 4
4. TAMMY M. BRAY, WILLIAM J. BETTGER. The physiological role of zinc as an antioxidant, Free Radical Biology and Medicine, Volume 8, Issue 3,0.
5. THIRUMOORTHY, N., KUMAR, K. M., SUNDAR, A. S., PANAYAPPAN, L., & CHATTERJEE, M. (2007). Metallothionein: An overview. World Journal of Gastroenterology: WJG, 13(7), 993-996. <https://doi.org/10.3748/wjg.v13.i7.993>.
6. COLE C, SHYR T, OU-YANG H. Metal oxide sunscreens protect skin by absorption, not by reflection or scattering. Photodermatol Photoimmunol Photomed. 2016; 32(1): 5-10.
7. HAO OU-YANG, GEORGIOS STAMATAS, CLAUDE SALIOU, NIKIFOROS KOLLIAS. A Chemiluminescence Study of UVA-Induced Oxidative Stress in Human Skin In Vivo, Journal of Investigative Dermatology, Volume 122, Issue 4
8. VANESSA SOGNE, FLORIAN MEIER, THORSTEN KLEIN, CATIA CONTADO, Investigation of zinc oxide particles in cosmetic products by means of centrifugal and asymmetrical flow field-flow fractionation, Journal of Chromatography A, Volume 1515, 2017, Pages 196-208, ISSN 0021-9673, <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2017.07.098>
9. BABARUS, IOANA, IONUT-IULIAN LUNGU, AND ALINA STEFANACHE. "The dynamic duo: titanium dioxide and zinc oxide in uv-protective cosmetic." (2023)

CZU: 548

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p114-120

NANOCRISTALE – IMPORTANTĂ ȘI UTILIZĂRI

NANOCRYSTALS – IMPORTANCE AND USES

Popescu Gabriela Adriana, Profesor chimie
Liceul Matasari Gorj (Romania)

Popescu Gabriela Adriana, Chemistry teacher,
Matasari Gorj High School (Romania)

ORCID: 0000-0003-3614-7242, chimiematasari@gmail.com

Rezumat: Un nanocrystal (punct cuantic sau qdot) este un cristal semiconductor cu un diametru de câțiva nanometri. Din cauza dimensiunilor sale mici, această structură se comportă ca un puț de potențial care deține electroni în trei dimensiuni, într-o regiune de o lățime comparabilă cu lungimea de undă a electronilor (de ordinul câțiva nanometri într-un semiconductor). Nanocristalele sunt comparabile cu firele cuantice (în 2 dimensiuni) și cu puțurile cuantice unidimensionale. Datorită izolării, electronii nanocrystalului au niveluri de energie discrete și cuantificate similare cu cele ale unui atom. Din acest motiv, nanocristalele sunt numite și „atomi artificiali”. Nivelurile de energie pot fi controlate prin schimbarea dimensiunii sau formei nanocrystalului.

Cuvinte-cheie: nanocrystal, semiconductor, electroni, heterostructuri etc.

Abstract: A nanocrystal (or quantum dot, quantum dot or qdot) is a semiconductor crystal with a diameter of several nanometers. Because of its small size, this structure behaves like a potential well that holds electrons in three dimensions, in a region of a width comparable to the wavelength of electrons (on the order of a few nanometers in a semiconductor). Nanocrystals are comparable to quantum wires (in 2 dimensions) and one-dimensional quantum wells. Thanks to confinement, the nanocrystal's electrons have discrete and quantized energy levels similar to those of an atom. For this reason, nanocrystals are also called "artificial atoms". Energy levels can be controlled by changing the size or shape of the nanocrystal.

Keywords: nanocrystal, semiconductor, electrons, heterostructures, etc.

Introducere

La începuturile anilor '70 erau obținute primele heterostructuri de dimensiuni mici, cunoscute sub numele de quantum wells (gropi cuantice). Ele stau la baza multor din dispozitivele optoelectronice disponibile astăzi, importanța lor fiind recunoscută și prin acordarea Premiului Nobel (2000) fizicianului rus Zhores Alferov, pentru descoperirile aduse în domeniu. În general, importanța nanocristalelor este în continuă creștere într-o varietate de domenii tehnologice și științifice, deoarece oferă oportunități pentru dezvoltarea de materiale și tehnologii inovatoare.

Pot fi încastrate (fiind constituenți în circuite integrate - „embedded systems”), având forme de la piramide și cilindri („vertical dots”) până la aproape planele „lateral dots” sau pot fi libere sub formă de pulberi, prezentând o structură sferică și primind denumirea de nanocristale.

Momentan sunt acceptate mai multe definiții ce vor fi prezentate mai jos.

Un nanocrystal (sau punct cuantic, quantum dot sau qdot) este un cristal semiconductor de un diametru de câțiva nanometri. Din cauza micilor sale dimensiuni, această structură se comportă ca un puț de potențial care reține electronii în trei dimensiuni, într-o regiune de o lățime comparabilă cu lungimea de undă a electronilor (de ordinul a câtorva nanometri într-un semi-conductor).

Nanocristalele sunt numite și «atomi artificiali». Nivelurile de energie pot fi controlate prin schimbarea taliei sau a formei nanocrystalului.

Nanocristalele semiconductoare (quantum dots) sunt structuri cuantice de dimensiuni comparabile cu cele ale atomilor (nanometrii) denumite adesea și „atomi artificiali”. Ele conțin ca purtători de sarcină electroni, goluri sau perechi electron-gol (excitoni). Ceea ce face interesantă studiarea acestor structuri este analogia cu sistemele deja existente în natură (nuclee, atomi, molecule), având două mari avantaje față de acestea: se pot fabrica în laboratoare și se pot interconecta relativ ușor în diverse circuite electronice. Datorită dimensiunii foarte mici au proprietăți remarcabile care se modifică odată cu mărimea, forma lor, concentrația de purtători, aplicarea unui câmp electric sau magnetic, lucruri ce pot fi controlate cu precizie mărită. Dimensiunea mică, ușurința implementării, proprietățile remarcabile, consumul mic de putere sunt doar câteva dintre avantajele, care vor impune destul de repede această tehnologie în domenii ca micro(nano) electronica, cu precădere în fabricarea componentelor pentru calculatoare, optoelectronica, termoelectrica, biologie, medicina, în domeniul informaticii cuantice.

De asemenea, nanocristalele au aplicații interesante, de exemplu pentru elementele fotovoltaice (eficacitate superioară pentru producția de electricitate din energia luminoasă) [3].

Suntem într-o perioadă a dezvoltării tehnologice în care aproape orice este posibil, granițele sunt puse și depășite de aceeași care le-au creat.

Dacă înțelegem funcționarea atomului, călătoria în universul Quantum Dot-urilor devine extrem de previzibilă. Noțiunea este introdusă în anul 450 î.e.n. de către filosoful grec Leucip și răspândită mai apoi de un discipol al său, Democrit; „atomos” înseamnă indivizibil

Totul în această lume este conceput după un principiu simplu demonstrat în holografie: „orice parte conține informații despre întreg”. Fizicianul englez Ernest Rutherford a elaborat „Modelul Planetar al Atomului” și, folosind calea inversă, a explicat partea (atomul) prin întregul reprezentat de Sistemul Solar. Teoria a fost continuată de Niels Bohr (1913) și completată de Sommerfeld în 1915 [2].

Dezvoltarea nanoștiinței necesită, în primul rând, o înțelegere solidă a principiilor care o guvernează.

Prin **confinare cuantică** se înțelege restricționarea mișcării electronilor (pe toate cele 3 axe în cazul QD cubice). Astfel, purtătorii de sarcină rămân captivi într-un volum cu dimensiuni comparabile cu raza Bohr, dând naștere la proprietăți similare cu cele ale unui atom.

Pentru solide această stare se obține în condițiile de echilibru termodinamic (energie liberă minimă) și poartă denumirea de stare cristalină.

Starea cristalină se caracterizează printr-o așezare geometrică regulată a unei entități structurale denumită bază (formată dintr-un atom sau un grup de atomi), în punctele cu așezare periodică din spațiu (noduri) ce definesc rețeaua cristalină (spațială). Rețeaua + baza generează structura cristalină [4].

Începuturile nanotehnologiei își are originea în jurul anilor '80, când încep să se facă descoperiri revoluționare în ceea ce privește metodele tehnologice de obținere a structurilor foarte mici (quantum dot). Tehnicile de sinteză au o importanță mare, ele influențând dimensiunea, forma și proprietățile nanoparticulelor.

În prezent, o metodă ideală de fabricare a qd-urilor ar trebui să producă o cantitate semnificativă de structuri, cu un control atât de bun al dimensiunii și formei, încât proprietățile eșantioanelor să nu fie influențate de neconcordanțe ale părților componente; nanocristale identice și în număr cât mai mare, am putea concludiona.

O metodă de fabricare a nanoparticulelor este sinteza coloidală (coloid – glosar), ce aparține domeniului chimiei umede. Structurile obținute sunt fundamental diferite de cele rezultate prin

„creșterea SK”, mai ales prin faptul că în mod uzual nu sunt atașate de un substrat (de aici venind și denumirea de nanopulberi sau nanocristale pentru quantum dot-uri), fiind libere sau făcând parte din diverse soluții sau mixturi [3].

Rezultate și discuții

Nanocristalele, sau cristalele cu dimensiuni la scară nanometrică (adică cu dimensiuni de ordinul nanometrilor, adică miliarde de ori mai mici decât un metru), au devenit extrem de importante într-o varietate de domenii din cauza proprietăților lor unice. Câteva dintre aspectele lor importante sunt prezentate în cele ce urmează.

Proprietăți fizice unice: nanocristalele pot avea proprietăți fizice diferite față de acelea ale cristalelor macroscopice de aceeași substanță. Acest lucru se datorează faptului că proprietățile materialelor sunt adesea determinate de dimensiunea și structura lor la scară nanometrică. De exemplu, nanocristalele de aur pot avea culori diferite în funcție de dimensiunea lor.

Proprietăți optice și electronice: nanocristalele sunt utilizate în dispozitive optoelectronice, cum ar fi diodele emițătoare de lumină (LED-uri) și ecrane cu cristale lichide (LCD-uri). Acestea pot emite sau absorbi lumină în mod eficient datorită dimensiunilor lor nanometrice și pot fi ajustate pentru a emite lumină în diferite culori.

Aplicații medicale: nanocristalele sunt folosite în medicină pentru imagistica medicală, livrarea de medicamente și alte aplicații biomedicale. De exemplu, nanocristalele de aur pot fi acoperite cu substanțe medicale și direcționate către ținte specifice în organism pentru tratamentul cancerului sau alte afecțiuni.

Aplicații în energie: nanocristalele sunt utilizate în tehnologii de energie regenerabilă, cum ar fi celulele solare și bateriile. Structurile la scară nanometrică pot îmbunătăți eficiența acestor dispozitive, crescând conversia luminii solare în electricitate sau capacitatea de stocare a energiei.

Materiale avansate: nanocristalele sunt utilizate pentru dezvoltarea de materiale avansate cu proprietăți superioare, cum ar fi materialele cu rezistență ridicată, materialele superconductoare sau materialele cu conductivitate termică ridicată. Aceste materiale pot fi utilizate în industria aerospațială, industria auto și alte domenii tehnologice.

Aplicații în electronica și informatică: nanocristalele sunt utilizate pentru dezvoltarea de componente electronice de înaltă performanță, cum ar fi tranzistoarele cu efect de câmp (FET-uri) și memoria non-volatilă. Acestea pot îmbunătăți performanța și densitatea componentelor electronice, permițând dezvoltarea de dispozitive mai rapide și mai eficiente energetic.

Pentru a mări gama de aplicații, în care pot fi folosite quantum dot-urile, se mai utilizează un ultim strat (eng. „coat”) de molecule organice ce are și un rol de a preveni „creșterea” necontrolată. Partea interioară a acestuia are rol de liant între pătura protectoare („shell”) și un strat exterior format dintr-un polimer mixt hidrofob/hidofil ce prezintă radicali organici Carbon-Hidrogen. Contactul exterior cu solventul va fi realizat de partea hidrofilă, acest lucru dând stabilitate structurii (pasivizare electrică) și posibilitatea de a fi folosită în aplicații biologice. Astfel, organismul uman nu va mai intra în contact direct cu un material potențial toxic.

Stabilitatea nanostructurilor rezultate prin metoda de sinteză coloidală este dată în principal de stratul auxiliar (*shell*) care are rol de pasivizare electrică.

Această proprietate se referă în principal la **fotostabilitate** și la calitatea quantum dot-urilor de a rezista la fenomen de uzură datorate unei iluminări puternice de ex. (depigmentare). De cele mai multe ori evidențierea calităților se face prin compararea cu *pigmenții organici* obișnuiți (en. „*dyes*”).

Dacă în cazul acestora se poate vorbi de o stabilitate de ordinul *secundelor*, nanodot-urile își păstrează proprietățile nealterate timp de *zeci de minute* (în ziua de azi 60 min este un timp obișnuit) [2].

Tendința actuală de proiectare a noilor generații de componente electronice este de a lua în considerare dimensiuni din ce în ce mai mici, putere și căldură disipată minimă și o creștere a vitezei de execuție a proceselor pentru care au fost concepute diversele dispozitive. În aceste ipoteze, tehnologiile bazate pe Siliciu își vor atinge limitele (în unele domenii deja au făcut-o), în scurt timp fiind necesară înlocuirea acestora. Pe de altă parte, odată cu avansarea miniaturizării, încet, încet principiile clasice vor fi înlocuite de mai noile legi ale fizicii cuantice, fiind nevoie de materiale alternative, deoarece alte proprietăți vor căpăta importanță: conductivitate termică și electrică mărită, răspuns optic bun, elasticitate, rezistență la uzură, răspuns selectiv/senzitiv față de o moleculă anume, rata bună de conversie a luminii în curent electric, eficiență mărită în stocarea energiei [6].

Nanocristalele păstrează structura cristalină a materialului din care provin, dar, în același timp, odată cu micșorarea dimensiunilor și confinarea cuantică a purtătorilor de sarcină, proprietățile optice și electrice se modifică în sensul asemănării cu atomii și moleculele. În acest sens, se poate observa o deplasare a spectrului spre albastru („Blue Shift”), odată cu o mărire a dimensiunii benzii interzise și apariția nivelelor energetice discrete. În ceea ce privește proprietățile electrice, adăugarea sau îndepărtarea unui singur electron (prin tunelare) din componența quantum dot-ului, începe să aibă efecte notabile, în plus intervenind și o cuantizare a sarcinii (ca și în cazul lumii în care se putea accepta sau ceda energie sub formă de cuante (fotoni) și în acest caz unitatea de referință devine sarcina unui electron).

O atenție specială se acordă nanodot-urilor sferice de tip core/shell (Fig. 3.27) numite și nanocristale. Dimensiunea nanostructurii e direct legată de lărgimea benzii interzise; aceasta la rândul ei definește absorbția și emisia. Și astfel, un fenomen se va explica cu ajutorul altuia, în final rezultând o imagine de ansamblu asupra caracteristicilor quantum dot-urilor.

În cadrul fotoluminescenței intervin 3 procese: stimularea probei, absorbția radiației excitatoare, emisie luminoasă [3].

Marele avantaj pe care îl posedă quantum dot-urile spre deosebire de structurile obișnuite (e.g. pigmenți organici): nanocristale cu dimensiuni diferite pot fi stimulate în același timp, cu aceeași sursă de excitație ultravioletă. De aici derivă: costul minim pentru sursele de radiație mult simplificate, efectuarea măsurărilor simultane pe mai multe specii diferite (analize multiplex), în biologie: posibilitatea utilizării soluțiilor compuse care conțin mai multe tipuri de NC-le cu roluri și afinități pentru diverse țesuturi și substanțe, observarea organelor fiind făcută în paralel, aceeași soluție poate emite lumină din tot spectrul vizibil.

Spre deosebire de spectrul uniform al materialelor semiconductoare masive, în cazul quantum dot-urilor spectrul de absorbție apare sub forma unor suișuri și coborâșuri, cu maxime din ce în ce mai pronunțate odată ce ne deplasăm spre lungimi de undă mai mici.

În cazul LED-urilor cu nanocristale modul de funcționare este similar celor tradiționale, dar cu o versatilitate mai mare, făcând posibilă modificarea calităților luminescente foarte ușor (modificarea benzii interzise prin adăugarea unui singur atom).

Datorită tuturor acestor proprietăți, nanocristalele au o serie de aplicații în domeniul informaticii, contribuind la dezvoltarea de dispozitive mai rapide, mai eficiente energetic și mai mici în dimensiuni. Modurile în care sunt utilizate în informatică sunt sintetizate în cele ce urmează.

Procesoare și tranzistoare: nanocristalele sunt folosite pentru a fabrica tranzistoare cu dimensiuni extrem de mici, care pot funcționa la viteze mai mari și cu consum mai mic de energie

decât tranzistoarele convenționale. Acestea pot duce la dezvoltarea de procesoare mai rapide și mai eficiente energetic.

Memorii: nanocristalele sunt utilizate în dezvoltarea de memorii non-volatile, cum ar fi memoria flash și memoria RAM rezistentă. Acestea pot stoca date într-un mod mai stabil și pot permite o densitate mai mare a stocării, ceea ce înseamnă mai multă memorie într-un spațiu mai mic.

Dispozitive cuantic: nanocristalele sunt utilizate în dezvoltarea de dispozitive cuantice, cum ar fi qubiții cuantici, care sunt fundamentale în computația cuantică. Ele pot fi utilizate pentru a stoca și manipula informații cuantice și pot facilita realizarea unor operații cuantice complexe.

Ecrane și display-uri: nanocristalele sunt folosite ca materiale în ecranele cu cristale lichide (LCD-uri) și în tehnologiile de afișare cuantică (QLED-uri), oferind o reproducere a culorilor mai precisă și o eficiență energetică mai bună în comparație cu alte materiale.

Senzori: nanocristalele sunt utilizate în dezvoltarea de senzori extrem de sensibili pentru diverse aplicații, cum ar fi senzorii de imagine în camere foto și senzorii pentru detectarea diverselor substanțe chimice în mediu.

Comunicații și rețele: nanocristalele pot fi utilizate pentru a îmbunătăți performanța componentelor de comunicații și rețele, cum ar fi amplificatoarele optice și filtrele optice, permițând transmiterea și prelucrarea semnalelor la viteze mai mari și cu mai puține pierderi.

În prezent, industria farmaceutică și biomedicală încearcă să sintetizeze ansamble moleculare artificiale care să copieze complexul mecanism al naturii sau să fie utilizate în diagnosticării eficiente și vindecări de maladii. Exemplul în această direcție sunt nanocapsulele, cum ar fi liposomii sau moleculele bioconjugate cu particule magnetice sau fluorescente. Cele din urmă facilitează o analiză rapidă și selectivă a țesuturilor în funcție de substanțele aderate; pot de exemplu să interacționeze doar cu celulele hepatice, fixându-se acolo pentru un timp, eliminându-se apoi pe cale naturală. Pentru aplicațiile tocmai descrise s-au găsit alternative, mai performante, ce folosesc nanocristalele semiconductoare.

Nanocristalele au o gamă largă de aplicații în domeniul medical, contribuind la îmbunătățirea diagnosticului, tratamentului și monitorizării bolilor.

Având în vedere versatilitatea lor și capacitatea de a fi funcționalizate pentru diverse aplicații, se anticipează că vor continua să fie o componentă importantă a cercetării și dezvoltării medicale în viitor.

Câteva dintre modurile în care sunt utilizate în medicină, doar câteva exemple de utilizări ale nanocristalelor în medicină sunt prezentate mai jos.

Imagistica medicală avansată: nanocristalele sunt utilizate ca agenți de contrast în imagistica medicală, cum ar fi imagistica cu rezonanță magnetică (RMN) și imagistica cu ultrasunete. Ele pot îmbunătăți vizualizarea organelor și țesuturilor și pot ajuta la detectarea mai precisă a bolilor.

Terapie țintită: nanocristalele pot fi funcționalizate cu substanțe medicale sau medicamente și pot fi direcționate către ținte specifice în organism pentru tratamentul bolilor. Aceasta poate reduce efectele secundare ale medicamentelor și poate îmbunătăți eficiența terapiei.

Terapia cancerului: nanocristalele sunt folosite în terapia cancerului pentru livrarea selectivă a medicamentelor sau substanțelor anticanceroase către tumori. Ele pot fi direcționate către celulele canceroase sau către vasele de sânge care alimentează tumora, permițând distrugerea țintită a acestora.

Diagnosticul precoce: nanocristalele pot fi utilizate pentru detectarea precoce a bolilor, cum ar fi cancerul, prin identificarea markerilor specifici ai bolii în sânge sau alte fluide biologice. Ele pot

îmbunătăți sensibilitatea și specificitatea testelor de diagnostic și pot facilita identificarea bolilor în stadiile incipiente.

Imunoterapia: nanocristalele pot fi utilizate pentru a modula răspunsul imun al organismului împotriva bolilor, inclusiv a cancerului. Ele pot fi funcționalizate pentru a stimula sistemul imunitar să recunoască și să distrugă celulele canceroase sau alte celule patologice.

Terapia genică: nanocristalele sunt utilizate pentru livrarea de materiale genetice, cum ar fi ADN-ul sau ARN-ul, în celulele țintă în scopul corectării genetice sau a tratării unor boli ereditare.

Există cuante și în acest caz: ele se numesc nanocristale bioconjugate („QD-Bioconjugates”), definite ca „un termen generic de a descrie nanocristalele cuplate cu proteine, oligonucleotide, mici molecule, etc. care sunt folosite pentru a cupla direct QD-urile de zona de interes” [1].

Nanocristalele bioconjugate se folosesc cu precădere pentru marcarea zonelor de interes, fiind investigate prin microscopie imunofluorescentă sau alte metode. Se pare că în acest fel, știința a dat o mai mare importanță studiilor în domeniul cancerului și al acizilor nucleici (ADN, ARN, etc).

Concluzii

Prin exploatarea proprietăților lor la scară nanometrică, aceste materiale au potențialul de a revoluționa tehnologia informației și comunicațiilor și nu numai, ducând la dezvoltarea de dispozitive mai rapide, mai mici și mai eficiente energetic.

Nanomaterialele sunt considerate materiale avansate, cu potențialul de a transforma și îmbunătăți diverse aspecte ale vieții umane și ale tehnologiei moderne pentru că au caracteristici specifice care motivează această abordare, cum ar fi cele de mai jos.

Proprietăți unice la scară nanometrică: la nivelul nanometric, materialele pot prezenta proprietăți diferite față de aceleași materiale la scară macroscopică. De exemplu, aurul la nivel nanometric poate avea o culoare diferită și o reactivitate chimică diferită decât aurul macroscopic. Aceste proprietăți unice pot fi exploatate pentru a crea materiale cu performanțe și aplicații noi și îmbunătățite.

Controlul și manipularea proprietăților: Prin manipularea dimensiunii și formei particulelor la scară nanometrică, precum și prin modificarea compoziției chimice și a structurii cristaline, se pot controla și ajusta proprietățile materialelor la nivel atomic și molecular. Acest nivel ridicat de control permite inginerilor să proiecteze materiale cu proprietăți specifice, cum ar fi rezistența mecanică ridicată, conductivitatea electrică sau proprietăți optice personalizate.

Diverse aplicații tehnologice: nanomaterialele sunt utilizate într-o gamă largă de domenii tehnologice, inclusiv electronica, medicina, energie, materiale compozite, cataliză și multe altele. Ele pot fi folosite pentru a îmbunătăți performanța și eficiența dispozitivelor și sistemelor existente sau pentru a deschide noi oportunități tehnologice și aplicații.

Eficiență și durabilitate: unele nanomateriale pot prezenta proprietăți care le conferă o durabilitate și rezistență superioare în comparație cu materialele convenționale. De exemplu, nanomaterialele compozite pot avea o rezistență mecanică ridicată și o rezistență la coroziune, ceea ce le face potrivite pentru aplicații în construcții, industria auto și alte domenii.

Potențialul de inovare: nanotehnologia deschide drumuri noi pentru inovație și descoperiri în domeniul materialelor și științelor conexe. Cercetările în domeniul nanomaterialelor conduc la descoperirea de noi proprietăți și aplicații, ceea ce duce la avansarea continuă a științei și tehnologiei materialelor.

Bibliografie:

1. PINAUD, F.; MICHALET, X.; BENTOLILA, L.A.; TSAY, J.M.; DOOSE, S.; LI, J.J.; IYER, G.; WEISS, S. „Advances in fluorescence imaging with quantum dot bio-probes”, *Biomaterials*. 2006 Mar;27(9):1679-87. Epub 2005 Nov 28.
2. PAUL, ALIVISATOS. "Colloidal quantum dots. From scaling laws to biological applications", *Pure Appl. Chem.*, Vol. 72, Nos. 1–2, pp. 3–9, 2000.
3. XINGYONG, WU. et. al. "Immunofluorescent labeling of cancer marker Her2 and other cellular targets with semiconductor quantum dots", *Nature Biotechnology* 21, 41-46 (2002)
4. JYOTI K. JAISWAL ET AL, "Long-term multiple color imaging of live cells using quantum dot bioconjugates", *Nature Biotechnology* 21, 47 - 51 (2002)
5. JENNIFER OUELLETTE, "Quantum Dots for Sale"
6. XIAOHU, GAO; WARREN, C. W. CHAN; SHUMING, NIE. "Quantum-dot nanocrystals for ultrasensitive biological labeling and multicolor optical encoding", *Journal of Biomedical Optics* -- October 2002 - Volume 7, Issue 4, pp. 532-537

CZU: 540:45

DOI: 10.46727/C.V1.16-17-05-2024.P121-125

CAPACITATEA DE AUTOEPURARE A APELOR DE SUPRAFAȚĂ CONFORM CLASEI DE CALITATE

SELF-PURIFICATION CAPACITY OF SURFACE WATER IN ACCORDANCE WITH CLASSE OF QUALITY

*Sandu Maria, dr., conf. cerc., IEG al USM din Chișinău;
Tariță Anatolie, dr., conf. cerc., IEG al USM din Chișinău;
Moșanu Elena, dr., IEG al USM din Chișinău.*

*Sandu Maria, PhD, associate prof, MSU from Chisinau
ORCID: 0000-0001-6617-7747, sandu_mr@yahoo.com
Tarita Anatolie, PhD, associate prof., MSU from Chisinau
ORCID: 0000-0002-7152-3023, anatolietarita@gmail.com
Mosanu Elena, PhD, MSU from Chisinau
ORCID: 0000-0003-0215-951X, elena_mosanu@yahoo.com*

Rezumat: Conform capacității de autoepurare a apelor de suprafață, calculată în baza valorilor CBO₅ și CCO-Cr din Hotărârea Guvernului nr. 890 din 12.11.2013, apa ce corespunde claselor I (foarte bună) și II (bună) de calitate este cu autoepurare medie, clasa III (poluată moderat) – cu autoepurare mică și clasele IV (poluată) și V (foarte poluată) – cu autoepurare imposibilă datorită prezenței substanțelor toxice. Este necesar de selectat terenurile cu activitate agrară, economică și de construcții cu respectarea cerințelor privind zonele de protecție și de asigurat cu tehnologii de epurare eficientă a apelor uzate în conformitate cu condițiile normative de deversare a apelor uzate în corpurile de apă.

Cuvinte-cheie: apa de suprafață, capacitatea de autoepurare, CBO₅, CCO-Cr, surse de poluare.

Abstract: According to the self-purification capacity of surface waters, calculated based on BOD₅ and COD-Cr values from Government Decision no. 890 of 12.11.2013, the water corresponding to the I (very good) and II (good) quality classes is with medium self-purification, class III (moderately polluted) - with low self-purification and classes IV (polluted) and V (highly polluted) - with impossible self-purification, toxic substances are present. It is necessary to select land for agricultural, economic activity, constructions in compliance with the requirements regarding the protection zones and to ensure the efficiency of waste water treatment technologies in accordance with the normative conditions for discharge of waste water into water bodies.

Keywords: surface water, self-purification capacity, BOD₅, COD-Cr, sources of pollution.

Introducere

Factorii de formare a apelor naturale sunt cei fizico-chimici (proprietățile fizico-chimice ale elementelor chimice, condițiile acido-bazice, de oxido-reducere, amestecul diferitor tipuri de ape și schimbul cationic/anionic), fiind influențați și de factorii fizico-geografici, cum ar fi evaporarea apei (crește concentrația substanțelor), furtunile de vânt cu prafuri din diferite roci minerale/organice, sol, etc. La trecerea apei prin sol (irigare, din depunerile atmosferice) poate crește mineralizarea apei și concentrația de substanțe organice. Microorganismele din apele naturale au un rol important în epurarea biologică a apelor naturale, deoarece descompun sau consumă poluanții prezenți în apă.

Formarea componenței apelor naturale este influențată și de factorii antropogeni în rezultatul activității societății:

Factorul chimic - deversarea apelor uzate și din depunerile atmosferice.

Factorul fizic - temperatura, conductivitatea apei, etc.

Societatea, prin diferite activități, interferează dinamică crescândă în ciclurile ce conectează **solul, apa și aerul**, provocând creșterea nivelului de poluare a mediului.

Poluanții antropogeni includ pesticidele, substanțele tensioactive, produsele petroliere, hidrocarburii, solvenții, polizaharidele, grăsimile, uleiurile, humații, proteinele, detergenții, predominând substanțele organice.

Deversarea apelor uzate netratate sau tratate insuficient din diferite activități economice și din terenurile agricole este sursa de bază a poluării apelor de suprafață.

Tipurile de poluanți și de afectări ale biotei acvatice sunt menționate de Werner Stumm, etc. (1981) și prezentate în tabelul 1 [16].

Tabelul 1. Tipurile de poluanți și de afectările biotei acvatice

Tipul de poluant	Afectarea
Fertilizanți (compuși ai fosforului și azotului)	Promotor/activator al organismelor fototrofe
Substanțe organice biodegradabile	Promotor/activator al organismelor heterotrofe
Substanțe organice nedegradabile biologic și substanțe anorganice biologic active (metale)	Incompatibilitatea relațiilor dintre specii, modificarea speciilor biocenozelor

Componența chimică a apei naturale depinde de o multitudine de procese: adsorbția, bioacumularea, sedimentarea, inclusiv, **autoepurarea**.

Studiul procesului de autoepurare a poluanților în ape (râuri, lacuri, rezervoare și estuare) este menționat într-un raport UNESCO (anul 1982) [17], fiind specificate procesele de autoepurare a poluanților, care au loc în apă, iar înainte de a descrie diferite procese, care afectează calitatea apelor de suprafață, este necesar să se descrie natura poluanților.

Scopul prezentului studiu prevede evaluarea capacității de autoepurare a apelor de suprafață conform valorilor CBO₅ și CCO-Cr din Regulamentul cu privire la cerințele de calitate a mediului pentru apele de suprafață [4].

Consumul biochimic de oxigen la 5 zile (CBO₅) reprezintă cantitatea de oxigen necesară oxidării substanțelor organice biodegradabile din apă. Cu cât mai mari sunt valorile CBO₅, cu atât este mai mică concentrația de oxigen dizolvat în apă.

Cantitatea totală de substanțe organice din apă se exprimă prin consumul chimic de oxigen (CCO), ce reprezintă cantitatea de oxigen necesară oxidării substanțelor organice sub acțiunea unui agent oxidant (K₂Cr₂O₇ sau KMnO₄).

Metode și metodologii

În studiu este utilizată metoda de evaluare a capacității de autoepurare a apelor uzate folosind raportul CBO₅/CCO-Cr.

Parametrii CBO₅ și CCO-Cr, precum și valoarea lor, exprimată în mg/dm³ O₂, este specificată în legislația națională [4, 7], determinați fiind conform standardelor naționale [13-15].

Evaluarea raportului CBO₅/CCO-Cr este propusă în Decizia executivă (UE) 2018/1147 a Comisiei din 10.08.2018 (pct. 5.1, c) pentru monitorizarea tratării deșeurilor colectate [1] și în diferite publicații științifice ca o caracteristică importantă a biodegradabilității apelor naturale. De exemplu:[2, 11, 12, 18].

Tabelul 2. Gradul autoepurării apei de suprafață după valoarea capacității de autoepurare

Nr.	Valoarea CA	Gradul autoepurării
1.	>0,6	autoepurarea este foarte mare și eficientă
2.	0,4-0,6	autoepurarea este mare și se va produce ușor
3.	0,2-0,4	autoepurarea este medie și se va produce numai la regim termic favorabil cu populație bacteriană adaptată
4.	0,1-0,2	autoepurarea este cu biodegradabilitate mică și se va produce lent numai la regim termic favorabil cu populație bacteriană adaptată
5.	<0,1	autoepurarea este imposibilă, sunt substanțe toxice

Valorile mari ale CBO₅ denotă prezența substanțelor organice biodegradabile. Consumul chimic de oxigen cu crom (CCO-Cr) este un indice integral privind existența substanțelor organice greu degradabile.

Dinamica valorilor capacității de autoepurare a apei în studiu este clasificată în 5 grade de autoepurare, prezentate în tabelul 2.

Rezultate și discuții

Capacitatea de autoepurare (CA) a apei conform cerințelor de calitate pentru apele de suprafață, calculată folosind valorile CBO₅ și CCO-Cr din Regulamentul cu privire la cerințele de calitate a mediului pentru apele de suprafață [6], variază de la 0,3 - 0,33 (clasele I și II, autoepurare medie) la 0,2 (clasa III, autoepurare mică) și la 0,077 - > 0,077 (clasa IV și V, autoepurarea este imposibilă, sunt prezente substanțe toxice).

CA a apelor de suprafață calculată în baza informației din Ordinul României nr. 161 din 16 februarie 2006 [10] și din Convenția pentru Protecția fluviului Dunărea [8] are valoarea 0,3 (autoepurare medie) pentru clasa I de calitate, pentru clasele II-V fiind cu valori de 0,14-0,2 (autoepurare mică), iar valoarea <0,1 (autoepurare imposibilă, sunt substanțe toxice) lipsește (tab. 3).

Tabelul 3. Valorile CBO₅, CCO-Cr și ale capacității de autoepurare a apelor de suprafață conform cerințelor normative de calitate pentru apele de suprafață

Parametrii	Clasa de calitate				
	I	II	III	IV	V
Republica Moldova [4]					
CBO ₅ , mg/dm ³ O ₂	3	5	6	7	>7
CCO-Cr, mg/dm ³ O ₂	<10	15	30	90	>90
CA	0,3	0,33	0,2	0,077	> 0,077
Gradul autoepurării	autoepurare medie		autoepurare mică	autoepurare imposibilă, sunt substanțe toxice	
România [10]					
CBO ₅ , mg/dm ³ O ₂	3	5	7	20	>20
CCO-Cr, mg/dm ³ O ₂	10	25	50	125	>125
CA	0,3	0,2	0,14	0,16	>0,16
Gradul autoepurării	autoepurare medie	autoepurare mică			
Convenția pentru Protecția fluviului Dunărea [8]					
CBO ₅ , mg/dm ³ O ₂	3	5	10	25	>25
CCO-Cr, mg/dm ³ O ₂	10	25	50	125	>125
CA	0,3	0,2	0,2	0,2	>0,2
Gradul autoepurării	autoepurare medie	autoepurare mică			

În anexa nr. 2 din Regulamentul privind cerințele de calitate a mediului pentru apele de suprafață [4] funcționarea ecosistemelor și piscicultura/protecția ihtiofaunei este asigurată la clasele I și II de calitate a apei (autoepurare medie), inclusiv și alimentarea cu apă potabilă, aprovizionarea cu apă a unor industrii (cu tratare simplă), cu tratare normală fiind de clasa III (autoepurare mică) și cu tratare avansată la clasa IV de calitate deoarece autoepurarea este imposibilă.

Activitățile de agrement și irigare trebuie să corespundă claselor I-III (autoepurare medie și mică). La folosirea apei în unele scopuri industriale (în procesul tehnologic, pentru răcire) apa poate fi de clasele I-IV de calitate (autoepurare mică și autoepurare imposibilă), iar la generarea energiei hidroelectrice și în transport poate fi utilizată apa de suprafață ce corespunde la toate clasele de calitate.

Concluzii:

Pentru a asigura o capacitate de autoepurare eficientă (0,2 - >0,6) a apelor de suprafață din Republica Moldova este necesară respectarea legislației naționale, în care sunt menționate condițiile concrete de protecție a apelor [3, 4-6, 9].

De selectat teren pentru activitatea agrară, economică și pentru construcții cu respectarea regulamentului privind zonele de protecție și de asigurat cu tehnologii de epurare eficientă a apelor uzate în conformitate cu normativul național de deversare a apelor uzate în corpurile de apă [7].

Bibliografie:

1. Decizia Executivă (UE) 2018/1147 a Comisiei din 10.08.2018, care, în conformitate cu Directiva 2010/75/UE a Parlamentului European și a Consiliului, stabilește concluzii privind cele mai bune tehnologii disponibile (BAT) pentru tratarea deșeurilor (notificate conform documentului C (2018) 5070) (Textul se aplică SEE).
2. GLADCHI V. et al. Chimia ecologică a apelor naturale și procesele de autopurificare a sistemelor acvatice. Istoria și dezvoltarea la Universitatea de Stat din Moldova. În: *Chimie ecologică: istorie și realizări: Academicianul Gheorghe Duca, 70 ani de la naștere*. Chișinău: CEP USM, 2022, 412 p. ISBN 978-9975-159-05-0.
3. Hotărârea Guvernului cu privire la aprobarea Programului național privind managementul durabil al substanțelor chimice în Republica Moldova: nr. 973 din 18.10.2010. În: Monitorul Oficial nr. 214-220 din 05.11.2010 art. 1122. Versiune în vigoare din data 20.12.17 în baza modificărilor prin HG1088 din 18.12.17, Monitorul Oficial nr. 440 din 20.12.17, art.1212.
4. Hotărârea Guvernului pentru aprobarea Regulamentului cu privire la cerințele de calitate a mediului pentru apele de suprafață: nr. 890 din 12.11.2013. În: Monitorul Oficial din 22.11.2013, nr. 262-267, art. nr.: 1006. *MODIFICAT HG1143 din 21.11.18, MO13-21/18.01.19 art.7.*
5. Hotărârea Guvernului pentru aprobarea Regulamentului privind cerințele de colectare, epurare și deversare a apelor uzate în sistemul de canalizare și/sau în emisare pentru localitățile urbane și rurale: nr. 950 din 25.11.2013. În: Monitorul Oficial nr. 284-289 din 06.12.2013, art. 1061. Modificat: *HG90 din 19.02.20, MO75-83/13.03.20 art.219; în vigoare 13.04.20.*
6. Hotărârea Guvernului pentru aprobarea Regulamentului privind condițiile de deversare a apelor uzate în corpurile de apă: nr. 802 din 9 octombrie 2013. În: Monitorul Oficial nr. 243-247 din 01.11.2013, art. 931, *MODIFICAT HG1143 din 21.11.18, MO13-21/18.01.19 art. 7*
7. Hotărârea Guvernului pentru aprobarea Regulamentului privind monitorizarea și evidența sistematică a stării apelor de suprafață și a apelor subterane: nr. 932 din 20.11.2013. În: Monitorul Oficial nr. 276-280 din 29.11.2013, art. 1038. *MODIFICAT HG1143 din 21.11.18, MO13-21/18.01.19 art.7; în vigoare 18.01.19*

8. ICPDR 2006. Water Quality in the Daniube River Basin. TNMN Year book 2001.
http://www.icpdr.org/icpdr-pages/tnmn_yearbooks.htm.
9. Legea apelor nr. 272 din 23.12.2011. În: Monitorul Oficial nr. 81 din 26.04.2012, art. nr. 264.
Modificată: LP249 din 15.11.18, MO1-5/04.01.19 art.2.
10. Ordin pentru aprobarea Normativului privind clasificarea calității apelor de suprafață în vederea stabilirii stării ecologice a corpurilor de apă: nr. 161 din 16 februarie 2006.
<https://legislatie.just.ro/Public/DetaliuDocumentAfis/74255>
11. SANDU M.; et al. Ecological potential of surface waters in natural scientific reserve "LOWER PRUT".
Chemistry Journal of Moldova. 2016, 11(1), 21-26. ISSN 1857-1727.
12. SANDU MARIA, et al. Capacitatea de autoepurare a apei râurilor mici din Republica Moldova. *Bul. AȘM. Științele Vieții*, 2021, 1(343), 126-133. ISSN: 1857-064X.
13. SM SR EN 1899-2:2007. Calitatea apei. Determinarea consumului biochimic de oxigen după n zile (CBO_n). Partea 2: Metoda pentru probe nediluate.
14. SM SR EN ISO 10707:2012. Calitatea apei. Evaluarea în mediu apos a biodegradabilității aerobe "ultime" a compușilor organici. Metoda prin analiza consumului biochimic de oxigen (test în recipient închis).
15. SM SR ISO 6060:2006. Calitatea apei. Determinarea consumului chimic de oxigen.
16. WERNER STUMM, JAMES J. MORGAN. *Aquatic Chemistry. An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters*. 2nd Ed. GB855.578, 1981, 780 p. (p. 703). ISBN 978-0471091738.
17. WHITEHEAD P.G., LACK T. *Dispersion and self-purification of pollutants in surface water systems: A Contribution to the International Hydrological Programme*. UNESCO. 1982, 98 p. ISBN - 9231020498.
18. ZUBCOV E., et al. Dinamica parametrilor fizico-chimici în apele fluviului Nistru. În: *AKADEMOS*. 2017, nr. 1, p. 48-53. ISSN 1857-0461.

CZU: 504

DOI: 10.46727/C.V1.16-17-05-2024.P126-130

FOLOSIREA ÎN CERCETARE DE CĂTRE ELEVI A COMPETENȚELOR ECOLOGICE SPECIFICE SECOLULUI XXI

STUDENTS' USE OF 21ST CENTURY SPECIFIC ECOLOGICAL COMPETENCES IN RESEARCH

Savin Irina-Isabella, prof., dr. ing.
Colegiul Tehnic „Ioan C. Ștefănescu” Iași, România

Savin Irina-Isabella, teacher, dr. eng.,
Technical College "Ioan C. Ștefănescu" Iasi, Romania
savinisabella@yahoo.com

Rezumat. Predarea – învățarea trebuie să fie văzută ca o modalitate modernă de realizare a educației, ca activator al elevilor, prin stimularea creativității care contribuie la procesul instructiv – educativ, cât și la formarea ca om. Proiectul are ca țintă familiarizarea și conștientizarea elevilor cu problemele ce conduc la poluarea și distrugerea mediului, prezentând modalități de formare a unei atitudini, comportament și apreciere a posibilelor intervenții umane în natură, utilizând noile tehnologii adaptate la nivelul învățământului preuniversitar.

Cuvinte-cheie: elevi, educație, cercetare

Abstract. Teaching - learning must be seen as a modern way of achieving education, as an activator of students, by stimulating creativity that contributes to the instructive - educational process, as well as to training as a person. The project aims to familiarize and make students aware of the problems that lead to environmental pollution and destruction, presenting ways of forming an attitude, behavior and appreciation of possible human interventions in nature, using the new technologies adapted to the level of pre-university education.

Keywords: students, education, research

Introducere

O politică ecologică trebuie să conducă un mod controlat de utilizare a resursele informaționale și cele de ordin energetic-material. Acesta ar permite formarea pe baze științifice a unei noi conștiințe ecologice la fiecare persoană, reieșind pe baza formării unei noi politici educaționale ecologice, prin creare și perfecționare, sensibilizare, conștientizare, instruire și educație ecologică a tuturor persoanelor, adulte sau tinere. Aceasta arată acum, în perioada schimbărilor sociale în lume, care corespunde tendinței evoluției ale mediului, științei și tehnicii, în noul mileniu, legate de schimbările climatice, diminuarea stratului de ozon, dispariția multor specii de plante și animale – consecință a impactului modificărilor enunțate.

Formarea conștiinței ecologice este un proces de lungă durată, prin diverse metode, lent, pentru că lumea nu conștientizează cu adevărat ce dezaastre ne așteaptă, dacă nu se găsește rapid rezolvări cu soluții viabile. Este vorba, de fapt, de formarea de noi concepții care ar corespunde noilor tendințe ecologice, care ar asigura restabilirea mediului. Ea prezintă o altă atitudine, un alt comportament și o apreciere a noilor soluții găsite pentru stoparea marilor dezechilibre din natură. Procesul va prezenta o adaptare la noile condiții și caracteristici ecologice.

Implicarea în educarea elevilor

Școala urmărește formarea personalității autonome și creative a elevilor, asigurând o pregătire de înaltă calitate, bazată pe cunoștințe de cultură generală și de specialitate, precum și formarea de competențe profesionale care să le permită elevilor exercitarea unei profesii, continuarea studiilor în învățământul superior sau realizarea propriei afaceri.

Prin dotarea tehnică modernă, școala răspunde atât cerințelor de satisfacere a nevoilor personale ale tinerilor, cât și celor de educație ecologică și eco-civică, nu numai profesională, pentru a se adapta ca cetățean al UE.

Un exemplu este și **Programul Internațional „ECO-ȘCOALA”** care familiarizează elevii cu problematica poluării și protejării mediului:

- creșterea gradului de conștientizare a copiilor privind problemele de mediu;
- dezvoltarea spiritului civic și a capacității elevilor de a lua decizii;
- legături cu școli din România și din lume cu ajutorul Internet-ului;
- valorificarea deșeurilor reutilizabile;
- amenajarea spațiului verde din jurul școlii.

Proiectul propus în cadrul acestui program este de cercetare, implicând noțiuni teoretice și aplicative interdisciplinare – biologie, chimie, informatică și participarea atât a cadrelor didactice ca îndrumători, cât și a elevilor, „**actorii principali**”.

Prima etapă a activității a constat în efectuarea analizelor privind calitatea apei, având ca temă determinarea cantitativă a poluanților de mediu prin efectuarea de analize organoleptice, chimice, fizico-chimice, biologice, ca în imaginile de mai jos (Figura 1):



Fig. 1. Analize de laborator efectuate de elevi în cadrul Programului Internațional „ECO-ȘCOALA”

A doua etapă a activității a constat în interpretarea rezultatelor analizelor – statistic, reprezentare grafică, compararea cu datele altor instituții abilitate sau comunicarea cu alte școli incluse în cadrul aceluiași proiect, pentru a compara rezultatele.

Toate aceste activități ce au o pondere de utilizare a calculatorului de peste 90%, „**cer**” din partea elevilor abilitați și competențe specifice de utilizare a instrumentelor și materialelor de laborator, precum și a calculatorului, ca în imaginile de mai jos (Figura 2):



Fig. 2. Utilizarea calculatoarelor de către elevi

Rezultatele obținute în cadrul acestui proiect au fost prezentate la diferite simpozioane, sesiuni de referate, ceea ce demonstrează că scopul a fost atins – elevii, pe lângă timpul liber petrecut alături de alți colegi și profesori, și-au aprofundat noțiunile teoretice și practice pe care le dețineau, dar au și „descoperit” pericolele ce au apărut datorită poluării zonelor cercetate și ce măsuri se pot lua pentru protejarea naturii (Figura 3).



Fig. 3. Prezentarea proiectului

Rezultate și discuții

Tema propusă a fost: **Caracteristicile apelor uzate**

În urma prelevării probelor și a analizelor efectuate s-au alcătuit o serie de tabele pe baza datelor experimentale obținute care ilustrează caracteristicile apelor uzate, ca de ex. tabelul 1:

Tabelul 1. Valorile caracteristicilor apelor uzate

pH	NO ₃ ⁻ mg/L	MTS mg/L	Cloruri mg/L	CCO- Cr mg O ₂ /L	H ₂ S mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	Reziduu fix mg/L	CBO ₅ mgO ₂ /L
5.2	3	158	169	1749	1.6	7.11	3	992	0
6.5	1.7	105	64	1512	2.8	3	0.08	4535	675
5.9	5.3	425	132	2995	1.1	7.9	0.32	3275	800
5.0	0.025	936	118	3784	2.1	5.7	2.5	6000	0
5.5	2.1	248	66.8	3106	1.1	3.62	1.2	4400	925
5.0	2.9	725	180	7802	2.3	6.75	1.75	6920	0
5.51	2.5	432.8	121.6	3491.3	1.83	5.676	1.475	4353.6	800

Datele analizate și prezentate în exemplul de mai sus, tabelul 1, sunt reprezentate și sub formă de grafice, ca în figurile 4, 5, 6.

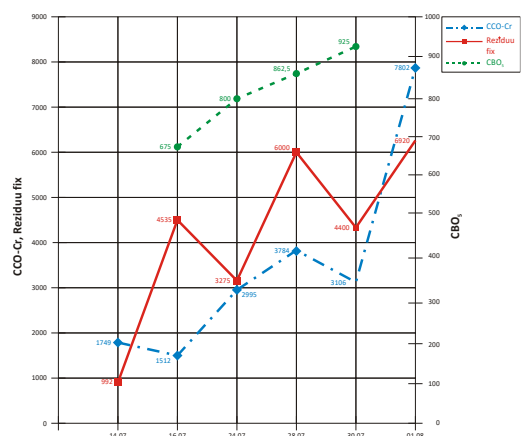


Fig. 4. Valorile parametrilor chimici CCO-Cr, Reziduu fix, CBO₅

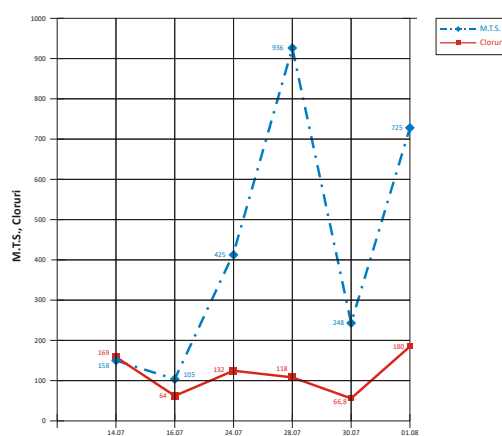


Fig. 5. Valorile parametrilor chimici MTS și cloruri

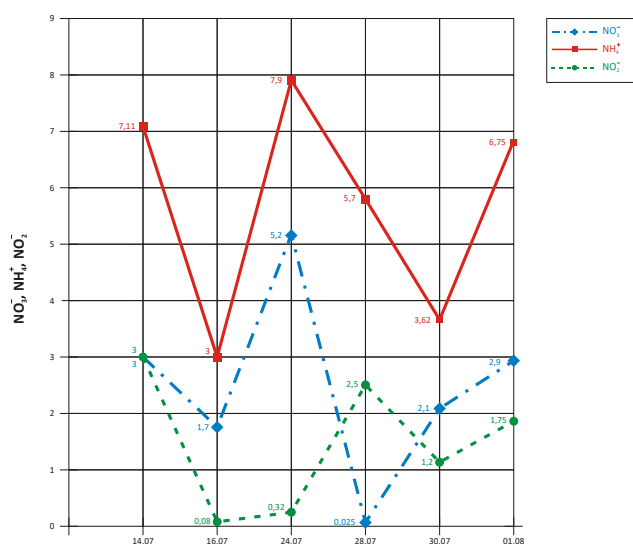


Fig. 6. Valorile parametrilor chimici NO₃⁻, NO₂⁻, NO₄⁺

Parametrii analizați care depășesc limitele maxime admisibile din **NTPA 002/2005** sunt:

- pH-ul cu valoarea de 5,51;
- MTS cu valoarea de 432,8 mg/L;
- CCO-Cr cu valoarea de 3491,3 mgO₂/L;
- H₂S cu valoarea de 1,83 mg/L;
- CBO₅ cu valoarea de 800 mgO₂/L

În această situație trebuie impuse restricții care să respecte condițiile de salubritate și de igienă a mediului. În cazul când în apa uzată se găsesc mai multe metale grele din categoria: Cu, Cr, Ni, Mn, suma concentrațiilor lor nu trebuie să depășească valoarea de 5,0 mg/L; dacă se găsesc doar metale grele, precum Zn și/sau Mn, suma concentrațiilor acestora nu poate depăși valoarea de 6,0 mg/L. Agenția pentru Protecția Mediului, Garda de Mediu, Primăria trebuie să ia măsuri restrictive și să aplice legislația în vigoare, în cazul deversărilor apelor uzate.

Concluzii

În școală, sistemul de cunoștințe se acumulează treptat și constituie baza noii educații a viitorului om al secolului XXI.

Prin acest proiect s-au propus activități prin care elevul:

- să-și creeze o ierarhie de valori;
- să perceapă și să observe procesul studiat;
- să se implice personal;
- să-și asume responsabilității;
- să lucreze în echipă;
- să alcătuiască unele strategii de acțiune prin care să învețe cum să organizeze aceste acțiuni;
- să comunice;
- să evidențieze abilitățile și competențele de a lucra și comunica cu ajutorul calculatorului;

Tema de bază a oricărui program de educație trebuie să fie utilizarea rațională de către om a spațiului în care trăiește, încât să nu degradeze mediul prin exploatare excesive.

Bibliografie:

1. SAVIN, I. *Analiza apei utilizate în finisarea materialelor textile celulozice*, Revista „Dialog Textil” nr. 11/2007
2. SAVIN, I.; BUTNARU, R.; MIHĂILESCU, Ov. *Pre-epurarea și epurarea apelor uzate la prelucrarea materialelor textile celulozice*, Revista „Dialog Textil” nr. 5/2008
3. SAVIN, I. (coord.). *Evaluarea riscului legat de poluare*, Sesiunea Județeană de referate și comunicări ale elevilor și profesorilor din învățământul tehnic preuniversitar, ed. VII, Iași, 2005
4. *****, *Metoda EPA nr. 410.1 – determinarea consumului chimic de oxigen din apele de suprafață și subterane*
5. *****, *Metode standard pentru analiza apei și a apelor reziduale, 1992 – determinarea consumului chimic de oxigen*
6. BERTEA, A. *Ape uzate – caracteristici și epurare*, Ed. Coda, Iași, 2001
7. BERTEA, A.; BUTNARU, R. *Aspecte ecologice și toxicologice ale finisării chimice textile*, Ed. Dosoftei, Iași, 1997

CZU: 628.3:579.68

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p131-138

METODELE MICROBIOLOGICE DE EPURARE A APELOR UZATE DE COMPUȘII AZOTULUI

MICROBIOLOGICAL METHODS OF WASTEWATER PURIFICATION OF NITROGEN COMPOUNDS

Șepeli Diana, dr., USM, Institutul de Chimie

Spătaru Petru, dr., USM, Institutul de Chimie

Vișnevschi Alexandru, USM, Institutul de Chimie

Shepel Diana, PhD, Moldova State University, Institute of Chemistry,

ORCID: 0000-0002-0192-1085, dianashepel@gmail.com

Spataru Petru, PhD, Moldova State University, Institute of Chemistry,

ORCID: 0000-0003-0589-1386

Visnevschi Alexandru, Moldova State University, Institute of Chemistry,

ORCID: 0000-0003-2049-8312

Rezumat. *Au fost studiate datele din literatura de specialitate ale cercetătorilor străini în domeniul celor mai recente metode microbiologice pentru eliminarea compușilor azotului din apele uzate. Au fost analizați principalii parametri tehnologici ai funcționării instalațiilor de epurare. Au fost studiate tehnologiile (BioDenifho, Bardenpho) bazate pe metode tradiționale de epurare a apelor reziduale, cum ar fi nitrificarea și denitrificarea, precum și metodele pentru îndepărtarea compușilor de azot din apele uzate în instalațiile de epurare „constructed wetlands”. Sunt date exemple de tehnologii utilizate pentru epurarea anaerobă a apelor uzate pe baza procesului ANAMMOX (SHARON-ANAMMOX, CANON, OLAND, DEAMOX). Au fost analizate deficiențele tehnologiilor studiate, în funcție de parametrii tehnologici și de caracteristicile proceselor microbiologice și biochimice care au loc în timpul epurării apelor uzate.*

Cuvinte-cheie: *ape uzate, nitrificare, denitrificare, proces ANAMMOX.*

Abstract. *The literature data of foreign researchers in the field of the latest microbiological methods for removing nitrogen compounds from wastewater was studied. The main technological parameters of the operation of treatment facilities were analyzed. The technologies (BioDenifho, Bardenpho) based on traditional methods of wastewater treatment, such as nitrification and denitrification, as well as methods for removing nitrogen pollution from wastewater in “constructed wetlands” treatment facilities were considered. The examples of technologies used in the anaerobic wastewater treatment based on the ANAMMOX process (SHARON-ANAMMOX, CANON, OLAND, DEAMOX) were given. Their disadvantages were studied depending on the technological parameters and the features of the microbiological and biochemical processes occurring during wastewater treatment.*

Keywords: *wastewater, nitrification, denitrification, ANAMMOX process.*

Introducere

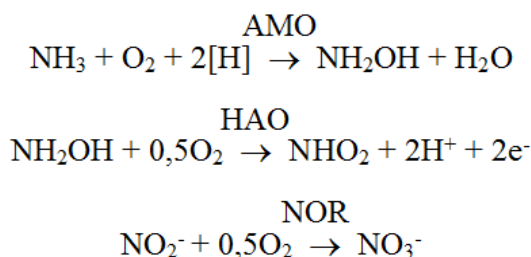
Eliminarea poluanților cu conținut de azot din apele uzate reprezintă o problemă actuală, deoarece amoniacul exercită un impact toxic nu doar asupra organismelor acvatice, ci și asupra echilibrului natural al ecosistemelor existente în ansamblu. Eliminarea eficientă a compușilor azotului din apele uzate este posibilă prin utilizarea metodelor microbiologice de epurare. Pe baza ciclului

biologic al azotului, au fost dezvoltate și implementate numeroase tehnologii și procese de epurare a apelor uzate de contaminările cu amoniac, bazate pe procesele microbiologice tradiționale de nitrificare și denitrificare, precum și pe procesul de oxidare anaerobă a amoniacului (procesul ANAMMOX). Astfel de tehnologii sunt utilizate în stațiile de epurare ale complexelor zootehnice.

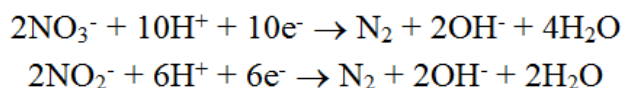
Scopul acestei lucrări constă în investigarea metodelor microbiologice de epurare a apelor uzate de compușii azotați și examinarea rolului proceselor ANAMMOX și denitrificării în tratarea apelor uzate. Metodele și materialele utilizate au inclus o revizuire sistematică și analitică a publicațiilor din reviste științifice și monografii disponibile în bazele de date electronice naționale și internaționale, cum ar fi Scopus, Google Scholar și altele.

Rezultate și discuții

Metoda tradițională de eliminare microbiologică a compușilor azotului din apele uzate se bazează pe utilizarea consecutivă a proceselor de nitrificare și denitrificare. Nitrificarea amoniacului în natură se realizează în două etape, catalizate de două grupuri diferite de bacterii. În prima etapă, bacteriile amoniu-oxidante (BAO), cum ar fi cele din genul *Nitrosomonas*, transformă amoniacul în nitrit. Aici, amoniacul este oxidat până la hidroxilamină (NH_2OH), iar acceptorul de electroni este forma dimerică a dioxidului de azot (N_2O_4), procesul fiind catalizat de enzima amoniu-monooxidază (AMO) [1, 2]. Apoi, în prezența enzimei hidroxilamină oxidoreductază (HAO), hidroxilamina este oxidată [1, 2]. Ulterior, bacteriile nitrit-oxidante (BNO), cum ar fi cele din genul *Nitrobacter*, în prezența enzimei oxidoreductază (NOR), oxidează nitritul rezultat în nitrat:



Denitrificarea este realizată de heterotrofi, în acest proces NO_3^- și NO_2^- sunt convertiți în azot gazos, iar metanolul, acetatul și substanțele organice conținute în apele uzate acționează ca donatori de electroni:



În ansamblu, sunt examinate două mecanisme posibile de reacție, prezentate în Figura 1.

Unul dintre mecanisme presupune că un complex enzimatic legat de membrană transformă inițial amoniacul și hidroxilamina în hidrazină, după care hidrazina este oxidată în gaz diazotat în periplasmă. În același timp, nitritul este redus la hidroxilamină pe porțiunea citoplasmatică a aceluiași complex enzimatic, responsabil pentru oxidarea hidrazinei cu transfer intern de electroni (Fig. 1a). Un alt mecanism postulează următoarele: amoniacul și hidroxilamina sunt transformate în hidrazină printr-un complex enzimatic legat de membrană, hidrazina este oxidată în periplasmă la azot gazos, iar electronii generați sunt transferați printr-o lanț de transport de electroni către enzima de reducere a nitritului în citoplasmă, unde nitritul este redus la hidroxilamină (Fig. 1b).

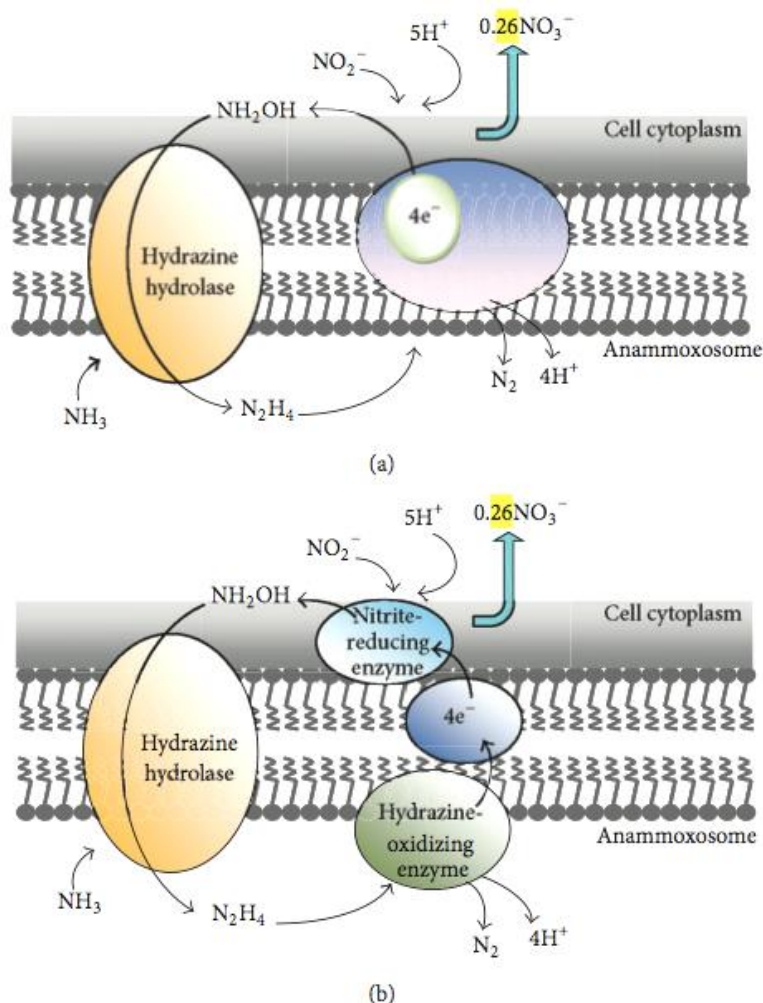


Fig. 1. Mecanismul biochimic posibil al ANAMMOX-ului și localizarea celulară a enzimelor care realizează acest proces [2]

În majoritatea instalațiilor cu nămolul activ, ambele procese sunt implementate în mod secvențial în reactoare separate, nitrificatoare și denitrificatoare, asigurând condiții aerobe și anaerobe corespunzătoare (anoxice, menținând concentrația de oxigen dizolvat în apă la nu mai mult de 0,5 mg/L) [3]. Astfel de sisteme secvențiale și etajate, cu oxidare separată a impurităților organice, nitrificare și denitrificare, asigură stabilitatea funcționării și o eficiență ridicată (până la 90%) în eliminarea compușilor de azot. Atunci când se utilizează un singur bioreactor, se realizează o alternanță secvențială între condiții aerobe și anoxice prin controlul alimentării cu aer. Tehnologiile BioDenifho prevăd eliminarea impurităților de azot utilizând două reactoare paralele cu aerare (pentru nitrificare). Ciclurile de aerare variază, asigurând flexibilitatea operațională pentru atingerea diferitelor obiective de tratare. Ulterior, apele uzate ajung în reactoare, unde are loc procesul de denitrificare.

Pentru implementarea tehnologiilor Bardenpho sunt utilizate sisteme cu cinci și patru etape. În sistemul cu cinci etape, se identifică cinci zone: anaerobă, anoxă (zonă în care lipsește oxigenul dizolvat, dar sunt prezenți oxizii), aerobă, anoxă și aerobă. Totodată, din cauza eficienței insuficiente a curățării, s-a propus să fie reconfigurat într-un sistem cu patru etape. În acest scop, primele două zone (anaerobă și anoxă) au fost unite, crescând astfel suprafața primei zone fără oxigen și facilitând

accesul acizilor grași volatili, contribuind la intensificarea denitrificării. În același scop, s-a propus și reducerea capacității pompelor care livrează apele uzate în prima zonă fără oxigen [4].

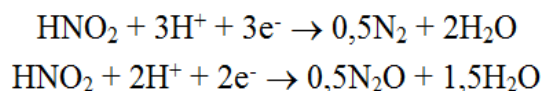
O altă tehnologie de tratare a apelor uzate de azot, denumită „Tidal-flow wetlands” (ecosisteme de mlaștini cu flux de maree pentru tratarea apelor uzate), presupune mineralizarea azotului organic prin inundarea și uscarea ciclică a reactorului [5], în timp ce nitrificarea și denitrificarea sunt reglate, în esență, prin adsorbție [6]. Ioni NH_4^+ sunt adsorbiți pe biopelícula încărcată negativ. Oxigenul din aer pătrunde în pori, saturând biopelícula [7] și activând nitrificarea ulterioară a ionilor NH_4^+ adsorbiți. Desorbția nitraților în volumul apei are loc în următorul ciclu de inundare ca rezultat al consumului în etapa de denitrificare [8].

Trebuie menționat că metodele tradiționale de microbiologie sunt asociate cu costuri mari pentru aerare (nitrificare) și furnizarea donatorului de electroni (denitrificare). Două reactoare separate, recircularea separată a nămolului și necesitatea introducerii unui substrat organic suplimentar cresc, de asemenea, semnificativ costul acestor sisteme de tratare.

Utilizarea unui singur bioreactor generează dificultăți în gestionarea procesului cu o biocenoză mixtă, iar pentru a atinge o eficiență optimă de curățare, de obicei, sunt necesare sisteme de control destul de complexe, incluzând feedback cu concentrația reală de amoniu și nitrați, precum și oxigen dizolvat în bioreactor.

Pentru realizarea unei oxigenări anaerobe intensive a amoniacului (procesul ANAMMOX), este necesară și nitrificarea prealabilă. Prima sa etapă începe, asemenea condițiilor aerobe, cu oxidarea amoniacului cu dioxid de azot la hidroxilamină și oxid de azot în prezența enzimei AMO (amoniu mono-oxidază).

La a doua etapă, hidroxilamina rezultată este oxidată până la acidul azotic în prezența enzimei HAO. Totodată, în condiții anaerobe, o parte din nitritul format acționează ca acceptor de electroni, ceea ce duce la formarea azotului molecular sau a oxidului de azot:



Prin urmare, principalul produs al oxidării anaerobe a amoniacului devine azotul molecular, precum și cantitățile de urmă ale diferitor oxizi (I, II, IV) [9]. Pe baza procesului ANAMMOX au fost elaborate tehnologii precum SHARON-ANAMMOX, CANON, OLAND, DEAMOX [10-19]. Sistemul tehnologic pentru eliminarea amoniacului din apele uzate SHARON-ANAMMOX (denumirea provine de la SHARON care prezintă un reactor unic de înaltă activitate pentru oxidarea amoniacului la nitrit, High activity Ammonia Removal Over Nitrite) și ANaerobic AMMonium OXidation (ANAMMOX) care este un reactor de oxidare a amoniacului anaerob) include două etape. În prima etapă (reacția SHARON), aproximativ jumătate din amoniac este oxidat, în condiții aerobe cu implicarea microorganismelor corespunzătoare, la nitrit. În cea de-a doua etapă, amestecul format din nitrit și amoniac este introdus în reactorul anaerob ANAMMOX, unde are loc conversia sa în azot molecular și, parțial, nitrat. Această tehnologie permite reducerea costurilor de nitrificare aerobă și eliminarea etapei de denitrificare [10, 11].

Există o metodă care implică eliminarea simultană a poluării cu azot prin intermediul procesului ANAMMOX și denitrificării într-un singur reactor (SBR – Single Batch Reactor, reactor cu acțiune periodică). Aceasta prezintă asemănări cu tehnologia SHARON, cu excepția faptului că în tehnologia SHARON nu se urmărește obținerea procesului ANAMMOX ca atare, ci acesta este inclus în

tehnologia SHARON-ANAMMOX. În acest scenariu, eliminarea azotului este îmbunătățită prin reducerea proporției de nitrat și azot total (TN, inclusiv amoniac, nitriți și nitrați) în mediu. Acest efect este realizat prin diluarea reziduurilor la intrarea lor în reactor. Eficiența procesului de curățare, la un raport C:N de 2:1, atinge 97,47%. Creșterea consecutivă a cantității de substanțe organice în mediu a condus la o scădere a performanței din cauza inhibării bacteriilor ANAMMOX. Cu toate acestea, după încetarea adăugării de substanțe organice, numărul acestora se restabilește rapid [10, 12].

O limitare a tehnologiei SHARON-ANAMMOX constă în necesitatea gestionării mai multor regimuri de control (bazate pe concentrația de oxigen dizolvat, pH și potențial redox) [13], esențiale pentru menținerea unei funcționări stabile a procesului de nitrificare. În plus, implementarea acestei tehnologii impune menținerea temperaturii la aproximativ 35°C. Pentru a asigura o oxidare parțială a amoniacului în reactorul SHARON din cadrul tehnologiei SHARON-ANAMMOX, este necesar să se monitorizeze cu strictețe condițiile care favorizează doar bacteriile amoniacal-oxidante (*Nitrosomas* sp.), responsabile de conversia amoniacului în nitrit, și să se inhibe dezvoltarea microorganismelor oxidatoare de nitrit (NOB).

Tehnologia CANON (Completely Autotrophic Nitrogen removal Over Nitrite – eliminarea complet autotrofă a azotului până la nitriți) presupune combinarea proceselor de nitrificare parțială și oxidare anaerobă a amoniacului, efectuate de comunitatea de nitrificatori și bacterii ANAMMOX, într-un singur reactor (în contrast cu sistemul cu două reactoare SNARON-ANAMMOX). În condițiile unei oferte limitate de oxigen, bacteriile amoniacal-oxidante utilizează amoniacul pentru a-l oxida în nitrit, menținând simultan condiții anoxice esențiale pentru viața bacteriilor ANAMMOX. Nitritul rezultat, în prezența amoniacului din mediu, este redus la azot molecular de către bacteriile ANAMMOX [14].

Avantajul tehnologiei CANON constă în faptul că se utilizează un singur reactor, ceea ce reduce semnificativ costurile de construcție. Cu toate acestea, procesul necesită un control strict al conținutului de oxigen în mediu și a încărcăturii de compuși ai azotului. Deficitul de azot amoniacal în cazul unui exces de oxigen face ca bacteriile nitrit-oxidante să obțină avantajul asupra bacteriilor ANAMMOX, deoarece acestea au o rată de creștere mai mare și, implicit, o viteză mai mare de consum a substratului, conducând la o lipsă de azot amoniacal în mediu și, în consecință, la imposibilitatea realizării procesului ANAMMOX. De asemenea, compoziția populației microbiene este influențată de grosimea filmului biologic și dimensiunea agregatelor de nămol. De exemplu, agregatele cu dimensiuni >500 μm conțineau aproximativ 68% bacterii ANAMMOX, în timp ce cele <500 μm conțineau doar aproximativ 35% [15]. Acest lucru se explică prin faptul că oxigenul are dificultăți în a pătrunde în granulele mai mari, creând condiții favorabile pentru viața microorganismelor ANAMMOX. Factorii care influențează procesele SHARON-ANAMMOX trebuie, de asemenea, controlați în cazul procesului CANON.

O evoluție notabilă utilizează tehnologia CANON în sistemele de epurare bazate pe tehnologia „Tidal vertical flow” (sisteme de curgere verticală în flux descendent), cu scopul de a îmbunătăți eficiența eliminării compușilor azotului din apele uzate în ecosistemele umede construite (constructed wetlands). Pentru a asigura stabilitatea și o eficiență înaltă în epurarea contaminanților azotici, etapa de utilizare a „Tidal flow” în „constructed wetlands” a fost înlocuită cu o recirculare internă a fluxului ascendent, creând anterior o zonă superioară aflurilor saturată cu oxigen. Reducerea ciclurilor de recirculare duce la scăderea conținutului de oxigen în reactor, promovând nitrificarea parțială și

procesul ANAMMOX, dar, în același timp, reducând viteza de conversie a azotului. În cazul creșterii numărului de cicluri de recirculare, procesul de oxidare a amoniacului este intensificat, însă acest lucru este însoțit de perturbarea nitrificării parțiale și de încetinirea procesului ANAMMOX. O concentrație crescută de carbon neorganic poate stimula simultan activitatea bacteriilor oxidante de amoniu și a bacteriilor ANAMMOX, fără a afecta bacteriile nitrit-oxidante [16].

Deficiențele tehnologiei CANON cuprind dificultatea controlului furnizării de oxigen în reactor și administrarea unei biocenoze microbiene mixte. În plus, eliminarea contaminanților azotici are loc într-un singur reactor, prin intermediul tehnologiei OLAND (Oxygen-Limited Autotrophic Nitrification-Denitrification, reactor autotrof limitat de oxigen pentru nitrificare-denitrificare) [17]. În cadrul acestui proces, în prima etapă, NH_4^+ este parțial oxidat la NO_2^- cu ajutorul bacteriilor oxidante de amoniu (AOB), având oxigenul drept acceptor de electroni; ulterior, prin amestecarea NO_2^- cu o altă porțiune de NH_4^+ , se formează N_2 [18]. Deficiențele acestei tehnologii includ eficiența redusă a eliminării sub formă de azot molecular (sub 40%); procesul necesită controlul pH-ului și temperaturii, iar concentrația de oxigen are o importanță crucială (populația AOB scade în condiții de deficit de oxigen).

În cadrul cunoscutei tehnologii DEAMOX (DENitrifying AMmonia OXidation – proces biologic de eliminare a poluării azotice, bazat pe oxidarea anaerobă a amoniacului în asociere cu conversia dependentă de sulfid a nitratului în nitrit), se realizează divizarea deșeurilor de bază în două fluxuri. Primul dintre ele este supus nitrificării tradiționale. În acest proces, nu este necesar un control special, deoarece nu există scopul de a obține doar nitrit. Apoi, dejecțiile parțial nitrificate sunt amestecate în reactorul DEAMOX cu al doilea flux, în care, de obicei, există o anumită cantitate de donor de electroni (sulfid sau impurități organice). În condiții autotrofe sau heterotrofe, datorită denitrificării parțiale a nitratului, se formează nitrit, care este imediat absorbit împreună cu amoniacul prezent de către bacteriile ANAMMOX, generând azot molecular [19]. Dezavantajul tehnologiei DEAMOX constă în necesitatea creșterii temperaturii de la 20°C în nitrificator la 35±1°C în reactorul DEAMOX și menținerea ulterioară a acesteia la acest nivel. În același timp, tehnologia este larg utilizată în cazul concentrațiilor ridicate de poluare (între 300-1000 mg N/L/zi).

În lumina existenței procesului ANAMMOX în ecosistemele naturale, este rezonabil să presupunem că acesta ar putea fi implementat în sistemele de tratare a apelor reziduale nu doar ca o etapă intensivă, ci și ca una extensivă.

Concluzii

Analizând lucrările dedicate metodelor moderne de tratare intensivă a apelor reziduale pentru îndepărtarea compușilor de azot, am identificat neajunsurile tehnologiilor actuale. În cazul metodelor tradiționale, cum ar fi BioDenipho și Bardenpho, acestea includ un consum ridicat de energie și necesitatea adăugării de substanțe organice pentru a realiza procesul de denitrificare. Deficiențele metodelor intensive de tratare, precum SHARON-ANAMMOX, includ necesitatea implementării mai multor moduri de control și menținerea temperaturii de intrare a deșeurilor în intervalul 34-36°C. În cazul metodei CANON, aspectele critice includ necesitatea controlului conținutului de oxigen pentru a asigura funcționarea eficientă a biocenozei mixte și încărcarea cu azot. Pentru metoda OLAND, se remarcă eficiența redusă în eliminarea azotului și necesitatea unui control riguros al pH-ului, temperaturii și concentrației de oxigen. În ceea ce privește metoda DEAMOX, este necesară menținerea unei temperaturi optime în reactorul DEAMOX.

Această lucrare a fost susținută de programul de stat nr. 20.80009.7007.20 în cadrul Agenției Naționale pentru Cercetare și Dezvoltare a Moldovei.

Bibliografie:

1. ZHU, G.; PENG, Y.; LI, B.; GUO, J.; YANG, Q.; WANG, S. Biological Removal of Nitrogen from Wastewater. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 2008, 192, p.159–195. ISSN 2197-6554. doi: 10.1007/978-0-387-71724-1_5 (IF: 7.563).
2. NI, S.-Q.; ZHANG, J. Anaerobic Ammonium Oxidation: From Laboratory to Full-Scale Application. *BioMed Research International*. 2013, 2013 (1), p. 1-10, 2013. ISSN 2314-6133. doi: org/10.1155/2013/469360 (IF: 3.246).
3. KOLESNIKOV, V.P.; WILSON, E.V. *Dezvoltarea modernă a proceselor tehnologice de epurare a apelor reziduale în instalații combinate*. Sub redacția V.K. GORDEEVA-GAVRIKOVA. Rostov-pe-Don: Editura Yug, 2005. 212 p. ISBN 5-88094-069-1. Disponibil: <http://rniiakh.com/docs/book.pdf> (vizitat 25.01.2024).
4. ZHAO, H. W.; FREED, A. J.; DIMASSIMO, R. W.; HONG, S.-N.; BUNDGAAD, E.; THOMSEN, H. A. Demonstration of phase length control of BioDeniflo process using on-line ammonia and nitrate analyzers at three full-scale wastewater treatment plants. *Proceedings of the Water Environment Federation*. 2004, 2004 (15), p. 215-225. ISSN 1938-6478. doi: 10.2175/193864704784148277
5. DENIZ, T.; FRIEDRICH, T.W.; MILLIGAN J. An Advanced Pollution Control Facility's Conversion to Four-Stage Bardenpho to Improve Biological Nitrogen Removal. *Florida water resources journal*. 2009, 60 (1), p. 20-27. ISSN 0896-1794. Disponibil: https://fwrj.com/techarticles/0109%20FWRJ_tech1.pdf (vizitat 25.01.2024).
6. SUN, G.; GRAY, K.R.; BIDDLESTONE, A.J.; COOPER D.J. Treatment of Agricultural Wastewater in a Combined Tidal Flow-Downflow Reed Bed System. *Water Science and Technology*. 1999, 40 (3), p. 139-146. ISSN 0273-1223. doi: 10.2166/wst.1999.0154 (IF: 2.7).
7. MCBRIDE, G.B.; TANNER, C.C. Modeling biofilm nitrogen transformation in constructed wetland mesocosms with fluctuating water levels. *Ecological Engineering*. 1999, 14 (1-2), p. 93-106. Vol. 14 P. 93–106. ISSN 0925-8574. doi: 10.1016/s0925-8574(99)00022-1 (IF: 3.8).
8. AUSTIN, D.; LOHAN, E.; VERNON, E. Nitrification and denitrification in a Tidal vertical Flow wetland pilot. *Proceedings of the Water Environment Federation*. Los Angeles, California, 2003, 2003 (9), p. 333-357. ISSN 1938-6478. doi: 10.2175/193864703784639660
9. SCHMIDT, I.; BOCK, E. Anaerobic ammonia oxidation by cell-free extracts of *Nitrosomonas eutropha*. *Antonie van Leeuwenhoek*. 1998, 73 (3), pp. 271–278. ISSN 1572-9699. doi: 10.1023/a:1001572121053 (IF: 2.6).
10. CAO, S.; DU, R.; ZHOU, Y. Coupling anammox with heterotrophic denitrification for enhanced nitrogen removal: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2020, 51 (8), p. 1-34. ISSN 1064-3389. doi: 10.1080/10643389.2020.1778394 (IF: 13.123).
11. KAMPSCHREUR, M. J.; POLDERMANS, R.; KLEEREBEZEM, R.; VAN DER STAR, W. R. L.; HAARHUIS, R.; JETTEN, M. S. M.; VAN LOOSDRECHT, M. C. M. Emission of nitrous oxide and nitric oxide from a full-scale single-stage nitrification-anammox reactor. *Water Science and Technology*. 2009, 60 (12), p. 3211-3217. ISSN 0273-1223. doi:10.2166/wst.2009.608 (IF: 2.7).
12. DU, R.; PENG, Y.; CAO, S.; WU, C.; WENG, D.; WANG, S.; HE, J. Advanced nitrogen removal with simultaneous Anammox and denitrification in sequencing batch reactor. *Bioresource Technology*, 2014, 162, p. 316-322. ISSN 0960-8524. doi: 10.1016/j.biortech.2014.03.041 (IF: 11.4).
13. FUX, C.; BOEHLER, M.; HUBER, P.; BRUNNER, I.; SIEGRIST, H. Biological treatment of ammonium-rich wastewater by partial nitrification and subsequent anaerobic ammonium oxidation (anammox) in a pilot plant. *Journal of Biotechnology*. 2002, 99 (3), p. 295-306. ISSN 0168-1656. doi: 10.1016/s0168-1656(02)00220-1 (IF: 4.1).

14. THIRD, K. A.; SLIEKERS, A. O.; KUENEN, J. G.; JETTEN, M. S. M. The CANON System (Completely Autotrophic Nitrogen-removal Over Nitrite) under Ammonium Limitation: Interaction and Competition between Three Groups of Bacteria. *Systematic and Applied Microbiology*. 2001, 24 (4), p. 588-596. ISSN 0723-2020. doi: 10.1078/0723-2020-00077 (IF: 3.4).
15. THIRD, K. A.; PAXMAN, J.; SCHMID, M.; STROUS, M.; JETTEN, M. S. M.; CORD-RUWISCH, R.K.A. Enrichment of anammox from activated sludge and its application in the CANON process. *Microbial Ecology*. 2005, 49 (2), p. 236-244. ISSN 0095-3628. doi: 10.1007/s00248-004-0186-4 (IF: 3.6).
16. NIELSEN, M.; BOLLMANN, A.; SLIEKERS, O.; JETTEN, M.; SCHMID, M.; STROUS, M.; SCHMIDT, I.; LARSEN, L.H.; NIELSEN, L.P.; REVSBECH, N.P. Kinetics, diffusional limitation and microscale distribution of chemistry and organisms in a CANON reactor. *FEMS Microbiology Ecology*. 2005, 51 (2), p. 247-256. ISSN 0168-6496. doi: 10.1016/j.femsec.2004.09.003 (IF: 4.519).
17. HU, Y.; ZHAO, X.; ZHAO, Y. Achieving high-rate autotrophic nitrogen removal via Canon process in a modified single bed tidal flow constructed wetland. *Chemical Engineering Journal*. 2014, 237, p. 329-335. ISSN 1385-8947. doi: 10.1016/j.cej.2013.10.033 (IF: 15.1).
18. MULLER, E. B.; STOUTHAMER, A. H.; VAN VERSEVELD, H. W. Simultaneous NH_3 oxidation and N_2 production at reduced O_2 tensions by sewage sludge subcultured with chemolithotrophic medium. *Biodegradation*. 1995, 6 (4), p. 339–349. ISSN 0923-9820. doi: 10.1007/bf00695264 (IF: 3.731).
19. KALYUZHNYI, S.; GLADCHENKO, M. DEAMOX – New microbiological process of nitrogen removal from strong nitrogenous wastewater. *Desalination*. 2009, 248 (1-3), p. 783–793. ISSN 0011-9164. doi: 10.1016/j.desal.2009.02.054 (IF: 9.9).

CZU: 504.3.054

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p139-145

DEZVOLTAREA REȚELELOR DE MONITORIZARE A CALITĂȚII AERULUI PE BAZĂ DE VOLUNTARIAT ȘI UTILIZAREA DATELOR MĂSURATE

DEVELOPMENT OF THE AIR QUALITY MONITORING NETWORKS BASED ON VOLUNTEERING AND USE OF THE MEASURED DATA

Udriștioiu Mihaela Tinca, dr., lect. univ., Universitatea din Craiova, România
Amarie Dragos, dr., conf. univ., Universitatea Georgia Southern, Statesboro, GA, S.U.A

Udriștioiu Mihaela Tinca, PhD, lecturer, University of Craiova, Romania,
ORCID: 0000-0002-5811-5930, mtudristioiu@central.ucv.ro
Amarie Dragos, PhD, associate professor, Georgia Southern University, Statesboro, GA, USA,
ORCID: 0000-0001-7928-9385, damarie@georgiasouthern.edu

Rezumat. Dezvoltarea rețelelor de senzori pe bază de voluntariat ia amploare de la o zi la alta. Acest fapt apare ca o consecință a comunicării ineficiente a agențiilor locale de mediu. Cetățenii devin din ce în ce mai atenți la modul în care poluarea le afectează sănătatea și se implică în procesul de monitorizare a aerului, găzduind senzori. Va fi prezentat modul în care a fost dezvoltată o rețea de monitorizare a calității aerului din regiunea de Sud-Vest a României, prin intermediul proiectelor dezvoltate. Rețeaua produce un număr impresionant de date, în urma măsurătorilor efectuate de senzori la fiecare minut. De asemenea, vor fi prezentate câteva modalități de utilizare a acestor date pentru a face o serie de predicții legate de poluarea aerului și de a lansa avertismente pentru categoriile sensibile de populație. Nu în ultimul rând, va fi evidențiată componenta educativă a acestor proiecte și importanța acesteia în schimbarea unor mentalități legate de protejarea mediului, a sănătății umane și a biodiversității.

Cuvinte-cheie: senzori de particule în suspensie, rețele de senzori, monitorizare, calitate aer, date open source, măsurători, proiecte, voluntariat, Erasmus+, Fulbright

Abstract. The development of sensor networks based on community volunteers is gaining momentum daily. This trend propagates because of the ineffective communication of local and national environmental agencies. Citizens are becoming increasingly aware of their health being affected by pollution, thus becoming actively involved in air quality monitoring by hosting sensors. The following presents how an air quality monitoring network was developed in southwest Romania by employing different region development projects. The network records impressive data as sensors perform measurements every minute. To create a series of predictions and issue warnings to the sensitive categories of the population, we will present some methods of using this data. Finally, the educational component of these projects will be highlighted, as well as its importance in changing mentalities related to protecting the environment, human health, and biodiversity.

Keywords: PM sensors, sensor networks, monitoring, air quality, open-source data, measurements, projects, volunteering, Erasmus+, Fulbright

Introducere

Este bine cunoscut că poluarea aerului afectează starea de sănătate a populației. Agenția Europeană de Mediu a declarat în noiembrie 2023 că Europa a înregistrat în anul 2021 un număr de 253.000 morți premature datorită expunerii cronice la particulele fine în suspensie (PM). Mai mult, Raportul Calitatea Lumii (World Quality Report) publicat în 2021 a arătat că numai 3.4% din cele 6.735 orașe monitorizate au îndeplinit standardele stabilite de ghidurile și recomandările Organizației Mondiale a Sănătății (World Health Organization) în 2021. Poluarea aerului înseamnă costuri în

bugetul fiecărei țări. Spre exemplu, conform Raportului Alianței Europene de Sănătate, în România, costul pe cap de locuitor datorită poluării în 2020 este de 1.810 euro [1].

Dacă discutăm numai despre particulele în suspensie (PM), de diametre foarte mici PM1, PM2.5 și PM10 (cu diametrul sub 1 μm , 2.5 μm și respectiv 10 μm), acestea sunt inhalate și produc boli respiratorii [2-4], generând boli cardiovasculare [5-6], producând disfuncționalități ale sistemului nervos central [7], cancer [8-10] și cresc probabilitatea de apariție a Parkinson-ului [11]. Dacă pentru concentrațiile de PM2.5 și PM10, Organizația Mondială a Sănătății a redus semnificativ valorile în 2021, pentru concentrațiile de PM1 încă nu au fost puse limite. Este evident că nivelurile de poluare a aerului depind și de alți factori dinamici, precum viteza și direcția de circulație a vântului. Masele de aer locale și vântul afectează modul în care microparticulele sunt transportate [12].

Poluarea aerului afectează nu numai sănătatea umană, ci și biodiversitatea [13]. Există specii de licheni care au dispărut, deoarece își absorbau nutrienții direct dintr-o atmosferă poluată. Schimbările apărute în vegetația pădurilor datorită poluării și schimbărilor climatice, precum și reducerea zonelor necultivate au o serie de consecințe în ceea ce privește biodiversitatea. Spre exemplu, speciile sensibile la ozon, precum pinul, au fost înlocuite de cele mai puțin sensibile, cum ar fi stejarul sau chiar de diverse specii de arbuști, modificând diversitatea genetică în cadrul speciilor [14]. Ploile acide afectează vegetația sălbatică, dar și plantele de cultură [15].

La nivel internațional este utilizat indicele de calitatea aerului (AQI-air quality index), definit pe baza unei metodologii franceze CAQI (Common Air Quality Index), care ține cont de concentrațiile de CO, NO₂, SO₂, PM2.5 și PM10 măsurate de senzori. În această lucrare vom limita discuția numai la particulele în suspensie.

Tabelul 1. Semnificația AQI semnificanțe în ceea ce privește sănătatea

AQI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Calitatea aerului pentru sănătate
0-50	Bună
51-100	Moderată
101-150	Nesănătoasă pentru grupurile sensibile
151-200	Nesănătoasă
201-300	Foarte nesănătoasă
301-500	Riscantă

Zone urbane în dezvoltare sunt afectate, deoarece praful provenit din șantierele de construcții înrăutățește calitatea aerului și a mediului. De asemenea, creșterea concentrației microparticulelor în suspensie este legată de dezvoltarea infrastructurii de transport. Problema nu este deloc simplă, deoarece infrastructura de transport este un element vital pentru dezvoltarea orașelor. Autoritățile trebuie să implementeze strategii care să ajute la decongestionarea orașelor, prin construcția unor centuri ocolitoare, a unor pasaje subterane și a unor drumuri supraterrane, prin dezvoltarea conceptului de Smart city, cu semafoare inteligente care să redirecționeze traficul din zone aglomerate în altele mai puțin aglomerate ale orașului.

În cadrul unor proiecte de voluntariat (Clear Air Craiova, Clear Air Oltenia, Prevent), a fost dezvoltată o rețea de senzori low-cost la nivelul regiunii de Sud-Vest a României. În primă fază treisprezece senzorii au fost instalați în Craiova, în 2020, în cadrul unei campanii cu scop educativ. În urma derulării unei campanii de conștientizare în rândul liceelor, acestea au „adoptat” un senzor.

Câțiva cetățeni ai orașului Craiova s-au alăturat inițiativei proiectului și au achiziționat senzori care au fost adăugați rețelei. Proiectul Clear Air Craiova a continuat în 2021 cu extinderea rețelei în regiunea Sud-Vest a României cu încă 20 de senzori, în 2022 fiind adăugat un senzor de monitorizare a radiației ionizante. În perioada 2022-2024, a urmat un proiect de tip Erasmus+ (2021-1-RO01-KA220-HED-000030286, *Applying some advanced technologies in teaching and research, in relation to air pollution*) [16], care a făcut ca rețeaua să fie extinsă în Slovacia, Bulgaria și Turcia. Prin intermediul unui proiect Fulbright, rețeaua a fost extinsă și în statul Georgia din Statele Unite ale Americii.

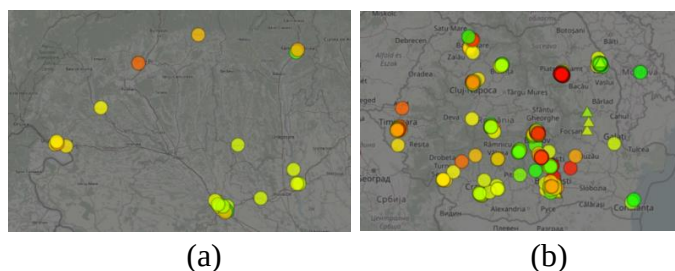


Fig. 1. Harta senzorilor din (a) regiunea SV România și (b) din România [17]

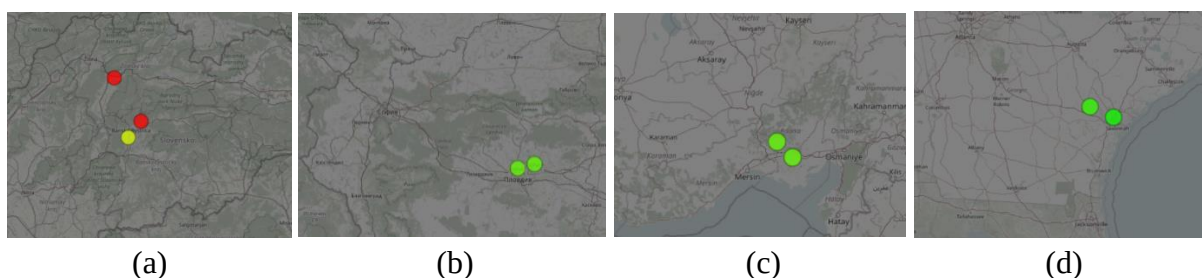


Fig. 2. Harta senzorilor din (a) Slovacia, (b) Bulgaria, (c) Turcia, (d) SUA [17]

Principalul obstacol întâlnit în cadrul proiectelor de voluntariat a fost legat de faptul că profesorii și elevii din licee și-au pierdut treptat interesul în întreținerea senzorilor. Senzorii nu au fost supravegheați din punctul de vedere al conexiunilor la WiFi și tensiune. Mai mult, elevii au folosit încărcătoarele senzorilor pentru a-și încărca telefoanele mobile. Cu toate acestea, a fost monitorizată calitatea aerului pentru o perioadă lungă de timp (aproape trei ani), ceea ce a demonstrat că dezvoltarea rețelei de senzori low-cost este o soluție complementară celei oficiale. O consecință a ceea ce s-a întâmplat cu unii dintre senzori a fost că unele date culese nu au fost continue, ceea ce a reprezentat un dezavantaj în ceea ce privește studiile realizate ulterior.

În cadrul proiectului Erasmus+, 40 de studenți internaționali au învățat să realizeze un senzor, să îl conecteze la rețea și să extragă date. Numărul de senzori realizat în cadrul școlilor de vară a fost mic, procesul de învățare a fost lent. Câteva kituri de senzori au fost distruse în acest proces. Mai mult, când s-au întors în țările de origine, studenții nu au conectat imediat senzorii realizați la rețea sau nu i-au conectat deloc. Cu toate acestea, doi sau trei senzori au devenit funcționali în fiecare dintre țările parteneriatului. În proiectul Fulbright, alți patru senzori au ajuns în Statele Unite din care doi sunt funcționali, urmând ca ceilalți doi să fie instalați în alte regiuni de interes.

Unul dintre beneficiile rețelei este că furnizează date open-source la fiecare minut care pot fi folosite în diferite studii. Densitatea senzorilor low-cost în orașe este cu mult mai mare decât cea a stațiilor care aparțin Agenției Naționale de Mediu și acest lucru ar putea contribui la o identificare

mai bună a surselor de poluare. Mai mult decât atât, aceste date, împreună cu cele de la sateliți (Copernicus, CAMS) și de la Agențiile de Mediu, cu ajutorul unor algoritmi de machine learning și de inteligență artificială, pot fi modelate, găsite corelații între diverși parametri, pot fi făcute predicții sau lansate avertismente când se depășesc valorile unor poluanți. Mai mult, când unul dintre sisteme nu funcționează din motive tehnice, cu ajutorul celorlalte date culese, pot fi înlocuite datele lipsă din sistem.

Rezultate și discuții

Prezentăm câteva dintre rezultatele unor studii care au folosit ca bază datele fine culese de senzori. Primul articol [18] a prezentat primele rezultate date de rețea. În principal, au fost evidențiate episoadele de poluare la nivelul Craiovei și au fost făcute o serie de comparații cu datele din rețeaua oficială. De asemenea, au fost făcute comparații cu datele legate de poluare de la sateliți [19].

Următorul articol [20] arată pașii pentru realizarea unei rețele bazate pe sprijinul comunităților locale, rețeaua uRADMonitor (630 senzori), din care fac parte și senzorii instalați în proiecte. Folosind datele colectate în 2021, a fost realizată analiza nivelului de poluare cu PM10 în cele mai dens populate cinci orașe din România. Acest lucru a fost realizat pe baza a cinci indicatori statistici (media anuală, indicatorii 90.4 și 50 percentile, valoarea zilnică maximă și numărul de zile cu valori peste limitele stabilite) recomandați de Agenția Europeană de Mediu. În cazul orașului Timișoara au fost comparate datele de la senzorii low-cost cu cele date de rețeaua națională, fiind evidențiate episoadele de poluare. De asemenea au fost analizate alte experiențe de realizare a unor rețele independente în alte comunități [21]. A urmat un studiu statistic comparativ între rezultatele oferite de datele provenite de la senzorii din trei țări, România, Turcia și Slovacia [22]. Pentru început, a fost utilizat testul Kolmogorov-Smirnov pentru a verifica normalitatea distribuției variabilelor continue și, ulterior, aplicat testul U Mann-Whitney [23]. Pentru analiza corelațiilor variabilelor au fost utilizați coeficienții Pearson. Tabelul 2 arată variațiile temperaturii medii (°C), umiditatea relativă (%) și concentrațiile de particule în suspensie PM1, PM2.5, PM10 în lunile iunie, iulie și august în România. Aceeași statistică a fost aplicată datelor din Turcia și Slovacia pentru a arăta cât de mult contează înțelegerea poluării la nivel local.

Tabelul 2. Analiza descriptivă a datelor [22]

		Romania				
Lunile		T (°C)	H (%)	PM1	PM25	PM10
Iunie	Media	18.0	60.5	5.2	7.7	8.1
	Std. Dev.	5.9	12.2	7.7	9.1	9.7
Iulie	Media	20.1	60.1	5.3	7.6	8.1
	Std. Dev.	5.5	11.2	3.5	5.0	5.6
August	Media	20.4	64.3	6.3	8.9	9.4
	Std. Dev.	5.9	11.0	18.0	18.4	18.6

Tabelul 3 conține analiza corelațiilor pentru senzorul utilizat. Examinând relația dintre temperatură (T) și alte variabile, se observă cu ușurință o corelație negativă între temperatură și

umiditatea relativă, PM1, PM2.5 și PM10. Aceste corelații negative indică faptul că umiditatea și concentrațiile de particule în suspensie scad pe măsură ce crește temperatura. În plus, a fost evidențiată o corelație pozitivă semnificativă între umiditatea relativă și concentrațiile de PM1, PM2.5 și PM10, ceea ce arată că pe măsură ce umiditatea crește cresc și concentrațiile de PM.

Tabelul 3. Rezultatele corelațiilor pentru setul de date utilizat [22]

	Romania				
	T (°C)	RH (%)	PM1	PM25	PM10
T (°C)	1	-.74**	.02**	.02**	.0**
RH (%)	-.74**	1	.08**	.11**	.12**
PM1	.02**	.08**	1	.98**	.97**
PM25	.02**	.11**	.98**	1	.99**
PM10	.02**	.12**	.97**	.99**	1

Figura 3 indică media zilnică a măsurătorilor de calitatea aerului achiziționate de doi senzori din România. În iunie, temperatura medie înregistrată a fost de 17.97°C, iar umiditatea relativă a fost de 68.09%. Valorile medii pentru concentrațiile de particule în suspensie au fost 5.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pentru PM1, 7.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pentru PM2.5 și 7.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pentru PM10. În iulie, temperatura medie a crescut la 22.43°C, iar umiditatea relativă medie a fost 66.93%. Valorile medii pentru PM1, PM2.5 and PM10 au fost 6.06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 9.40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ și 10.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. În august, temperatura medie a fost 23.39°C, iar umiditatea de 67.15%. Valorile medii pentru PM1, PM2.5 și PM10 au fost de 6.60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 9.30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ și 10.06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

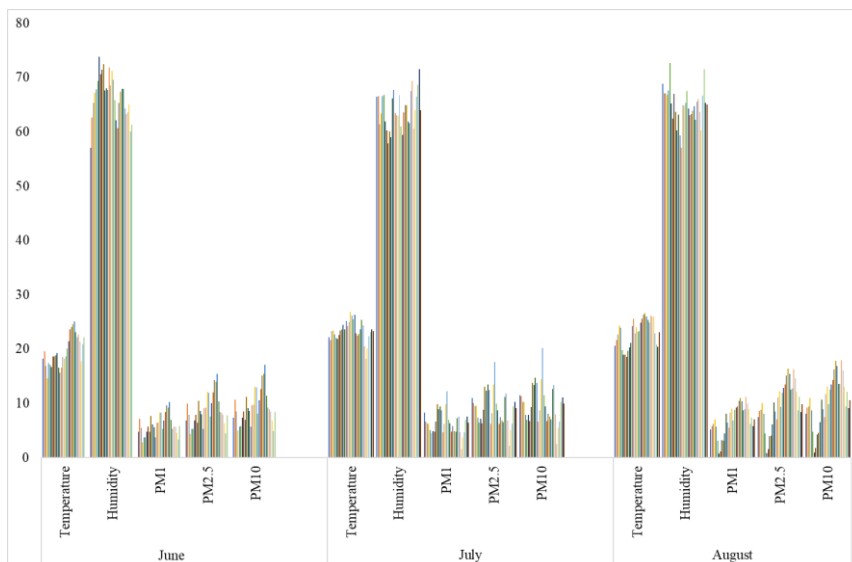


Fig. 2. Valorile medii ale parametrilor măsurători de senzorul din Craiova [22]

Folosind o serie de algoritmi hibridi (Artificial Neural Network, Decision Tree, Gaussian process regression, Liniar regression, Integral Feature Selection Method, Least Square Regression) de machine learning pe un set de date mai mare de șase luni și respectiv de un an, au fost realizate predicții, modelări și prognoze ale concentrațiilor de particule în suspensie și, respectiv, ale indicelui

de calitatea aerului [24]. Au fost analizate episoadele de poluare, au fost evaluate corelațiile existente între parametri meteorologici și indicele de calitate a aerului și concentrațiile de PM. De asemenea au fost investigate relațiile dintre fracțiile de PM și dioxid de carbon (CO₂), componente organice volatile (VOC), formaldehidă, ozon și zgomot.

Ulterior a fost studiat modul în care este influențată funcționarea panourilor fotovoltaice de poluare. A fost realizat acest lucru prin prisma potențialului de energie solară a regiunii de Sud-Vest a României. Concluzia a fost că atunci când poluarea atinge valori maxime, adică iarna, panourile fotovoltaice nu sunt afectate de poluare, randamentul maxim al panourilor fiind vara. Mai mult, prin aplicarea unor algoritmi de inteligență artificială, pot fi lansate o serie de avertismente pentru persoanele sensibile (bătrâni, persoanele cu boli cronice, copii, femeile însărcinate).

Concluzii

Dezvoltarea rețelilor de senzori a condus la obținerea unor seturi de date consistente, care pot fi analizate și care pot reprezenta, alături de alte date, provenite din surse diferite, o resursă importantă pentru cercetare. Rețelele independente pot reprezenta o variantă complementară rețelilor oficiale, cu avantaje și dezavantaje. Identificarea surselor de poluare se poate face cu adevărat doar dacă există o distribuție uniformă a senzorilor. Accesarea fondurilor europene este o cale de a umple golul existent în ceea ce privește echipamentele de cercetare. Bazele de date open-source se dovedesc foarte utile, în condițiile în care ia amploare utilizarea inteligenței artificiale.

Mulțumiri

Autorii își exprimă recunoștința pentru sprijinul primit în cadrul proiectelor de voluntariat Clear Air Craiova, Clear Air Oltenia, Prevent, în cadrul proiectului de cercetare Fulbright (Implementing Research Based Assessment Instruments, The First Step Towards Standardization In Romanian Evaluation) finanțat de și proiectului Advtech_AirPollution project (Applying some advanced technologies in teaching and research, in relation to air pollution, 2021-1-RO01-KA220-HED-000030286) finanțat de Uniunea Europeană, în cadrul programului Erasmus+.

Bibliografie:

1. DE BRUIN, S. &. (2021). Health Costs of Air Pollution in European Cities and the Linkage with Transport, 2020. Delft: European Public Health Alliances. Available online: <https://cedelft.eu/publications/health-costs-of-air-pollution-in-european-cities-and-the-linkage-with-transport/> (vizitat 27 ianuarie, 2024)
2. GUO, X.; LIN, Y.; LIN, Y., ZHONG, Y.; YU, H.; HUANG, Y.; YANG, J.; CAI, Y.; LIU, F.D.; LI, Y.; ZHANG, Q.Q.; DAI, J. PM2.5 induces pulmonary microvascular injury in COPD via METTL16-mediated m6A modification, *Environmental Pollution*, 2022, 303, 119115, DOI:10.1016/j.envpol.2022.119115
3. MONOSON, A.; SCHOTT, E.; ARD, K.; KILBURG-BASNYAT, B.; TIGHE, R.M.; PANNU, S.; GOWDY, K.M. Air pollution and respiratory infections: The past, present, and future. *Toxicol. Sci.* 2023, 192, 3–14, DOI: 10.1093/toxsci/kfad003
4. LOAIZA-Ceballos, M.C.; MARIN-PALMA, D.; ZAPATA, W.; HERNANDEZ, J.C. Viral respiratory infections and air pollutants. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2022, 15, p. 105-114, DOI:10.1007/s11869-021-01088-6.
5. VELEA, L; UDRISTIOIU, M.T.; BOJARIU, R.; SARARU, S.C.; PRUNARIU, L. The influence of climate conditions on the mortality related to cardiovascular diseases in Dolj county (Southern Romania), *AIP Conf. Proc.* 2017, 1796, 040003 DOI: 10.1063/1.4972381

6. RAJAGOPALAN, S.; AL-KINDI, S.G.; BROOK, R.D. Air Pollution and Cardiovascular Disease: JACC State-of-the-Art Review, *J Am Coll Cardiol*, 72 (2018), p. 2054-2070. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.07.099
7. SHAH, A.S.V.; LEE, K.K.; MCALLISTER, D.A.; HUNTER, A.; NAIR, H.; WHITELEY, W.; LANGRISH, J.P.; NEWBY, D.E.; MILLS, N.M. Short-term exposure to air pollution and stroke: Systematic review and meta-analysis, *BMJ*, 2015, p. 350, DOI: 10.1136/bmj.h1295
8. XUE, Y.; WANG, L.; ZHANG, Y.; ZHAO, Y.; LIU, Y. Air pollution: A culprit of lung cancer. *J. Hazard. Mater.* 2022, 434 128937, Doi: 10.1016/j.jhazmat.2022.128937
9. GUO, H.; WEI, J.; LI, X.; HO, H.C.; SONG, Y.; WU, J.; LI, W. Do socioeconomic factors modify the effects of PM1 and SO2 on lung cancer incidence in China?, *Science of The Total Environment*, 2021, 756, 143998, Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143998
10. NIKMANESH, Y.; MOHAMMADI, M.J.; YOUSEFI, H.; MANSOURIMOGHADAM, S.; TAHERIAN, M. The effect of long-term exposure to toxic air pollutants on the increased risk of malignant brain tumors. *Reviews on Environmental Health* 2022, DOI:10.1515/reveh-2022-0033.
11. MURATA, H.; BARNHILL, L.M.; BRONSTEIN, J.M. Air Pollution and the Risk of Parkinson's Disease: A Review. *Movement Disorders* 2022, 37, 894-904, DOI:10.1002/mds.28922.
12. TSHEHLA, C.E.; WRIGHT, C.Y. Spatial and Temporal Variation of PM10 from Industrial Point Sources in a Rural Area in Limpopo, South Africa. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019, 16, 3455. DOI: 10.3390/ijerph16183455.
13. BARKER, J.R.; TINGEY, D.T. *Air Pollution Effects on Biodiversity*; Springer Science & Business Media: Berlin/Heidelberg, Germany, 2012; ISBN 1461535387.
14. SINGH, V.; SHUKLA, S.; SINGH, A. The Principal Factors Responsible for Biodiversity Loss. *Open J. Plant Sci.* 2021, 6, 11–14, DOI: 10.17352/ojps
15. LU, X.; ZHANG, S.; XING, J.; WANG, Y.; CHEN, W.; DING, D.; WU, Y.; WANG, S.; DUAN, L.; HAO, J. Progress of Air Pollution Control in China and Its Challenges and Opportunities in the Ecological Civilization Era. *Engineering* 2020, 6, 1423-1431, DOI: 10.1016/j.eng.2020.03.014
16. Site proiect. Disponibil online: [http://advtech-airpollution.ucv.ro/index.php/en/\(vizitat 27 ianuarie 2024\)](http://advtech-airpollution.ucv.ro/index.php/en/(vizitat 27 ianuarie 2024))
17. uRADMonitor Dashboard. Disponibil online: <http://www.uradmonitor.com/dashboard> (vizitat 26 ianuarie 2024)
18. UDRISTIOIU M.T.; VELEA, L.; MOTISAN, R. First results given by the independent air pollution monitoring network from Craiova city Romania, *AIP Conf. Proc.* 2023, 2843, 040001 DOI: 10.1063/5.0152017
19. VELEA, L.; UDRISTIOIU, M.T.; BOJARIU, R.; SARARU, S.C. Statistical characteristics of particulate matter (PM10) concentration in Romanian selected urban areas based on CAMS-regional ensemble model reanalysis, *AIP Conf. Proc.* 2020, 2218, 030003 DOI: 10.1063/5.0001047
20. VELEA, L.; UDRISTIOIU, M.T.; PUIU, S.; MOTIȘAN, R.; AMARIE, D. A. Community-Based Sensor Network for Monitoring the Air Quality in Urban Romania. *Atmosphere* 2023, 14, 840. DOI:10.3390/atmos14050840
21. COMMODORE, A.; WILSON, S.; MUHAMMAD, O.; SVENDSEN, E.; PEARCE, J. Community-based participatory research for the study of air pollution: A review of motivations, approaches, and outcomes. *Environ. Monit. Assess.* 2017, 189, 378, DOI: 10.1007/s10661-017-6063-7
22. PEKDOGAN, T.; UDRISTIOIU, M.T.; PUIU, S.; YILDIZHAN, H.; HRUŠKA, M. A Multi-Country Statistical Analysis Covering Turkey, Slovakia, and Romania in an Educational Framework. *Sustainability* 2023, 15, 16735. Doi: 10.3390/su152416735
23. McKnight, P. E., & Najab, J. (2010). Mann-Whitney U Test. In *The Corsini Encyclopedia of Psychology*. DOI:10.1002/9780470479216.corpsy0524.
24. UDRISTIOIU, M.T.; EL MGHOUCHI, Y.; YILDIZHAN, H. Prediction, modeling, and forecasting of PM and AQI using hybrid machine learning, *Journal of Cleaner Production*, 2023, 421 138496, DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.138496

CZU: 548.7

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p146-151

SINTEZA ȘI STRUCTURA COMPUSULUI IONIC $((\text{CH}_3)_2\text{OH})_2[\text{Cu}(\text{IDA})_2][\text{Cu}(\text{IDAH})_2]$

SYNTHESIS AND STRUCTURE OF THE IONIC COMPOUND

$((\text{CH}_3)_2\text{OH})_2[\text{Cu}(\text{IDA})_2][\text{Cu}(\text{IDAH})_2]$

Ureche Dumitru, dr., Institutul de Chimie al USM din Chișinău

Bulhac Ion, dr.hab., conf.cerc., Institutul de Chimie al USM din Chișinău

Bouroș Pavlina, dr., conf.cerc., Institutul de Fizică Aplicată al USM din Chișinău

Ureche Dumitru, PhD, Institute of Chemistry of MSU from Chisinau,

ORCID: 0000-0001-6511-3426, dumitru.ureche@ichem.md

Bulhac Ion, Dr. Hab., Assoc. Prof., Institute of Chemistry of MSU from Chisinau

ORCID: 0000-0002-2437-2875

Bourosh Pavlina, PhD, Assoc. Prof., Institute of Applied Physics of MSU from Chisinau

ORCID: 0000-0002-3418-531X

Rezumat. În rezultatul reacției dintre acetatul de cupru(II), dianilinglioxima și acidul iminodiacetic a fost obținut un compus ionic multicomponent de Cu(II) cu formula $((\text{CH}_3)_2\text{OH})_2[\text{Cu}(\text{IDA})_2][\text{Cu}(\text{IDAH})_2]$. Acest compus include doi complecși mononucleari ai Cu(II), unul fiind complex molecular neutru, iar celălalt în formă de dianion complex, fapt ce e cauzat de modul diferit de deprotonare a liganzilor IDAH₂. În cristal sarcina anionilor complecși este compensată de cea a eterului dimetilic protonat $((\text{CH}_3)_2\text{OH})^+$ antrenat în calitate de cation organic.

Cuvinte-cheie: compus multicomponent ionic, Cu(II), acid iminodiacetic, studiu cu raze X.

Abstract. As a result of the reaction between copper(II) acetate, dianylglyoxime and iminodiacetic acid, a multicomponent Cu(II) ionic compound with the formula $((\text{CH}_3)_2\text{OH})_2[\text{Cu}(\text{IDA})_2][\text{Cu}(\text{IDAH})_2]$ was obtained. This compound includes two mononuclear complexes of Cu(II), one being a neutral molecular complex, and the other in the form of a complex dianion, which is caused by the different mode of deprotonation of the IDAH₂ ligands. In the crystal, the charge of the complex anions is compensated by that of the protonated dimethyl ether $((\text{CH}_3)_2\text{OH})^+$ entrained as an organic cation.

Keywords: multicomponent ionic compound, Cu(II), iminodiacetic acid, X-ray study.

Introducere

Chimia coordinativă a acidului iminodiacetic (H₂IDA) a făcut obiectul unor investigații continue datorită comportamentului său de chelare tridentat față de ionii metalici, rezultând complecși care prezintă diversități structurale [1, 2]. În intervalul de pH biologic apos (pH = 6-7), acidul carboxilic H₂IDA disociază pentru a da atât mono-, cât și dianioni iminodiacetato (IDA²⁻), care sunt destul de reactivi la interacțiunea cu ionii metalelor de tranziție formând compuși complecși [3].

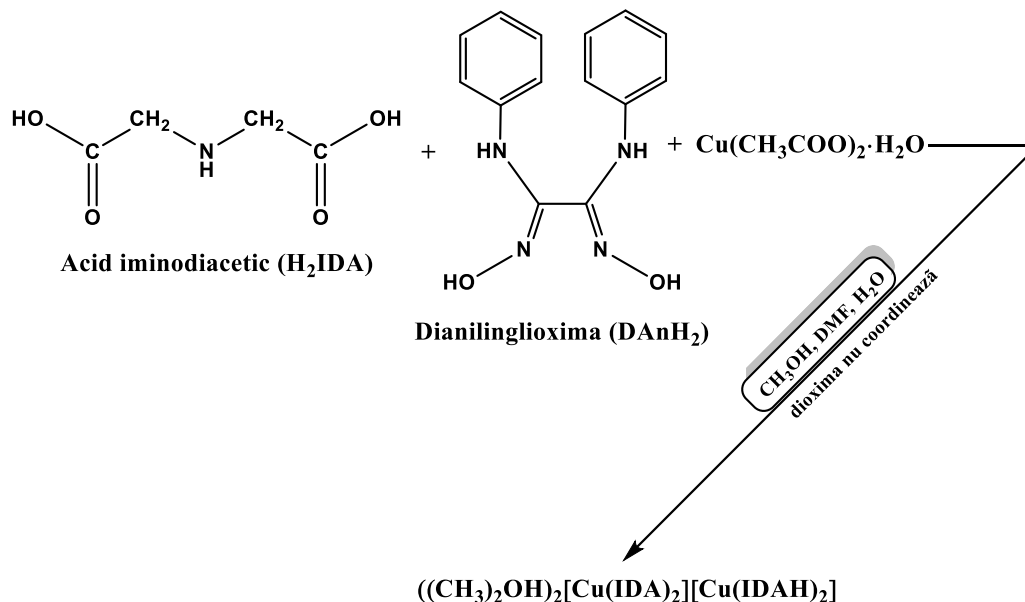
Datorită atomilor O, N, O-donori, acidul iminodiacetic poate fi considerat un potențial ligand în formarea polimerilor coordinativi cu dimensionalitate sporită. Dar sunt cunoscuți compuși ai Co(II), Ni(II), Cu(II) și Cr(III) în care acesta în combinație cu alți liganzi de tipul N, N-donori, cum ar fi 1,10-fenantrolina sau 2, 2'-bipiridina, formează complecși mononucleari [4]. În literatură mai sunt descriși și complecși ai metalelor pământurilor-rare, inclusiv ytriu(III), cu acest ligand însă complecșii respectivi sunt puțin studiați [5]. De asemenea sunt raportați în literatură un șir de

complecși ai metalelor Ca(II), Fe(III), Cu(II), Zn(II) și Cr(III) cu derivați ai acidului iminodiacetic (acizi alchil-N-iminodiacetici), obținuți prin substituirea hidrogenului de la grupa imino (-NH-) cu diferiți radicali alchil, aceștia posedând o activitate la fel de sporită ca cea a IDAH₂ [6, 7], unii din ei având chiar proprietăți absorbitive. Pe lângă antrenarea la asamblarea compușilor complecși, acidul iminodiacetic mai este utilizat în sinteza materialelor sorbante nanostructurate, utilizate pentru captarea nu numai a cationilor metalelor de tranziție, ci și a anionilor acestora, cum ar fi PdCl₄²⁻ [8].

În această lucrare se descrie sinteza și structura compusului ionic multicomponent al Cu(II) cu acidul iminodiacetic cu formula ((CH₃)₂OH)₂[Cu(IDA)₂][Cu(IDAH)₂].

Rezultate și discuții

Prin reacția dintre dianilinglioximă, acidul iminodiacetic și acetatul de cupru(II) hidrat în raport molar de 2:2:1 a fost obținut un complex mononuclear de Cu(II), în care la atomul de metal coordinează doar acidul iminodiacetic atât în formă monodeprotonată, cât și în formă bideprotonată, pe când ligandul oximic nu a coordonat la ionul metallic. Ecuația reacției a decurs conform schemei:



Sinteza complexului $((CH_3)_2OH)_2[Cu(IDA)_2][Cu(IDAH)_2]$. $DAnH_2$ (0,054 g, 0,2 mmoli) și $Cu(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$ (0,02 g, 0,01 mmoli) au fost dizolvați într-un amestec DMF:MeOH (12 mL) în raport de 1:1 (vol/vol). Soluția de acid iminodiacetic (0,026 g, 0,2 mmoli în 3 mL H₂O) a fost adăugată la soluția gălbuie de amestec inițial obținut prin agitare permanentă la temperatura camerei. În rezultat se formează o soluție albastruie care este filtrată după agitare și lăsată pentru cristalizare la temperatura camerei. Peste 23 zile s-au format cristale de o formă rombică albastre-deschis. Din lipsa unei cantități mai mari de cristale nu a fost posibilă efectuarea analizei elementale și a spectroscopiei IR.

Determinarea structurii cristaline a fost efectuată în baza experimentului la difractometrul Xcalibur E cu raze X echipat cu detector CCD și monocromator de grafit cu sursă de radiație MoK α cu $\lambda = 0,71073$ Å în Laboratorul Metode Fizice de Studiere a Solidului „T.I. Malinowski” al Institutului de Fizică Aplicată, USM. Determinarea parametrilor celulei elementare și analiza datelor experimentale au fost efectuate folosind complexul CrysAlis Oxford Diffraction Ltd [9]. Determinarea și precizarea coordonatelor atomilor din structura cristalină și stabilirea parametrilor

geometrice au fost efectuate în cadrul complexelor de program SHELXS97 și SHELXL2014 [10, 11]. Atomii nehidrogenici au fost precizați în aproximație anisotropică, iar cei de hidrogen – în aproximație isotropică. Atomii de H uniți cu C au fost localizați în pozițiile calculate cu ajutorul unui model rigid cu $U_{iso}(H)=1,2U_{eq}(C)$ și $U_{iso}(H)=1,5U_{eq}(C)$ în funcție de grupări, în timp ce atomii de H din grupele aminice au fost găsiți din sintezele Fourier în etapele intermediare de precizare, folosind restricțiuni geometrice. Datele cristalografice obținute pentru compusul în fază cristalină sunt prezentate în tabelul

Tabelul 1. Date cristalografice și caracteristicile experimentului cu raze X ale complexului

Parametrii	Compus
Formula	$C_{10}H_{18}CuN_2O_9$
M_r	373.8
Singonia	monoclinică
Grupul spațial	$P2_1/n$
$a/\text{\AA}$	16.694(6)
$b/\text{\AA}$	5.5830(4)
$c/\text{\AA}$	17.819(4)
$\beta/^\circ$	118.43(4)
$V/\text{\AA}^3$	1460.5(7)
Z	4
$\rho_{calc.}/\text{g/cm}^3$	1.700
μ/mm^{-1}	1.544
$F(000)$	772
Reflexe colectate / Reflexe independente	2293/1552
Parametrii precizați	204
$GOOF$	1.002
R_1, wR_2 final	$R_1 = 0.0424,$ $wR_2 = 0.0899$
Indice R (toate date)	$R_1 = 0.0824,$ $wR_2 = 0.1091$

Studiul cu raze X a stabilit că în rezultatul reacției s-a format un compus ionic multicomponent, care include doi complecși mononucleari ai Cu(II), unul fiind complex molecular neutru, iar celălalt anion complex, în care eterul dimetilic protonat $((CH_3)_2OH)^+$, în calitate de cation organic,

compensează sarcina anionului complex. Astfel, compusul format are formula $((\text{CH}_3)_2\text{OH})_2[\text{Cu}(\text{IDA})_2][\text{Cu}(\text{IDAH})_2]$.

Compusul de Cu(II) cristalizează în grupul spațial monoclinic $P2_1/n$ (Tabelul 1). În partea asimetrică se găsesc în poziții particulare doi atomi Cu(1) și Cu(2), la care coordinează câte un ligand organic și o particulă $(\text{CH}_3)_2\text{OH}$. Ca urmare a modului diferit de deprotonare a ligandului IDAH₂ în cristal există atât anioni complecși, cât și complecși moleculari (Figura 1). Ambii complecși sunt centrosimetrici. Poliedrul de coordinare al fiecărui ion Cu^{2+} din acest compus este format de același set de atomi donori: patru atomi de oxigen și doi atomi de azot ce aparțin celor doi liganzi monodeprotonați de HIDA⁻ și, respectiv, doi liganzi bideprotonați de IDA²⁻, formând astfel nodul coordinativ N₂O₄. Ca urmare, ambii ioni Cu^{2+} sunt hexacoordinați. Modul tridentat de coordinare a ligandului organic prin setul donor NO₂ duce la formarea a două cicluri metalice conjugate din cinci atomi. Distanțele interatomice Cu–N în ambii complecși sunt egale cu 1.995(6) și 2.011(7) Å, iar distanțele Cu–O sunt în intervalul 1.930(5)–2.613(3) Å.

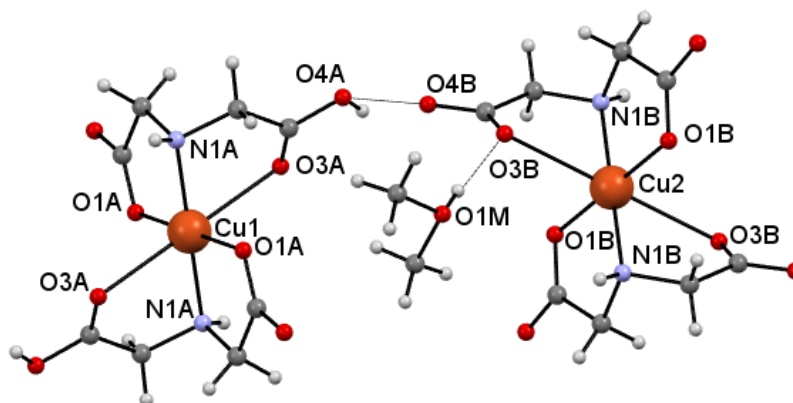


Fig. 1. Structura compusului ionic multicomponent de Cu(II)

În cristal se evidențiază rețele planare de-a lungul direcției *a* formate de componentele unite prin legături de hidrogen (Figura 2). Aici se pot evidenția legături N–H $\cdots$ O, care unesc în parte complecșii de același tip, implicând ca donori grupările =N–H, iar ca acceptor – atomii de oxigen din grupările carboxilice ale liganzilor, iar complecșii moleculari se unesc cu anionii complecși prin legături de hidrogen intermoleculare de tipul O–H $\cdots$ O, antrenând ca donor de proton gruparea carboxilică nedeprotonată. La formarea sistemului de legături de hidrogen intermoleculare sunt antrenati și cationii organici $((\text{CH}_3)_2\text{OH})^+$ ce se unesc cu anionii complecși prin O–H $\cdots$ O, ca acceptori fiind atomii de oxigen ai ligandului bideprotonat IDA²⁻. Distanțele donor-acceptor din legăturile de hidrogen intermoleculare sunt O–H $\cdots$ O și N–H $\cdots$ O sunt egale cu 2.487(5), 2.713(8) și 2.922(6), 3.096(6) Å.

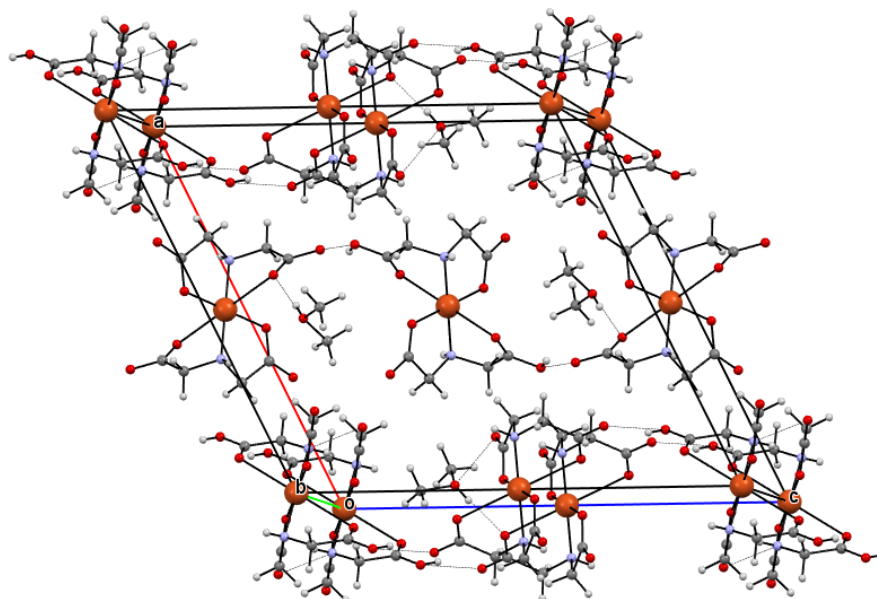


Fig. 2. Modul de împachetare a componentelor în cristal cu antrenarea cationului organic de $((\text{CH}_3)_2\text{OH})^+$

Structura cristalină a compusului este stabilizată și de un șir de legături de hidrogen intermoleculare fine de tipul $\text{C}-\text{H}\cdots\text{O}$.

Concluzii

Studiul structural a stabilit că în rezultatul reacției dintre acetatul de cupru(II), dianilinglioxima și acidul iminodiacetic, a fost obținut un compus ionic multicomponent de Cu(II), în care doar acidul iminodiacetic a fost antrenat la formarea lui, ligandul oximic nefiind regăsit. Acest compus include doi complecși mononucleari ai Cu(II), unul fiind complex molecular neutru, iar celălalt, în formă de dianion complex, fapt ce e cauzat de modul diferit de deprotonarea a ligandului IDAH₂. În cristal sarcina anionilor complecși este compensată de cea a eterului dimetilic protonat $((\text{CH}_3)_2\text{OH})^+$ antrenat în calitate de cation organic, astfel, formula compusului este $((\text{CH}_3)_2\text{OH})_2[\text{Cu}(\text{IDA})_2][\text{Cu}(\text{IDAH})_2]$.

Rezultatele incluse în acest studiu au fost realizate în cadrul a două subprograme de cercetare cu titlul: „Sinteza și studiul materialelor noi în baza combinațiilor complexe cu liganzi polifuncționali și cu proprietăți utile în medicină, biologie și tehnică” (cod: 010602) și „Proiectarea și fabricarea de materiale inteligente cu proprietăți avansate magnetice, de adsorbție, luminiscente și biologic active” (Cod 011202).

Bibliografie:

1. CHENG, M.-Q.; MA, L.-F.; WANG, L.-Y. Crystal structure of (phenanthroline – N,N')-N-carbamoylmethyl-imino-diacetato-copper(II) duhydrate, $[\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2)(\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2)]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. *Zeitschrift fur Kristallographie – New Crystal Structure*. 2006, 221(1-4), pp. 369-371. ISSN 2197-4578. doi: 10.1524/ncrs.2006.221.14.369 (FI: 0.3).
2. BRAND-BLANCO, M.P.; GONZALEZ-PEREZ, J.M.; CHOQUESILLO-LAZARTE, D.; CARBALLO, R.; CASTINEIRAS, A.; NICLOS-GUTIERREZ, J. Two intra-molecular inter-molecular C(aromatic)–H $\cdots$ O(carboxyl) interaction reinforce the formation of a single Cu(II)-N₄(pza) bond in the molecular recognition between pyrazine-2-carboxamide (pza) and the (iminodiacetato)copper(II) chelate. *Synthesis*,

- molecular and crystal structure and properties of $[\text{Cu}(\text{IDA})(\text{pza})(\text{H}_2\text{O})]\cdot\text{H}_2\text{O}$. *Inorganic Chemistry Communications*. 2003, 6(3), pp. 270-273. ISSN 1879-0259. doi: 10.1016/S1387-7003(02)00744-X (FI: 3.8).
3. ROMAN-ALPISTE, M.J.; MARTIN-RAMOS, J.D.; CASTINEIRAS-CAMPOS, A.; BUGELLA-ALTAMIRANO, E.; SICILIA-ZAFRA, A.G.; GONZALES-PEREZ, J.M.; NICLOS-CUTIERREZ, J. Synthesis, XRD structures and properties of diaqua(iminodiacetato)copper(II), $[\text{Cu}(\text{IDA})(\text{H}_2\text{O})_2]$, and aqua(benzimidazole) (iminodiacetato)copper(II), $[\text{Cu}(\text{IDA})(\text{HbzIm})(\text{H}_2\text{O})]$. *Polyhedron*. 1999, 18(25), pp. 3341-3351. ISSN 1873-3719. doi: 10.1016/S0277-5387(99)00272-7 (FI: 2.6).
 4. SIDDIQI, Z.A.; SHAHID, M.; KHALID, M.; KUMAR, S. Antimicrobial and SOD activities of novel transition metal ternary complexes of iminodiacetic acid containing α -diimine as auxiliary ligand. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 2009, 44(6), pp. 2517-2522. ISSN 1768-3254. doi: 10.1016/j.ejmech.2009.01.025 (FI: 6.7).
 5. THOMPSON, L.C. Complexes of the rare earths. I. Iminodiacetic acid. *Inorganic Chemistry*. 1962, 1(3), pp. 490-493. ISSN 1520-510X. doi: 10.1021/ic50003a009 (FI: 4.6).
 6. LINDBLAD, C.; CASSEL, A.; PERSSON, I. Complex formation of alkyl-N-iminodiacetic acids and hard metal ions in aqueous solution and solid state. *Journal of Solution Chemistry*. 2020, 49(9-10), pp. 1250-1266. ISSN 1572-8927. doi: 10.1007/s10953-020-01025-8 (FI: 1.6).
 7. GAO, J.; XING, F.; BAI, Y.; ZHU, SH. Synthesis, spectroscopy, and binding constants of ketocatechol-containing iminodiacetic acid and its Fe(III), Cu(II), and Zn(II) complexes and reaction of Cu(II) complex with H_2O_2 in aqueous solution. *Dalton Transactions*. 2014, 43(21), pp. 7964-7978. ISSN 1477-9234. doi: 10.1039/c4dt00118d (FI: 4.0).
 8. BUSCHE, B.; WIACEK, R.; DAVIDSON, J.; KOONSIRIPAIBOON, V.; YANTASEE, W.; ADDLEMAN, R.SH.; FRYXELL, G.E. Synthesis of nanoporous iminodiacetic acid sorbents for binding transition metals. *Inorganic Chemistry Communications*. 2009, 12(4), pp. 312-315. ISSN 1879-0259. doi: 10.1016/j.inoche.2009.02.003 (FI: 3.8).
 9. CrysAlis RED, O.D.L. Version 1.171.34.76.2003.
 10. SHELDRICK, G.M. A short history of SHELX. *Acta Crystallographica*, 2008, A64 (1), pp. 112-122. ISSN 1600-5724. doi: 10.1107/S0108767307043930 (IF: 2.331).
 11. SHELDRICK, G. M. Crystal structure refinement with SHELXL. *Acta Crystallographica*, 2015, C71 (1), pp. 3-8. ISSN 0108-2701. doi: 10.1107/S2053229614024218 (IF: 1.184).

CZU: 542:637

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p152-158

**OPTIMIZAREA SCHEMELOR TEHNOLOGICE DE PRE-TRATARE CHIMICĂ
PENTRU ELIMINAREA SUBSTANȚELOR FLOTANTE DIN APELE UZATE
ÎN INDUSTRIA ALIMENTARĂ**

**OPTIMIZING CHEMICAL PRE-TREATMENT SCHEMES FOR THE REMOVAL
OF FLOATING SUBSTANCES FROM WASTEWATER IN THE FOOD INDUSTRY**

*Vişnevschi Alexandru, cerc. şt., USM, Institutul de Chimie
Spătaru Petru, dr., cerc. şt. coord., USM, Institutul de Chimie
Spînu Oxana, cerc. şt., USM, Institutul de Chimie
Povar Igor, dr. hab., şef lab., USM, Institutul de Chimie*

*Visnevschi Alexandru, scientific researcher Moldova State University, Institute of Chemistry
ORCID: 0000-0003-2049-8312*

*Spătaru Petru, PhD, Moldova State University, Institute of Chemistry
ORCID: 0000-0003-0589-1386*

*Spînu Oxana, scientific researcher Moldova State University, Institute of Chemistry
ORCID: 0000-0002-3166-1931*

*Povar Igor, dr. hab., head of laboratory, Moldova State University, Institute of Chemistry, email:
ORCID: 0000-0003-2536-6706, ipovar@yahoo.ca*

Rezumat. Studiul se concentrează pe optimizarea schemelor tehnologice de pre-epurare pentru eliminarea substanțelor flotante din apele uzate din industriile de preparare a cărnii de pui și lactatelor. Metodele de flotare pneumatică și pre-tratarea chimică au fost elaborate și recomandate de prestatorii de servicii din industrie. Pentru ajustarea pH-ului au fost utilizate substanțe chimice precum sulfatul de aluminiu, floculantul cationic "Dry Flock 650" și hidroxidul de sodiu. În cazul industriei de lactate, testele și experimentele au determinat cantitățile optime necesare de coagulant, floculant și sodă caustică pentru tratarea a 120-130 m³ de apă zilnic, generând economii semnificative în comparație cu propunerile existente. În cadrul industriei de preparare a cărnii de pui, s-au obținut rezultate similare, cu economii de costuri considerabile prin implementarea schemei tehnologice propuse. Implementarea acestor scheme tehnologice a dus la o scădere semnificativă a costurilor operaționale, reprezentând economii efective de 508 mii lei pe an pentru industria lactatelor și 2088 mii lei pe an pentru industria cărnii de pui. Studiul subliniază eficacitatea și viabilitatea acestor scheme tehnologice în contextul specific al celor două industrii, oferind o soluție sustenabilă și economică pentru tratarea apelor uzate.

Cuvinte-cheie: ape uzate, flotare pneumatică, industria de lactate, industria de preparare a cărnii de pui, schemă tehnologică, substanțe flotante.

Abstract. This study focuses on optimizing pre-treatment technological schemes for the removal of floating substances from wastewater in the poultry and dairy processing industries. The methods of pneumatic flotation and chemical pre-treatment have been developed and recommended by service providers in the industry. Chemical substances such as aluminum sulfate, cationic flocculant "Dry Flock 650," and sodium hydroxide were used for pH adjustment. In the dairy industry, tests and experiments determined the optimal quantities of coagulant, flocculant, and caustic soda needed for treating 120-130 m³ of water daily, resulting in significant savings compared to existing proposals. Similar results were obtained in the poultry processing industry, with considerable cost savings through the implementation of the proposed technological scheme. The implementation of these technological schemes led to a significant reduction in operational costs, representing effective savings of 508 thousand lei per year for the dairy industry and 2088 thousand lei per year

for the poultry industry. This study emphasizes the effectiveness and viability of these technological schemes in the specific context of both industries, providing a sustainable and economical solution for wastewater treatment.

Keywords: wastewater, pneumatic flotation, dairy industry, poultry processing industry, technological scheme, floating substances.

Introducere

În domeniul gestionării apelor uzate industriale, optimizarea schemelor tehnologice de pre-epurare reprezintă un efort esențial pentru a aborda preocupările ambientale și a asigura practici durabile. Studiul efectuat se adâncește în rafinarea acestor scheme, vizează în mod specific îndepărtarea substanțelor flotante din apele uzate, generate în industria procesării cărnii de pui și a laptelui [1-12]. Metodologiile utilizate se concentrează pe flotarea pneumatică și pre-tratarea chimică, elaborate și recomandate de furnizorii de servicii din industrie. Arsenalul chimic implicat în aceste procese include sulfatul de aluminiu, floculantul cationic "Dry Flock 650" și hidroxidul de sodiu, utilizate strategic pentru ajustarea nivelului de pH al apelor uzate. Două sectoare industriale distincte, industria laptelui și industria procesării cărnii de pui, au fost supuse unor teste și experimente meticuloase pentru a determina cantitățile optime de coagulant, floclant și sodă caustică necesare pentru tratarea zilnică a unor volume de apă cuprinse între 120-130 m³ în sectorul laptelui și 200 m³ în procesarea cărnii de pui. Rezultatele relevă beneficii economice semnificative obținute în urma implementării schemelor tehnologice propuse. Acest studiu subliniază eficacitatea și viabilitatea schemelor tehnologice optimizate în contextele unice ale industriei laptelui și a celei de procesare a cărnii de pui, oferind o soluție durabilă și economică pentru tratarea apelor uzate. Pe măsură ce ne aventurăm în această explorare, accentul rămâne pe echilibrarea productivității industriale cu responsabilitatea față de mediu, deschizând calea către un viitor mai verde și mai eficient în gestionarea apelor uzate.

Rezultate și discuții

În cadrul schemelor tehnologice de pre-epurare, care utilizează atât metoda de flotare pneumatică pentru apele uzate, cât și cea de pre-tratare chimică, elaborate și recomandate de prestatorii de servicii din industria de procesare a cărnii de pui S.R.L. „Floreni” și industria lactică S.R.L. „Sandriliona”, s-a reliefat utilizarea unor substanțe chimice esențiale. Printre acestea se numără sulfatul de aluminiu sub formă de pulbere (50% Al₂O₃), un floclant cationic denumit „Dry Flock 650” și hidroxidul de sodiu (sodă caustică sub formă de solzi), acestea fiind implicate în ajustarea nivelului de pH.

În ceea ce privește industria de lactate S.R.L. „Sandriliona”, rezultatele testelor și experimentelor, efectuate de autorii lucrării prezente, au relevat că, pentru o zi de funcționare, este necesar 40 kg de coagulant, 0.3 kg de floclant și aproximativ 45-50 kg de sodă caustică pentru tratarea unui volum zilnic de apă de 120-130 m³. În industria prelucrării cărnii de pui S.R.L. „Floreni”, cantitățile necesare de coagulant, floclant și sodă caustică pentru tratarea apelor uzate au fost estimate la 300 kg, 0.6 kg și, respectiv, aproximativ 146 kg, în contextul unui volum zilnic de apă tratată de 200 m³. Aceste constatări subliniază importanța și specificul substanțelor chimice utilizate în procesul de epurare, oferind perspective asupra necesităților operaționale și eficienței schemei tehnologice în fiecare dintre aceste industrii distincte.

În scopul optimizării consumului de reactivi, au fost efectuate multiple titrări potențimetrice, relevând că apele uzate provenite din industria de lactate manifestă o capacitate de tamponare semnificativă în intervalul de pH 6.3-6.5. În consecință, este necesară o cantitate considerabilă de

sodă caustică în fiecare zi pentru a ajusta pH-ul la valorile critice de 7.8-8.0, esențiale pentru eficiența coagulantului $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Au fost investigate proprietățile altor coagulanți disponibili pe piața reagenților industriali, precum FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Al}_n(\text{OH})_{(3n-m)}\text{Cl}_m$ (clorură de polialuminiu), în intervalul de valori eficiente ale pH-ului. De asemenea, au fost efectuate teste de probă pentru procesele de coagulare-floculare în asociere cu diferiți floculanți, cum ar fi „SuperFlock”, „DryFlock” și „FR8564”, la diverse niveluri de pH. Figurile 1 și 2 ilustrează câteva dintre experimentele de laborator.

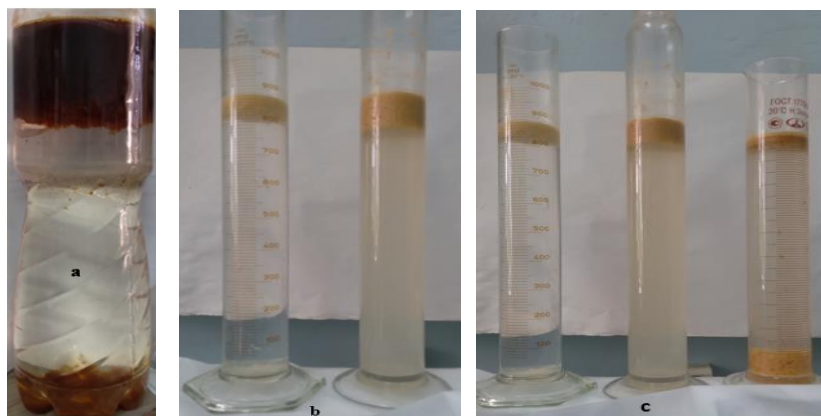


Fig. 1. Teste de floculare și flotare efectuate cu apa uzată provenită de la fabrica de înghețată S.R.L. „Sandrilliona”



Fig. 2. Teste de floculare și flotare realizate cu apa uzată provenită de la procesarea cărnii de pui la S.R.L. „Floreni”

În procesul analizei proprietăților coagulare-floculare și a testelor practice, s-a elaborat o recomandare pentru schema tehnologică de pre-tratare chimică, cu scopul de a elimina substanțele flotante din apele uzate generate de producția întreprinderii S.R.L. „Sandrilliona”. Această recomandare include utilizarea coagulantului $\text{Al}_n(\text{OH})_{(3n-m)}\text{Cl}_m$, cu un interval eficient de pH între 5 și 9, în asociere cu floculantul „FR8564”. În situații excepționale, în care pH-ul scade sub 5.5 (situații rare, dar luate în considerare în cadrul experimentelor), se sugerează adăugarea de sodă caustică.

Studiul a fost implementat pe instalația industrială de flotare instalată la S.R.L. „Sandrilliona” ce funcționează la un debit de $8.8 \text{ m}^3/\text{h}$ ($210 \text{ m}^3/\text{zi}$). Rezultatele testelor industriale au evidențiat că schema tehnologică propusă permite o reducere semnificativă a poluanților din apele uzate în comparație cu rata propusă de alt prestator de servicii tehnologice, în special în ceea ce privește Consumul Chimic de Oxigen (CCO_{Cr}) și Consumul Biochimic de Oxigen (CBO_5). Detaliile acestor rezultate sunt disponibile în Tabelele 1 și 2. Schema tehnologică de pre-tratare chimică, elaborată și recomandată de echipa de cercetători din Laboratorul „Metode Fizico-chimice de Cercetare și

Analiză" (LMFCCA) al Institutului de Chimie al Universității de Stat din Moldova, implică utilizarea unor substanțe specializate. Coagulantul selectat este clorură de polialuminiu în formă de soluție (cu un conținut de 18% Al_2O_3), acompaniat de flocculantul cationic denumit „FR8564” sub formă de pulbere și de hidroxid de sodiu (sodă caustică în formă de solzi) pentru ajustarea pH-ului. În rezultatul testelor și experimentelor efectuate pe instalație, s-a constatat că pentru o zi de funcționare se impune o cantitate de 43 kg de coagulant, 0.25 kg de flocculant, iar utilizarea sodei caustice este practic exclusă (fiind necesară doar în cazurile rare de pH sub 5.5, cu un consum neglijabil), pentru un volum zilnic de apă tratată de 120-130 m^3 .

Implementarea schemei tehnologice propuse la întreprinderea S.R.L. „Sandriliona” a generat o reducere semnificativă a costurilor operaționale asociate achiziției reactivelor pentru procesele de coagulare și flocculare. Costurile au fost reduse de la 1898 lei/zi la 506 lei/zi, reprezentând astfel o economie efectivă de 508 mii lei pe an.

Tabelul 1. Indicii testelor Consumului Chimic de Oxigen și Consumului Biochimic de Oxigen

Testele de încercare	Indicatori de calitate			
	Materii în suspensie (MS)	Consum chimic de oxigen (CCO_{Cr})	Consum biochimic de oxigen (CBO_5)	Grăsimi
*Influentul, mg/L	838.6	3060.3	1550.3	371
**Efluentul E, mg/L	251.58	2448.24	1240.24	74.2
Randament de tratare, %	70	20	20	80
***Efluentul R ₁ , mg/L	255	1820	1010	82
Randament de tratare, %	70	41	35	78
****Efluentul R ₂ , mg/L	247.4	751.9	710.2	23.2
Randament de tratare, %	70	75	54	94
Randament mediu de tratare după metoda recomandată, %	70	58	45	86

* indicii testelor conform raportului de încercare al Laboratorului investigații de mediu (amonte stației de pre-epurare).

**conform Randamentului de tratare prevăzut de producătorul utilajului și tehnologiei instalat la S.R.L. „Sandriliona” (în aval de stația de pre-epurare).

*** indicii testelor conform raportului de încercare al Laboratorului investigații de mediu (în aval de stația de pre-epurare).

**** indicii testelor conform raportului de încercare al Laboratorului central de ape uzate S.A. „Apă-Canal Chișinău” (în aval de stația de pre-epurare).

Tabelul 2. Compararea eficienței tratamentului

Indicatori de calitate	Randament de tratare la S.R.L. „Sandriliona”	Randament de tratare propus
Materii solide în suspensie (MSS)	80-70%	70%
Consum chimic de oxigen (CCO_{Cr})	20%	58%
Consum biochimic de oxigen (CBO_5)	20%	45%
Grăsimi	90-50%	86%

Pentru industria de procesare a cărnii de pui, S.R.L. „Floreni”, s-au examinat proprietățile altor coagulanți disponibili pe piața reactivelor industriale, cum ar fi FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ și clorură de polialuminiu, în intervalul de pH la care aceștia își manifestă eficacitatea. În plus, au fost efectuate teste de probă pentru procesele de coagulare-flocculare, utilizând diverși flocculanți, precum

„SuperFlock”, „DryFlock” și „FR8564”, la diferite niveluri de pH, cu scopul identificării celui mai eficient proces de tratare a apelor uzate. În urma analizei proprietăților de coagulare-floculare și a testelor practice, s-a elaborat o recomandare pentru optimizarea schemei tehnologice de pre-tratare chimică, cu scopul de îndepărtare a substanțelor flotante din apele uzate generate în cadrul producției la întreprinderea S.R.L. „Floreni”. Această recomandare presupune utilizarea FeCl_3 ca agent coagulant, având un pronunțat efect decolorant și oxidant asupra substanțelor coloidale, în combinație cu floculantul „SUPERFLOC C-495HMW”. Rezultatele acestui studiu au fost validate pe instalația industrială de flotare instalată la S.R.L. „Floreni” cu un debit de $35 \text{ m}^3/\text{h}$ ($200\text{-}500 \text{ m}^3/\text{zi}$).

În concluzie, schema tehnologică de pre-tratare chimică, dezvoltată și recomandată de grupul de cercetători din Laboratorul „Metode Fizico-chimice de Cercetare și Analiză” al Institutului de Chimie al Universității de Stat din Moldova, implică utilizarea unor substanțe specifice. Coagulantul identificat este FeCl_3 sub formă de soluție (cu o concentrație de 40%), însoțit de floculantul cationic denumit „SUPERFLOC C-495HMW” sub formă de pulbere. În urma testelor și experimentelor efectuate pe instalație, s-a constatat că volumul necesar de coagulant pentru o zi de funcționare este de 120 kg, cantitatea de floculant necesară este de 1.2 kg, iar utilizarea de sodă caustică este practic exclusă la un volum zilnic de apă tratată de 200 m^3 .

Rezultatele testelor industriale au confirmat că schema tehnologică propusă aduce o reducere semnificativă a costurilor pentru substanțele de pre-tratare chimică, menținând eficacitatea eliminării poluanților din apele uzate, în special în ceea ce privește *Materiile în Suspensie*, *Fosforul total* și agenții de suprafață anionici, la care rata de utilizare se înregistrează în mod semnificativ. Detaliile acestor rezultate pot fi consultate în Tabelul 3.

Tabelul 3. Rezultatele investigațiilor de laborator și rata de eliminare a poluanților

	În conformitate cu schema existentă la S.R.L. "Floreni"			În conformitate cu schema propusă de Institutul de Chimie al USM		
Parametrul de calitate, mg/L	Influent	Efluent	Rata de eliminare	Influent	Efluent	Rata de eliminare
pH	6.89	6.58	4.5	6.75	6.26	7.3
Materii în suspensie	1078.5	248.2	77.0	564	33	94.1
Consum chimic de oxigen CCO_{Cr}	5381.3	1079.2	79.9	2744.1	785.1	71.4
Consum biochimic de oxigen, CBO_5	2526.1	611.1	75.8	1281	376	70.6
Cloruri, (Cl^-)	981.3	811.9	17.3	616.7	832.1	-34.9
Azot amoniacal, (NH_4^+)	120.1	51	57.5	85	35.6	58.1
Fosfor total, (P_{tot})	27.4	2.5	90.9	26	0.55	97.9
Agent de suprafață anionic	3.69	1.32	64.2	0.52	0.14	73.1

Implementarea schemei tehnologice propuse de echipa LMFCCA de la Institutul de Chimie al USM la întreprinderea S.R.L. „Floreni” a dus la o reducere semnificativă a costurilor operaționale legate de achiziționarea reactivelor pentru coagulare și floculare. Astfel, costurile au fost reduse de la 7862 lei pe zi la 1170 lei pe zi, ceea ce se traduce printr-o economie efectivă de 2088 mii lei pe an.

Concluzii

Studiul axat pe optimizarea schemelor tehnologice de pre-epurare pentru eliminarea substanțelor flotante din apele uzate provenite din industriile de preparare a cărnii de pui și lactatelor evidențiază eficacitatea și viabilitatea abordării propuse.

În vederea ajustării pH-ului, s-au utilizat substanțe chimice precum sulfatul de aluminiu, floculantul cationic „Dry Flock 650” și hidroxidul de sodiu, contribuind la eficiența proceselor de epurare.

În industria lactatelor, testele și experimentele au permis determinarea cantităților optime de coagulant, floculant și sodă caustică pentru tratarea a 120-130 m³ de apă zilnic, generând economii semnificative în comparație cu propunerile anterioare. Industria de preparare a cărnii de pui a înregistrat rezultate similare, cu economii notabile prin implementarea schemei tehnologice propuse.

Implementarea schemelor tehnologice elaborate a condus la o reducere semnificativă a costurilor operaționale, reflectând economii efective de 508 mii lei pe an pentru industria lactatelor și 2088 mii lei pe an pentru industria cărnii de pui.

În concluzie, acest studiu subliniază nu doar eficacitatea schemelor tehnologice elaborate și utilizate, ci și viabilitatea lor în contextul specific al celor două industrii, oferind o soluție sustenabilă și economică pentru tratarea eficientă a apelor uzate.

Lucrarea a fost realizată în cadrul Programului instituțional de cercetare al Universității de Stat din Moldova pentru perioada 2024-2027, subprogramul „Cercetări avansate în chimia computațională și ecologică, identificarea procedeeleor tehnologice de tratare, formare a calității și cantității apelor”, Cod 010603.

Bibliografie:

1. SHRIVASTAVA, V.; ALI, I., MARJUB, M. M.; RENE, E. R.; & SOTO, A. M. F. Wastewater in the food industry: Treatment technologies and reuse potential. *Chemosphere*. 2022, 293, 133553. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133553>
2. HAN, J.; BYUN, J.; KWON, O. & LEE, J. Climate variability and food waste treatment: Analysis for bioenergy sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022, 160, 112336. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112336>
3. STASINAKIS, A. S.; CHARALAMBOUS, P. & VYRIDES, I. Dairy wastewater management in EU: Produced amounts, existing legislation, applied treatment processes and future challenges. *Journal of Environmental Management*. 2022, 303, 114152. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114152>
4. ANKOLIYA, D.; MUDGAL, A.; SINHA, M. K.; PATEL, V. & PATEL, J. Application of electrocoagulation process for the treatment of dairy wastewater: A mini review. *Materials Today: Proceedings*. 2023, 77, p. 117-124. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.10.254>
5. MALOLLARI, I.; PINGULI, L.; BUZO, R.; LAJQI, V.; MAKOLLI, S. & CANI, X. H. Actual situation of wastewater from food industry and a case study of their treatment. *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 2019, 20 (1), 432-438.
6. BEIU, M.; MELENTIEV, E. Dinamica modificărilor nutrienților în procesul de epurare a apelor uzate. In: *Cercetarea și inovarea educației din perspectiva exigențelor actuale ale pieței muncii*. 2021. p. 48-54.
7. ŠUŠTERŠIČ, V.; NEŠOVIĆ, A.; GORDIĆ, D.; ĐONOVIĆ, K. & TERZIĆ, I. An overview of wastewater treatment from the milk and dairy industry-case study of Central Serbia. *Desalination and Water Treatment*. 2018, 133, p. 10-19. doi: 10.5004/dwt.2018.23006
8. ONET, C.; TEUSDEA, A.; ONET, A.; PANTEA, E.; SABAU, N. C.; LASLO, V.; ... & AGUD, E. Comparative study of dairy and meat processing wastewater characteristics. *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 2018, 19 (2), p. 508-514.

9. ALEKSIĆ, N.; NEŠOVIĆ, A.; ŠUŠTERŠIČ, V.; GORDIĆ, D. & MILOVANOVIĆ, D. Slaughterhouse water consumption and wastewater characteristics in the meat processing industry in Serbia. *Desalinisation Water Treatment*, 2020, 190, p. 98-112. doi: 10.5004/dwt.2020.25745
10. PANTEA, E. V. *Studiul proceselor de epurare a apelor reziduale provenite de la unitățile alimentare*. PhD Thesis. Timișoara: Editura Politehnica, 2010.
11. ONET, C. & ONET, A. Management of the wastewater discharged by the milk and meat processing factories. *Analele Universității din Oradea, Fascicula: Protecția Mediului*. 2011, 16, p. 430-434.
12. TOMMASO, G. Effluents from the food industry. In: *Hygienic design of food factories*. Woodhead Publishing, 2011, pp. 606-622.

BIODIVERSITATE ȘI ECOLOGIE

BIODIVERSITY AND ECOLOGY

CZU: 574

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p160-169

UTILIZAREA ANALIZEI FRACTALE ÎN CONSERVAREA BIODIVERSITĂȚII ȘI ÎN RECONSTRUCȚIA ECOLOGICĂ

USING FRACTAL ANALYSIS IN BIODIVERSITY CONSERVATION AND ECOLOGICAL RESTORATION

Andronache Ion^{1,2}, cercet. șt., dr. în geografie,

¹Centrul de Analiză Integrată și Management Teritorial (CAIMT),
Universitatea din București, România

²Școala Gimnazială „Vasile Alecsandri”, Brăila, România

Andronache Ion^{1,2}, research scientist, PhD in geography

²Research Center for Integrated Analysis and Territorial Management (CAIMT),
University of Bucharest, Romania

²Vasile Alecsandri Secondary School, Braila, Romania

ORCID: 0000-0001-7693-9098

E-mail: ion.andronache@geo.unibuc.ro

Rezumat. Articolul explorează utilizarea analizei fractale ca instrument de sprijin în procesul decizional pentru conservarea biodiversității și reconstrucția ecologică, având în vedere presiunile antropice și schimbările climatice contemporane. Folosind analiza fractală, o abordare matematică complexă, se investighează modelele spațiale ale ecosistemelor, furnizând o perspectivă detaliată asupra diversității și complexității acestora. Principalele măsuri fractale utilizate – dimensiunea fractală, lacunaritatea și succolaritatea – se completează reciproc, permițând o analiză comprehensivă a structurii și schimbărilor din ecosisteme. Studiul se concentrează pe efectele defrișărilor asupra ecosistemelor forestiere din două regiuni montane din România: Grupa Nordică a Carpaților Orientali și Grupa Retezat-Godeanu. Analiza fractală a dezvăluit modele distincte de defrișare între aceste regiuni, evidențiind schimbările în gradul de umplere a spațiului de către păduri, heterogenitatea spațială și conectivitatea fragmentelor de pădure. Rezultatele sugerează că defrișările au generat pierderi de habitat și fragmentare a ecosistemelor, având impact asupra biodiversității și funcțiilor ecosistemelor. Analiza fractală s-a dovedit a fi importantă în evidențierea acestor schimbări și în furnizarea de date pentru planificarea măsurilor de conservare și reconstrucție ecologică. În concluzie, acest studiu subliniază importanța analizei fractale în înțelegerea dinamicilor ecosistemelor și în elaborarea de strategii de gestionare a resurselor naturale.

Cuvinte-cheie: dimensiune fractală, lacunaritate, succolaritate, păduri, habitat, biodiversitate, reconstrucție ecologică.

Abstract. This article explores the use of fractal analysis as a tool to support decision making for biodiversity conservation and ecological restoration in the context of contemporary anthropogenic pressures and climate change. Fractal analysis, a complex mathematical approach, is used to examine the spatial patterns of ecosystems, providing a detailed perspective on their diversity and complexity. The main fractal measures used - fractal dimension, lacunarity and succolarity - complement each other to provide a comprehensive analysis of ecosystem structure and change. The study focuses on the effects of deforestation on forest ecosystems in two mountainous regions of Romania: the Northern Group of the Eastern Carpathians and the Retezat-Godeanu Group. Fractal analysis revealed distinct patterns of deforestation between these regions, highlighting changes in forest space-filling, spatial heterogeneity and connectivity of forest fragments. The results suggest that deforestation has led to habitat loss and ecosystem fragmentation, affecting biodiversity and ecosystem functioning. Fractal analysis was instrumental in highlighting these changes and providing data for planning conservation and ecological restoration efforts. In conclusion, this study highlights the importance of fractal analysis in understanding ecosystem dynamics and developing strategies for natural resource management.

Keywords: fractal dimension, lacunarity, succolarity, forests, habitats, biodiversity, ecological restoration.

Introducere

Conservarea biodiversității și reconstrucția ecologică reprezintă două provocări majore ale epocii noastre, impunând necesitatea adoptării unor abordări inovatoare și eficiente [1-3]. Biodiversitatea, esențială pentru funcționarea optimă a ecosistemelor, este amenințată în mod semnificativ de modificările antropice și de schimbările climatice [4-6].

În acest context, analiza fractală, o disciplină matematică neliniară care explorează modelele complexe și structurile la nivelul detaliilor [7], devine din ce în ce mai relevantă pentru înțelegerea și gestionarea ecosistemelor [8-14]. Studiile ecologice clasice pot atinge limitele lor în înțelegerea detaliată a modelelor spațiale și temporale ale ecosistemelor și implicit ale biodiversității reconstrucției ecologice [15-17]. Astfel, analiza fractală oferă o perspectivă unică, permițând cuantificarea detaliilor la multiple scări și aducând contribuții semnificative în caracterizarea complexității structurale a ecosistemelor [18-21].

Există trei categorii de metrice utilizate pentru evaluarea proprietăților fractale: dimensiunea fractală, lacunaritatea și succolaritatea. Dimensiunea fractală indică cât de mult spațiu ocupă un obiect [22, 23], în timp ce lacunaritatea măsoară distribuția lacunelor. Astfel, o imagine este considerată mai lacunară dacă lacunele sale tind să fie extinse [24-26]. Succolaritatea cuantifică gradul de percolație într-o imagine, reprezentând volumul de „apă” virtuală care poate trece prin ea. Aceasta măsoară cât de multă „apă” virtuală poate pătrunde într-o imagine prin pixelii negri, considerând pixelii albi ca fiind obstacole [27].

Aceste trei metrice fractale se completează reciproc. De exemplu, două imagini pot prezenta aceeași dimensiune fractală, dar se pot diferenția în ceea ce privește lacunaritatea. În același timp, succolaritatea permite distingerea între diferite imagini care au aceeași dimensiune fractală sau lacunaritate [27].

Obiectivul principal al acestui articol este să evidențieze rolul-cheie al analizei fractale, ca metodă de cercetare, în cadrul conservării biodiversității și al reconstrucției ecologice. Astfel, articolul prezintă fundamentul teoretic al analizei fractale, oferind o perspectivă cuprinzătoare asupra potențialului analizei fractale în domeniul ecologiei aplicate și ilustrând modul în care aceasta poate fi aplicată pentru evaluarea ecosistemelor. Prin prezentarea studiului de caz și a rezultatelor obținute, s-a demonstrat impactul pozitiv al analizei fractale în furnizarea de informații esențiale pentru planificarea și implementarea acțiunilor de conservare și reconstrucție ecologică, contribuind astfel la dezvoltarea unui cadru științific solid pentru gestionarea durabilă a biodiversității și a ecosistemelor fragile.

Materiale și metode

1. Zona de studiu

În cadrul acestei cercetări, s-a utilizat o bază de date referitoare la gradul de acoperire cu arbori, pentru intervalul 2001-2021, provenită dintr-un studiu anterior disponibil ca material suplimentar [17] (https://static-content.springer.com/esm/art%3A10.1007%2Fs10980-023-01640-y/MediaObjects/10980_2023_1640_MOESM4_ESM.zip; accesat la 5 ianuarie 2024). Imaginile au fost procesate folosind baza de date Global Land Analysis and Discovery [28] (<https://glad.earthengine.app/view/global-forest-change>; accesat la 19 aprilie 2022). Detaliile privind achiziționarea și preprocesarea acestor imagini sunt descrise în detaliu în [17]. Zona de studiu cuprinde două grupe montane din România, respectiv Grupa Nordică a Carpaților Orientali și Grupa Retezat-Godeanu din Carpații Meridionali (Figura 1).

Alegerea acestor două grupe montane, în cadrul studiului a fost motivată de diferențele semnificative între pattern-urile lor în ceea ce privește suprafețele ocupate de pădure și defrișările. Aceste două regiuni montane au fost considerate reprezentative pentru analiza comparativă, oferind

astfel o perspectivă relevantă asupra diversității peisajelor forestiere și a impactului defrișărilor asupra habitatelor, și implicit asupra biodiversității în contextul Carpaților din România.

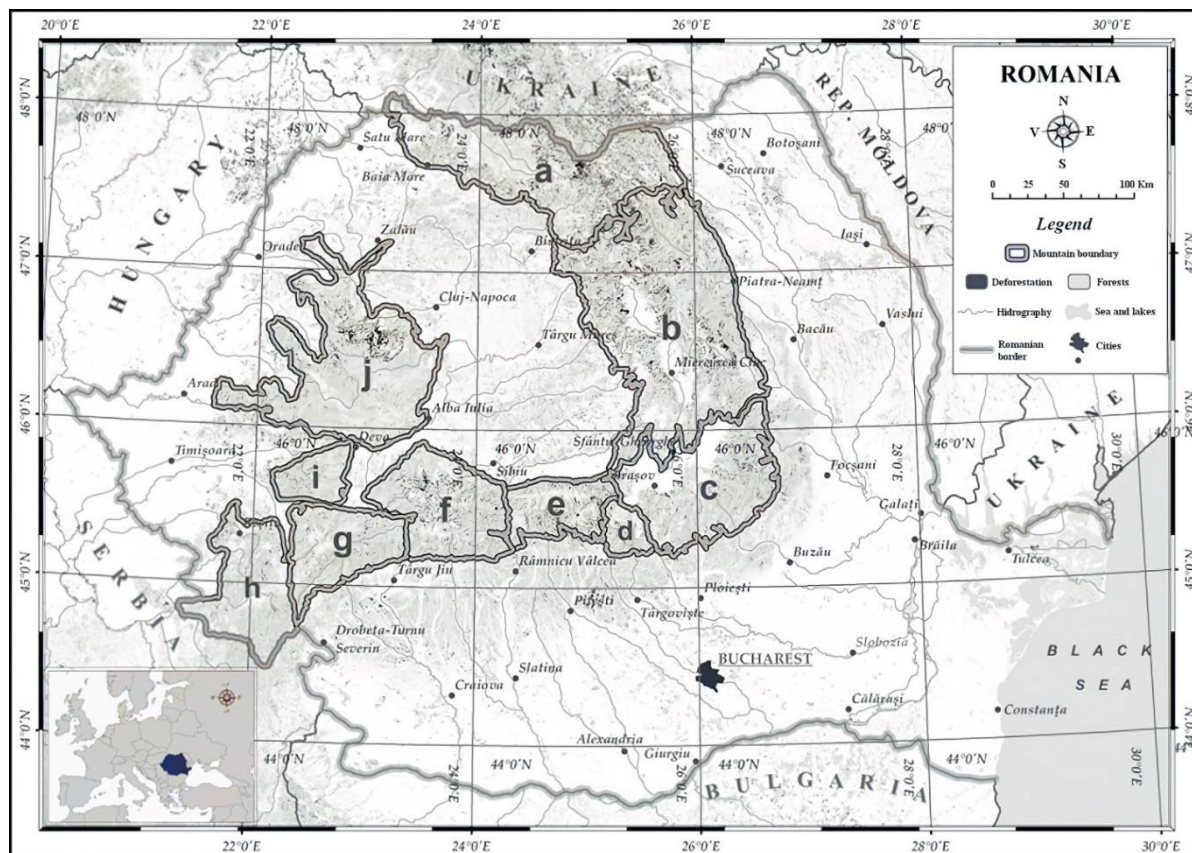


Fig. 1. Localizarea geografică a munților Carpați din România: (a) grupa nordică a Carpaților Orientali; (b) grupa centrală a Carpaților Orientali; (c) grupa sudică a Carpaților Orientali; (d) grupa Bucegi; (e) grupa Făgăraș; (f) grupa Parâng; (g) grupa Retezat–Godeanu; (h) Munții Banatului; (i) Munții Poiana Ruscă; (j) Munții Apuseni [17]

Au fost analizate două stack-uri asociate celor două grupe montane investigate, fiecare având douăzeci și două de imagini, corespunzătoare fiecărui an din intervalul 2000-2021 (Figurile 2 și 3). Dimensiunea tuturor imaginilor a fost de 1000×1000 pixeli. Pixelii negri reprezintă zonele cu pădure, în timp ce pixelii albi indică zonele lipsite de pădure sau despădurite în analizele privind succolaritatea, și invers în analizele dimensiunii fractale și ale lacunarității.

2. Metode

Acest studiu propune explorarea impactului defrișărilor asupra ecosistemelor forestiere cu o atenție deosebită acordată reducerii habitatelor și posibilelor influențe asupra biodiversității. Investigația a fost efectuată prin utilizarea unui set de metrice specifice analizei fractale: dimensiunea fractală (box-counting) [29, 30], lacunaritatea [31] și succolaritatea [16, 27].

2.1. Dimensiunea fractală box-counting (D_{B-C})

Dimensiunea fractală box-counting reprezintă metoda cea mai des utilizată pentru estimarea dimensiunii fractale a imaginilor, deoarece se poate aplica modelelor, cu sau fără auto-similaritate. Acest algoritm estimează ponderea din spațiul disponibil care este ocupat de structura fractală.

Dimensiunea box-counting constă în determinarea numărului de celule $N(\varepsilon)$ necesare pentru acoperirea structurii care trebuie măsurată, depinzând de mărimea ε a acestor celule. Pentru valori diferite ε ale dimensiunii celulei, celulele care acoperă figura sunt numărate, iar apoi acestea sunt reprezentate în coordonate logaritmice $\log N = f(\log \varepsilon)$. În cele din urmă, panta regresiei liniare constituie estimarea dimensiunii fractale. Expresia matematică este dată de ecuația 1:

$$D_{B-C} = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \left(\frac{\log N(\varepsilon)}{\log \frac{1}{\varepsilon}} \right) \quad (1)$$

unde D_{B-C} este dimensiunea fractală box-counting, ε este lungimea laturii cutiei și $N(\varepsilon)$ reprezintă numărul de cutii învecinate și care nu se suprapun de latura ε necesare pentru a acoperi aria obiectului fractal [32, 33].

Cum limita spre zero nu poate fi aplicată imaginilor digitale, D_{B-C} se estimează prin ecuația (2):

$$D_{B-C} = d \quad (2)$$

unde d este panta $\log[N(\varepsilon)]$ față de $\log \frac{1}{\varepsilon}$ [33].

Dimensiunea fractală box-counting poate lua valori între 0 (când obiectul analizat este un punct) și 2 (când obiectul fractal este un obiect geometric euclidian).

2.2. Lacunaritatea (λ)

Lacunaritatea este o măsură a golurilor sau a spațiului gol într-o imagine sau într-o structură. Conceptul de lacunaritate depinde în mare măsură de scară, deoarece texturile heterogene la scări mici pot deveni destul de omogene la scări mai mari. Astfel, lacunaritatea este în mod obișnuit considerată o măsură a heterogenității texturii la mai multe scări.

Dintre algoritmi utilizați pentru calcularea lacunarității, algoritmul denumit Gliding-Box este cel mai frecvent întâlnit. Acest algoritm a fost propus de Allain și Cloitre [34]. Algoritmul Gliding-Box calculează lacunaritatea prin deplasarea unor cutii de dimensiuni diferite peste imaginea analizată. Pe măsură ce aceste cutii se deplasează prin imagine, numărul de locuri ocupate în fiecare cutie (denumită masă a cutiei) este utilizat pentru a calcula funcția caracteristică a distribuției masei. Numărul de cutii cu rază r și masă M este definit ca $n(M, r)$. Distribuția de probabilitate $Q(M, r)$ se obține prin împărțirea lui $n(M, r)$ la numărul total de cutii. Lacunaritatea la scară r este definită ca pătratul coeficientului de variație al distribuției de masă $Q(M, r)$ împărțit la pătratul mediei sale (Ecuația 3).

$$\Lambda(r) = \frac{\sum_M M^2 Q(M, r)}{\sum_M M Q(M, r)^2} \quad (3),$$

unde $\Lambda(r)$ ilacunaritatea la scara r ('dimensiunea cutiei r '), M reprezintă masa sau pixelii de interes, iar $Q(M, r)$ este probabilitatea de a găsi masa M în interiorul cutiei de dimensiune r .

Atunci când algoritmul Gliding-Box este aplicat la imagini binare (imagini cu doar 1 bit), acesta numără doar pixelii din prim-plan. Aceasta se datorează faptului că fiecare pixel dintr-o imagine binară poate avea doar una dintre cele două valori posibile (fond sau prim-plan).

Valori mai mari ale lacunarității indică o mai mare heterogenitate spațială, în timp ce valori mai mici indică o omogenitate spațială mai mare. Când imaginea este perfect omogenă, lacunaritatea are valoarea zero.

2.3. Succolaritatea (σ)

Succolaritatea este definită ca o evaluare a gradului în care filamentele facilitează percolarea sau curgerea într-o imagine [7]. Pentru a evalua succolaritatea, fiecare poziție la nivel de pixel a fost considerată ca fiind goală (pixeli negri) sau umplută cu o masă impenetrabilă (pixeli albi). Principiul

de calcul al succolarității este descris în detaliu de Melo și Conci (2013) [27], care au adoptat o abordare de numărare de tip box-counting pentru imagini 2D. Pentru fiecare direcție, valorile presiunii „apei” virtuale aplicate asupra imaginilor depind de numărul de pixeli ai imaginii, precum și de dimensiunea la scară a cutiei de măsurare (box-counting). Percolația „apei” virtuale este simulată prin toți pixelii de pori conectați (pixelii negri), în fiecare direcție, în timp ce „apei” virtuale nu i se permite să curgă prin pixelii obstacol (pixelii albi). Zona de curgere a fluidului-țintă este apoi împărțită în cutii de dimensiuni egale în imagini și este notată ca $BS(k)$, unde k reprezintă numărul de partiții posibile în cutii ale unei imagini. Apoi, procentul de ocupare pentru fiecare dimensiune a casetei imaginii se măsoară direct pe imagini și se notează ca $OP(BS(k))$. Pentru fiecare dimensiune de cutie k , valoarea presiunii se calculează prin ecuația 4:

$$\sum_{k=1}^n OP(BS(k)) \times PR(BS(k), pc) \quad (4),$$

unde n este numărul de diviziuni posibile, iar $PR(BS(k), pc)$ reprezintă presiunea asupra centroidului casetei k pe scara de considerație.

Pentru a face ca valoarea succolarității să fie adimensională, valoarea de succolaritate este valoarea de ocupare a presiunii împărțită la valoarea maximă posibilă de ocupare a presiunii (ecuația 5):

$$\sigma(BS(k), dir) = \frac{\sum_{k=1}^n OP(BS(k)) \times PR(BS(k), pc)}{\sum_{k=1}^n OP(BS(k)) \times \max PR(BS(k), pc)} \quad (5),$$

unde dir reprezintă direcția, de exemplu, de la stânga la dreapta sau de la dreapta la stânga, de sus în jos sau de jos în sus, iar max valoarea maximă posibilă de ocupare a presiunii.

Succolaritatea variază între 0 și 1, reflectând permeabilitatea imaginii. Dacă o imagine conține atât pixeli albi de obstacol, cât și pixeli negri de percolare, valorile de succolaritate se vor situa între 0 și 1. 0 apare atunci când întreaga imagine este albă (imagine impermeabilă) sau când marginea din direcția de curgere este complet albă, împiedicând pătrunderea apei. 1 indică o curgere nerestricționată a fluidului când imaginea interioară este neagră.

Atât dimensiunea fractala box-counting, cât și lacunaritatea și succolaritatea s-au determinat folosind plugin-urile box-counting, lacunarity (Roy and Perfect) și succolarity din colecția de plugin-uri ComsysanJ (Complex Systems Analysis for ImageJ), versiunea 1.1.2 [35] pentru Fiji/ImageJ2 2.14.0/1.54h java 1.8.0_322 pe 64 de biți [36]. Numărul de casete pentru parametrii de regresie a fost setat la 10. Tipul de scanare selectat a fost raster.

Rezultate și discuții

Analiza fractală a suprafețelor ocupate de pădure din Grupa Nordică a Carpaților Orientali și Grupa Retezat-Godeanu a fost realizată pentru perioada 2000-2021. Au fost folosite imagini satelitare pentru determinarea valorilor și tendinței de evoluție a dimensiunii fractale, lacunarității și a succolarității, cu scopul de a evidenția efectele defrișărilor asupra resurselor forestiere (Figura 2, Figura 3).

Figura 4 prezintă o analiză comparativă a dimensiunii fractale (a), lacunarității (b) și succolarității (c) între Grupa Nordică a Carpaților Orientali și Grupa Retezat-Godeanu. Se observă două tipare distincte de defrișare, care afectează gradul de umplere a spațiului de către păduri (Figura 4a), heterogenitatea spațială (Figura 4b) sau compactarea și conectivitatea fragmentelor de pădure (Figura 4c).

Astfel, defrișările din Grupa Nordică [37], mult mai intense și extinse spațial, au determinat scăderea gradului de umplere a spațiului cu pădure, de la 1,94 la 1,89. În același timp, gradul de heterogenitate a distribuției spațiale a pădurilor a crescut de la 0,029 la 0,055, iar compactarea și

conectivitatea au scăzut pronunțat de la 0,76 la 0,59. Prin urmare, Grupa Nordică se caracterizează prin scăderea gradului de umplere a spațiului de către păduri, a gradului de compactare și conectivitate, generând o ușoară creștere a dezordinii spațiale.

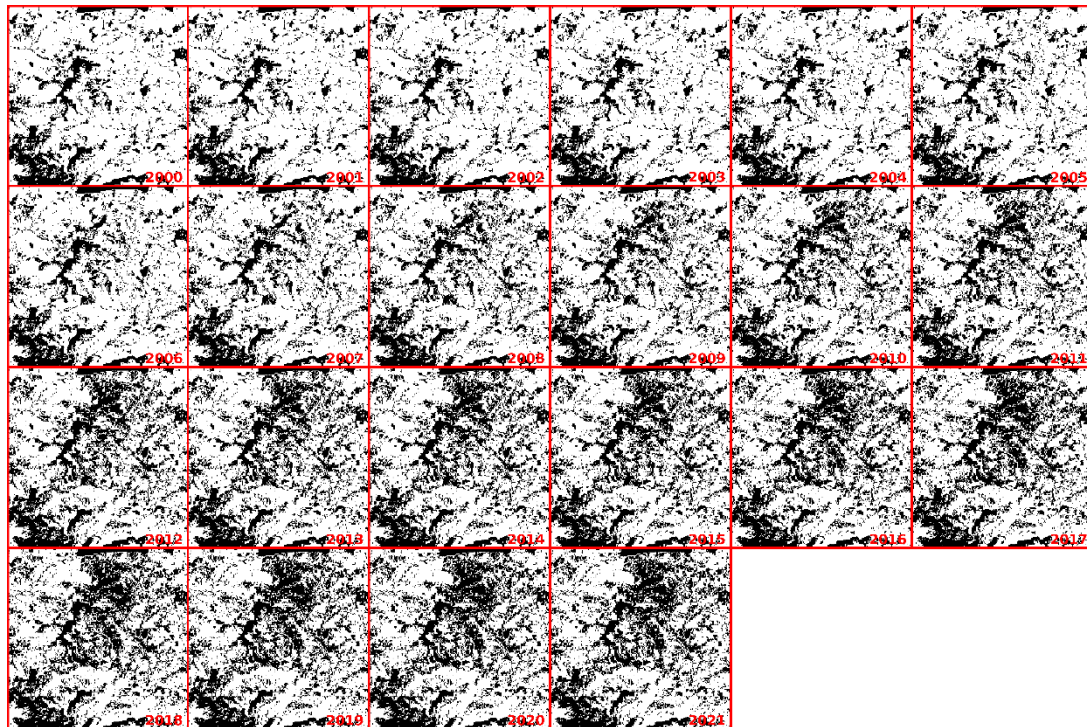


Fig. 2. Dinamica suprafețelor acoperite de pădure în Grupa Nordică a Carpaților Orientali în perioada 2000-2021

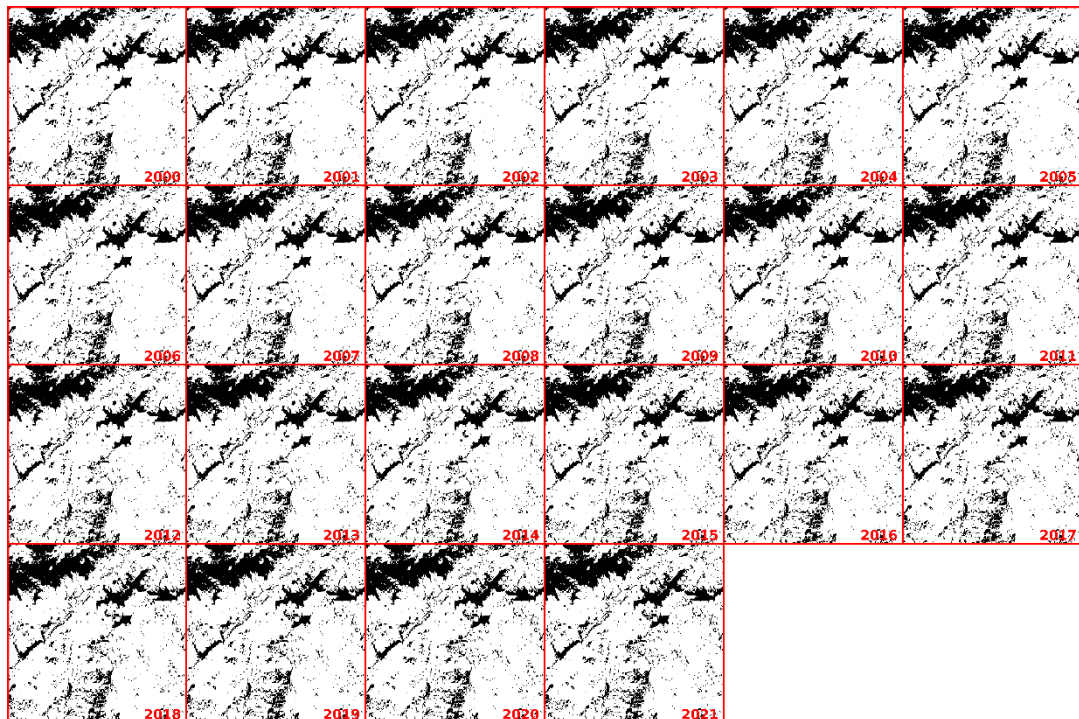


Fig. 3. Dinamica suprafețelor acoperite de pădure în Grupa Retezat-Godeanu în perioada 2000-2021

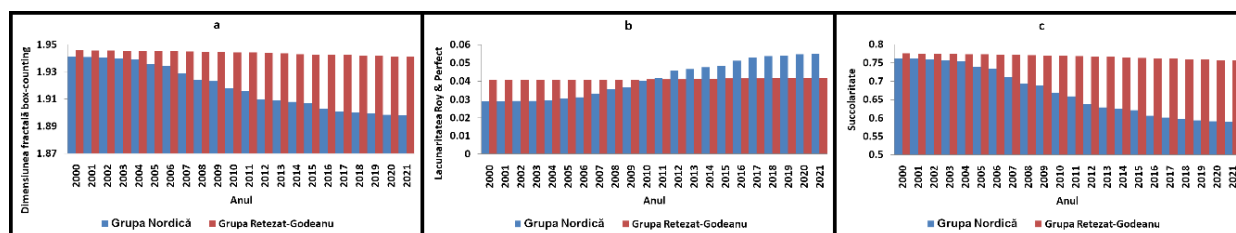


Fig. 4. Dimensiunea fractală, lacunaritatea și succolaritatea suprafețelor ocupate de pădure din Grupa Nordică a Carpaților Orientali (coloane albastre) și Grupa Retezat-Godeanu (coloane roșii) în perioada 2000-2021

Defrișările din Grupa Retezat, mult mai reduse cantitativ [17], au determinat o scădere a gradului de umplere a spațiului de la 1,96 la 1,94. Compactarea și conectivitatea s-au redus de la 0,78 la 0,76, în timp ce gradul de heterogenitate a crescut de la 0,041 la 0,042. S-a identificat astfel o relativă stabilitate.

Analiza succolarității poate ajuta în eforturile de reconstrucție ecologică prin identificarea zonelor care necesită conexiuni suplimentare între ele. Identificarea și crearea acestor coridoare ecologice sprijină continuitatea habitatelor și facilitează deplasarea speciilor, contribuind la conservarea biodiversității [16].

Combinarea celor trei măsuri fractale – dimensiunea fractală, lacunaritatea și succolaritatea – a fost utilizată în diverse contexte: pentru analiza biomaterialelor cu diferite tipuri de porozitate [38], pentru discriminarea între depozitul de fosfat cu un risc ridicat de perturbări și depozitul cu un risc scăzut [39], pentru a caracteriza structura microscopică a mediilor poroase [40, 41], pentru a analiza schimbările în modelele spațiale în funcție de dimensiunea scală [42] sau pentru a identifica cele trei tipuri de structuri de rețea ICC gastrică dintr-un stomac de șoarece transgenic, contribuind la înțelegerea funcționării și organizării sistemului digestiv [43]. Această abordare integrativă oferă o metodă robustă de analiză, permițând cercetătorilor să exploreze și să înțeleagă mai bine diversitatea fenomenelor și proceselor din diverse domenii [44].

Combinăția dintre dimensiunea fractală, lacunaritate și succolaritate, folosită în acest studiu, a avut scopul de a identifica impactul defrișărilor asupra pădurilor. Rezultatele obținute prin cele trei metrici fractale pot oferi un suport semnificativ în analiza biodiversității și în procesul de reconstrucție ecologică. Astfel, analiza fractală a suprafețelor ocupate de pădure din Grupa Nordică a Carpaților Orientali și Grupa Retezat-Godeanu poate evidenția schimbările în structura spațială a pădurilor ca urmare a defrișărilor. Aceste date pot fi folosite pentru a evalua impactul defrișărilor asupra biodiversității și a funcțiilor ecosistemelor. Prin analiza comparativă a dimensiunii fractale, lacunarității și succolarității între Grupa Nordică și Grupa Retezat se pot identifica diferențele în rata și tipul de defrișare între aceste două zone. Aceasta poate oferi informații esențiale pentru a înțelege modul în care practicile de gestionare a pădurilor influențează biodiversitatea și funcțiile ecosistemelor. Scăderea gradului de umplere a spațiului de către păduri și a conectivității fragmentelor de pădure în urma defrișărilor poate indica pierderea habitatelor și fragmentarea ecosistemelor. Aceste informații pot fi utile în planificarea și implementarea măsurilor de conservare a biodiversității și de refacere a habitatelor. Prin utilizarea imaginilor satelitare și a analizei fractale pe o perioadă de la 2000 la 2021, se pot observa tendințele în schimbările spațiale ale pădurilor în timp. Această monitorizare poate oferi date critice pentru înțelegerea dinamicii pe termen lung a ecosistemelor forestiere și pentru luarea deciziilor în managementul resurselor naturale.

În concluzie, aceste rezultate furnizează o bază solidă pentru evaluarea impactului defrișărilor asupra biodiversității și pentru elaborarea strategiilor de conservare și refacere a ecosistemelor forestiere în regiunile studiate.

Concluzii

Analiza fractală a suprafețelor ocupate de pădure a evidențiat schimbările semnificative în structura spațială a pădurilor din Grupa Nordică a Carpaților Orientali și Grupa Retezat-Godeanu în perioada 2000-2021. Defrișările, în special în Grupa Nordică, au avut un impact negativ asupra gradului de umplere a spațiului de către păduri, dar și asupra gradului de compactare și conectivitate, generând o creștere a dezordinii spațiale.

Integrarea dimensiunii fractale, lacunarității și succolarității în analiza suprafețelor ocupate de pădure oferă oportunitatea de a evalua complexitatea și diversitatea acestor sisteme într-un mod mai cuprinzător. Prin monitorizarea și evaluarea schimbărilor spațiale și structurale, se pot dezvolta și implementa strategii eficiente pentru conservarea biodiversității și regenerarea habitatelor afectate de intervenția umană. Prin gestionarea durabilă a resurselor forestiere și promovarea unei abordări integrate se poate contribui la protejarea și restabilirea echilibrului ecologic a ecosistemelor forestiere, chiar dacă presiunile antropice sunt în creștere.

Bibliografie:

1. NAVEH, Z. From Biodiversity to Ecodiversity: A Landscape-Ecology Approach to Conservation and Restoration. *Restoration Ecology* [online]. Septembrie 1994 [accesat la 4 februarie 2024], Vol. 2, nr. 3, pp. 180-189. DOI 10.1111/j.1526-100X.1994.tb00065.x (IF: 3.2).
2. HOBBS, Richard J., CRAMER, Viki A. Restoration Ecology: Interventionist Approaches for Restoring and Maintaining Ecosystem Function in the Face of Rapid Environmental Change. *Annual Review of Environment and Resources* [online]. Annual Reviews, Noiembrie 2008 [accesat la 3 februarie 2024], Vol. 33, nr. 1, pp. 39-61. DOI 10.1146/annurev.environ.33.020107.113631 (IF: 16.4).
3. SUDING, Katharine N. Toward an Era of Restoration in Ecology: Successes, Failures, and Opportunities Ahead. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* [online]. Annual Reviews, Decembrie 2011 [accesat la 3 februarie 2024], Vol. 42, nr. 1, pp. 465-487. DOI 10.1146/annurev-ecolsys-102710-145115 (IF: 11.8).
4. OLIVER, Tom H. et al. Biodiversity and Resilience of Ecosystem Functions. *Trends in Ecology & Evolution* [online]. Noiembrie 2015 [accesat la 4 februarie 2024], Vol. 30, nr. 11, pp. 673-684. DOI 10.1016/j.tree.2015.08.009 (IF: 16.8).
5. PECL, Greta T. et al. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science* [online]. Martie 2017 [accesat la 4 februarie 2024], Vol. 355, nr. 6332, p. 9214. DOI 10.1126/science.aai9214 (IF: 56.9).
6. ZHANG, Ruiyang et al. Critical role of multidimensional biodiversity in contributing to ecosystem sustainability under global change. *Geography and Sustainability* [online]. Septembrie 2023, Vol. 4, nr. 3, pp. 232-243. DOI 10.1016/j.geosus.2023.05.002 (IF: 9.7).
7. MANDELBROT, Benoit B. The fractal geometry of nature. 3-lea ed. New York : W. H. Freeman and Comp., 1983.
8. FRONTIER, Serge. Applications of Fractal Theory to Ecology. In: LEGENDRE, Pierre, LEGENDRE, Louis (ed.), *Developments in Numerical Ecology* [online]. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 1987 [accesat la 4 februarie 2024], pp. 335-378. DOI 10.1007/978-3-642-70880-0_9.
9. MILNE, Bruce T. Measuring the fractal geometry of landscapes. *Applied Mathematics and Computation* [online]. Iulie 1988, Vol. 27, nr. 1, pp. 67-79. DOI 10.1016/0096-3003(88)90099-9 (IF: 4).
10. LI, Bai-Lian. Fractal geometry applications in description and analysis of patch patterns and patch dynamics. *Ecological Modelling* [online]. Iulie 2000, Vol. 132, nr. 1, pp. 33-50. DOI 10.1016/S0304-3800(00)00303-3 (IF: 3.1).
11. ALADOS, C.L. et al. Quantitative characterization of the regressive ecological succession by fractal analysis of plant spatial patterns. *Ecological Modelling* [online]. Mai 2003, Vol. 163, nr. 1, pp. 1-17. DOI 10.1016/S0304-3800(02)00294-6 (IF: 3.1).
12. HALLEY, J.M. et al. Uses and abuses of fractal methodology in ecology. *Ecology Letters* [online]. Martie 2004 [accesat 04.02.2024], Vol. 7, nr. 3, pp. 254-271. DOI 10.1111/j.1461-0248.2004.00568.x (IF: 8.8).

13. IMRE, A.R. și BOGAERT, J. The Fractal Dimension as a Measure of the Quality of Habitats. *Acta Biotheoretica* [online]. 2004 [accesat 04.02.2024], Vol. 52, nr. 1, pp. 41-56. DOI 10.1023/B:ACBI.0000015911.56850.0f (IF: 1.3).
14. USMANOV, Iskander Yu. et al. A Fractal Character of the Multidimensional Ecological Niche: Formation in Real Habitats in South Trans Urals. In: MAXIMOVA, Svetlana G. et al. (ed.), *Advances in Natural, Human-Made, and Coupled Human-Natural Systems Research*. vol. 252 [online]. Cham: Springer International Publishing, 2023 [accesat la 4 februarie 2024], pp. 107-119. (Lecture Notes in Networks and Systems). DOI 10.1007/978-3-030-78105-7_11.
15. ANDRONACHE, Ion C. et al. Fractal analysis for studying the evolution of forests. *Chaos, Solitons & Fractals* [online]. Octombrie 2016 [accesat 11.01.2024], Vol. 91, pp. 310-318. DOI 10.1016/j.chaos.2016.06.013 (IF: 7.8).
16. ANDRONACHE, Ion. Analysis of Forest Fragmentation and Connectivity Using Fractal Dimension and Succolarity. *Land* [online]. 2024, Vol. 13, nr. 2, p. 138. DOI 10.3390/land13020138. Dynamics of Land Use/Land Cover Change and Ecosystem Service Provision in a Rapidly Changing World II (IF: 3.9).
17. PEPTENATU, Daniel et al. A new fractal index to classify forest fragmentation and disorder. *Landscape Ecology* [online]. Iunie 2023 [accesat la 13 iunie 2023], Vol. 38, nr. 6, pp. 1373-1393. DOI 10.1007/s10980-023-01640-y (IF: 5.2).
18. KOVALENKO, Katya E., THOMAZ, Sidinei M. și WARFE, Danielle M. Habitat complexity: approaches and future directions. *Hydrobiologia* [online]. Aprilie 2012 [accesat la 4 februarie 2024], Vol. 685, nr. 1, p. 1-17. DOI 10.1007/s10750-011-0974-z (IF: 2.6).
19. GAO, Peichao et al. FracL: A Tool for Characterizing the Fractality of Landscape Gradients from a New Perspective. *ISPRS International Journal of Geo-Information* [online]. Octombrie 2019 [accesat la 4 februarie 2024], Vol. 8, nr. 10, p. 466. DOI 10.3390/ijgi8100466 (IF: 3.4).
20. NEWMAN, Erica A. et al. Scaling and Complexity in Landscape Ecology. *Frontiers in Ecology and Evolution* [online]. August 2019 [accesat la 4 februarie 2024], Vol. 7, p. 293. DOI 10.3389/fevo.2019.00293 (IF: 3).
21. LARUE, Elizabeth A et al. A theoretical framework for the ecological role of three-dimensional structural diversity. *Frontiers in Ecology and the Environment* [online]. Februarie 2023 [accesat la 4 februarie 2024], Vol. 21, nr. 1, pp. 4-13. DOI 10.1002/fee.2587 (IF: 10.3).
22. THEILER, James. Estimating fractal dimension. *Journal of the Optical Society of America A* [online]. Optica Publishing Group, Iunie 1990, Vol. 7, nr. 6, p. 1055-1073. DOI 10.1364/JOSAA.7.001055 (IF: 1.9).
23. XU, Tingbao, MOORE, Ian D. și GALLANT, John C. Fractals, fractal dimensions and landscapes – a review. *Geomorphology* [online]. Decembrie 1993, Vol. 8, nr. 4, pp. 245-262. DOI 10.1016/0169-555X(93)90022-T (IF: 3.9).
24. PLOTNICK, Roy E., GARDNER, Robert H., O'NEILL, Robert V. Lacunarity indices as measures of landscape texture. *Landscape Ecology* [online]. Septembrie 1993 [accesat la 4 februarie 2024], Vol. 8, nr. 3, pp. 201-211. DOI 10.1007/BF00125351 (IF: 5.2).
25. PLOTNICK, Roy E. et al. Lacunarity analysis: A general technique for the analysis of spatial patterns. *Physical Review E* [online]. Mai 1996 [accesat la 4 februarie 2024], Vol. 53, nr. 5, pp. 5461-5468. DOI 10.1103/PhysRevE.53.5461 (IF: 2.4).
26. SMITH, T.G., LANGE, G.D., MARKS, W.B. Fractal methods and results in cellular morphology – dimensions, lacunarity and multifractals. *Journal of Neuroscience Methods* [online]. Noiembrie 1996, Vol. 69, nr. 2, pp. 123-136. DOI 10.1016/S0165-0270(96)00080-5 (IF: 3).
27. DE MELO, Rafael Heitor Correia, CONCI, Aura. How Succolarity could be used as another fractal measure in image analysis. *Telecommunication Systems* [online]. Martie 2013, Vol. 52, nr. 3, pp. 1643-1655. DOI 10.1007/s11235-011-9657-3 (IF: 2.5).
28. HANSEN, M. C. et al. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* [online]. American Association for the Advancement of Science, Noiembrie 2013 [accesat la 29 iunie 2022], Vol. 342, nr. 6160, pp. 850-853. DOI 10.1126/science.1244693 (IF: 56.9).
29. SARKAR, Nirupam, CHAUDHURI, B.B. An efficient approach to estimate fractal dimension of textural images. *Pattern Recognition* [online]. Septembrie 1992 [accesat la 11 ianuarie 2024], Vol. 25, nr. 9, pp. 1035-1041. DOI 10.1016/0031-3203(92)90066-R (IF: 8).
30. JIN, X.C., ONG, S.H., JAYASOORIAH. A practical method for estimating fractal dimension. *Pattern Recognition Letters* [online]. Mai 1995 [accesat la 11 ianuarie 2024], Vol. 16, nr. 5, pp. 457-464. DOI 10.1016/0167-8655(94)00119-N (IF: 5.1).

31. ROY, Ankur, PERFECT, Edmund. Lacunarity analyses of multifractal and natural grayscale patterns. *Fractals* [online]. World Scientific Publishing Co., Septembrie 2014 [accesat la 29 iunie 2022], Vol. 22, nr. 3, p. 1440003. DOI 10.1142/S0218348X14400039 (IF: 4.7).
32. RUSSELL, David A., HANSON, James D., OTT, Edward. Dimension of Strange Attractors. *Physical Review Letters* [online]. American Physical Society, Octombrie 1980, Vol. 45, nr. 14, p. 1175-1178. DOI 10.1103/PhysRevLett.45.1175 (IF: 8.6).
33. DI IEVA, Antonio et al. Fractal dimension as a quantitor of the microvasculature of normal and adenomatous pituitary tissue. *Journal of Anatomy* [online]. Noiembrie 2007 [accesat la 5 februarie 2024], Vol. 211, nr. 5, pp. 673-680. DOI 10.1111/j.1469-7580.2007.00804.x (IF: 2.4).
34. ALLAIN, C., CLOITRE, M. Characterizing the lacunarity of random and deterministic fractal sets. *Physical Review A* [online]. American Physical Society, Septembrie 1991, Vol. 44, nr. 6, pp. 3552-3558. DOI 10.1103/PhysRevA.44.3552 (IF: 2.9).
35. AHAMMER, Helmut et al. ComsysanJ: A collection of Fiji/ImageJ2 plugins for nonlinear and complexity analysis in 1D, 2D and 3D. HAMMAD, Mohamed (ed.), *PLOS ONE* [online]. Octombrie 2023 [accesat la 11 ianuarie 2024], Vol. 18, nr. 10, p. 292217. DOI 10.1371/journal.pone.0292217 (IF: 3.7).
36. SCHINDELIN, Johannes et al. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nature Methods* [online]. Iulie 2012, Vol. 9, nr. 7, p. 676-682. DOI 10.1038/nmeth.2019 (IF: 48).
37. DRĂGHICI, C.C. et al. Spatial evolution of forest areas in the northern Carpathian mountains of Romania. *Acta Montanistica Slovaca*. 2017, Vol. 22, nr. 2 (IF: 1.6).
38. N'DIAYE, Mambaye et al. Biomaterial porosity determined by fractal dimensions, succolarity and lacunarity on microcomputed tomographic images. *Materials Science and Engineering: C* [online]. Mai 2013, Vol. 33, nr. 4, pp. 2025-2030. DOI 10.1016/j.msec.2013.01.020 (IF: 7.9).
39. AYAD, Abderrahim, BAKKALI, Saad. Fractal Assessment of the Disturbances of Phosphate Series Using Lacunarity and Succolarity Analysis on Geoelectrical Images (Sidi Chennane, Morocco). *Complexity* [online]. Iulie 2019 [accesat la 9 februarie 2024], Vol. 2019, p. 1-12. DOI 10.1155/2019/9404567 (IF: 2.3).
40. XIA, Yuxuan et al. Fractal dimension, lacunarity and succolarity analyses on CT images of reservoir rocks for permeability prediction. *Journal of Hydrology* [online]. Decembrie 2019, Vol. 579, p. 124198. DOI 10.1016/j.jhydrol.2019.124198 (IF: 6.4).
41. XIA, Yuxuan, CAI, Jianchao, WEI, Wei. Fractal structural parameters from images: Fractal dimension, lacunarity, and succolarity. În: CAI, Jianchao, ZHANG, Liehui și WEI, Wei (ed.), *Modelling of Flow and Transport in Fractal Porous Media* [online]. [S. l.]: Elsevier, 1 ianuarie 2021, pp. 11-24. DOI 10.1016/B978-0-12-817797-6.00003-8.
42. MATOS, Robert S. et al. Correlating Structure and Morphology of Andiroba Leaf (*Carapa guianensis* Aubl.) by Microscopy and Fractal Theory Analyses. *Applied Sciences* [online]. Iunie 2021 [accesat la 9 februarie 2024], Vol. 11, nr. 13, p. 5848. DOI 10.3390/app11135848 (IF: 2.7).
43. MAH, Sue Ann et al. Three-Dimensional Fractal Analysis of the Interstitial Cells of Cajal Networks of Gastrointestinal Tissue Specimens. *Cellular and Molecular Bioengineering* [online]. Noiembrie 2023 [accesat la 9 februarie 2024]. DOI 10.1007/s12195-023-00789-5 (IF: 2.8).
44. DE MELO, Rafael Heitor Correia. Using fractal characteristics such as fractal dimension, lacunarity and succolarity to characterize texture patterns on images [online]. Master's Thesis. Fluminense: Federal Fluminense University. Rio de Janeiro, Brazil, 2007.
Disponibil: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/17146/Dissert-Rafael%20Melo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CZU: 579.864

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p170-174

ACTIVITATEA ANTIBACTERIANĂ A UNOR TULPINI DE BACTERII LACTICE

ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF SOME LACTIC ACID BACTERIA STRAINS

Bogdan-Golubi Nina, dr., UTM

Balan Ludmila, dr., UTM

Slanina Valerina, UTM

Bogdan-Golubi Nina, PhD, Technical University of Moldova

ORCID: 0000-0003-2199-4414

E-mail: nina.bogdan@imb.utm.md

Balan Ludmila, PhD, Technical University of Moldova

ORCID: 0000-0002-8319-6808

Slanina Valerina, Technical University of Moldova

ORCID: 0000-0002-9833-7933

Rezumat. Au fost studiate proprietățile antibacteriene la patru tulpini autohtone de bacterii lactice împotriva test-culturilor *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Corynebacterium michiganens*, *Erwinia carotovora* și *Xanthomonas campestris*. S-a constatat că toate tulpinile au activitate antibacteriană împotriva microorganismelor Gram-pozitive și Gram-negative. *Lactococcus lactis* biovar *diacetylactis* CNMN-LB-14 posedă un spectru larg de acțiune antibacteriană împotriva tuturor test-culturilor datorită prezenței compusului aromatic – diacetil. Pe baza acestor rezultate se poate concluziona că proprietățile inhibitoare ale bacteriilor lactice permit utilizarea lor în industria alimentară și în agricultură.

Cuvinte-cheie: bacterii lactice, colecție, test-culturi, proprietăți antibacteriene.

Abstract. Were studied antibacterial properties of four autochthonous lactic acid bacteria strains against bacterial test-organisms *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Corynebacterium michiganens*, *Erwinia carotovora* and *Xanthomonas campestris*. All strains were found to have antibacterial activity against Gram-positive and Gram-negative microorganisms. *Lactococcus lactis* biovar *diacetylactis* CNMN-LB-14 possess a broad spectrum of antibacterial action against all test-organisms due to the participation of aromatic compound – diacetyl. Based on these results, it can be concluded that the inhibitory properties of the lactic acid bacteria allow their use not only for food industry, but also for agriculture.

Keywords: lactic acid bacteria, collection, test-organisms, antibacterial properties.

Introducere

Bacteriile lactice sunt unul dintre cele mai importante grupuri de bacterii din industria alimentară, având statutul GRAS (Generally Recognised As Safe) și fiind utilizate în biotehnologii alimentare pentru obținerea diferitor produse de calitate și siguranță garantată. În procesul de fabricare și depozitare a produselor alimentare și furajelor, pot apărea microorganisme (bacterii, drojdii și mușci) care provoacă alterarea, respectiv devenind agenți potențial periculoși [4]. De aceea, diminuarea contaminării cauzate de microorganismele patogene are importanță primordială.

Bacteriile lactice sunt capabile să inhibe creșterea microorganismelor patogene și condiționat patogene datorită biosintezei diferitor compuși cu activitate antimicrobiană, dintre care sunt bacteriocinele, diacetil, acizii organici (lactic, acetic, propionic, formic, succinic) etc. Bacteriocina

produsă de tulpina *Lactococcus lactis* denotă o activitate antimicrobiană sporită față de tulpini patogene procariote și eucariote: *Escherichia coli*, *Streptococcus agalactiae*, *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus xylosus*, *Candida albicans*, *Enterococcus faecium* [12].

Bacteriocina tulpinei *Streptococcus thermophilus* are spectru inhibitor larg împotriva *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Listeria innocua*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus epidermidis* și este stabilă la diferite valori pH [10].

Multe bacteriocine produse de acest grup de bacterii s-au dovedit a fi conservanți foarte buni pentru produsele din carne, fructe de mare, produse lactate, cereale, legume, fructe fermentate [5]. Au fost efectuate cercetări privind utilizarea bacteriocinelor împotriva *Listeria monocytogenes* în brânzeturi. Acest agent patogen creează dificultăți la fabricarea brânzeturilor din lapte crud și contaminează brânzeturile din lapte pasteurizat [11].

Utilizarea bacteriocinelor în combinație cu cojile comestibile este considerată o abordare foarte promițătoare în ceea ce privește calitatea și siguranța microbiologică în timpul depozitării post-recoltare a fructelor și legumelor crude sau minimum procesate [1].

Valorificarea compușilor naturali poate preveni contaminarea materiilor prime, a produselor alimentare și poate diminua pierderile economice [6]. De exemplu, *Bacillus subtilis*, care provine din materiile prime, spațiul de producere și suprafețele echipamentelor, provoacă alterarea pâinii. În timpul coacerii, sunt distruse doar formele vegetative, în timp ce spori bacterieni și fungici rezistă [2, 3].

Prin urmare, componentele antimicrobiene sintetizate de bacteriile lactice sunt bioconservanți siguri foarte solicitați în industria alimentară și agricultură.

Dezvoltarea microbiologiei și biotehnologiei agricole au extins semnificativ și au îmbunătățit direcțiile de implementare a acestor microorganisme. Cercetătorii Limanska ș.a. au menționat aplicarea bacteriilor lactice pentru creșterea recoltei plantelor agricole, la fel și pentru protecția lor față de fitopatogenii *Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas campestris*, *Erwinia carotovora*, *Agrobacterium tumefaciens* [8].

Un rol important îl au bacteriile lactice și în conservarea furajelor. Hrana de calitate înaltă este baza sănătății animalelor de fermă, în consecință crește producția animalieră [14].

Astfel, scopul cercetărilor a constat în determinarea proprietăților antibacteriene a unor bacterii lactice depozitate în Colecția Națională de Microorganisme Nepatogene (CNMN).

Materiale și metode

În calitate de obiect al cercetărilor au servit tulpinile de bacterii *Lactococcus lactis* CNMN-LB-06, *Lactococcus lactis* CNMN-LB-09, *Lactococcus lactis* biovar *diacetylactis* CNMN-LB-14, *Streptococcus thermophilus* CNMN-LB-16, depozitate în Colecția Națională de Microorganisme Nepatogene. Activitatea antagonistă a fost studiată prin metoda striurilor perpendiculare și metoda de difuzie în agar [13, 15]. În calitate de culturi de referință au fost utilizate *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Erwinia carotovora*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Corynebacterium michiganens*, *Xanthomonas campestris* din dotarea Colecției.

Rezultate și discuții

Rezultatele cercetărilor privind proprietățile antibacteriene ale tulpinilor autohtone de bacterii lactice sunt prezentate în Tabelul 1.

Datele din tabel demonstrează că *Streptococcus thermophilus* CNMN-LB-16 are activitate antagonistă față de trei test-culturi cu diametrul zonei de inhibiție de la 13,3±0,7 mm (*Erwinia*

carotovora) până la $15,0 \pm 1,1$ mm (*Corynebacterium michiganens*), dar nu s-a dovedit a fi activă asupra *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* și *Xanthomonas campestris*. Spre deosebire de *Streptococcus thermophilus* CNMN-LB-16, tulpinile *Lactococcus lactis* CNMN-LB-09 și *Lactococcus lactis* CNMN-LB-06 posedă o activitate antibacteriană față de cinci test-culturi din șase. Cea mai sporită activitate antagonistă a fost stabilită la tulpina *Lactococcus lactis* CNMN-LB-06 asupra *Pseudomonas fluorescens* cu diametrul zonei de inhibiție $16,0 \pm 1,1$ mm. Tulpina *Lactococcus lactis* biovar *diacetylactis* CNMN-LB-14 a demonstrat un spectru larg de efect inhibitor asupra diferitor tipuri de bacterii, diametrul zonei de inhibiție a fost de la $12,3 \pm 0,7$ mm (*Agrobacterium tumefaciens*) până la $15,3 \pm 0,7$ mm (*Pseudomonas fluorescens*). Rezultatele obținute confirmă valoarea tulpinilor autohtone de bacterii lactice care sunt mai active comparativ cu tulpinile descrise de alți autori. De exemplu, Mezaini ș.a. au prezentat rezultatele privind tulpinile de bacterii lactice cu activitate antimicrobiană doar față de bacterii Gram-pozitive [10].

Tabelul 1. Activitatea antibacteriană a unor tulpini de bacterii lactice

Denumirea tulpinilor	<i>Lactococcus lactis</i> CNMN-LB-06	<i>Lactococcus lactis</i> CNMN-LB-09	<i>Lactococcus lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i> CNMN-LB-14	<i>Streptococcus thermophilus</i> CNMN-LB-16
	Zona de inhibiție, mm			
<i>Bacillus subtilis</i>	$12,0 \pm 0,0$	0	$14,3 \pm 0,7$	0
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	$16,0 \pm 1,1$	$14,0 \pm 1,1$	$15,3 \pm 0,7$	0
<i>Erwinia carotovora</i>	$12,3 \pm 0,7$	$14,7 \pm 0,7$	$14,3 \pm 0,7$	$13,3 \pm 0,7$
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	$15,7 \pm 0,7$	$14,0 \pm 1,1$	$12,3 \pm 0,7$	$13,3 \pm 1,3$
<i>Corynebacterium michiganens</i>	$14,0 \pm 1,1$	$14,0 \pm 1,1$	$14,7 \pm 1,3$	$15,0 \pm 1,1$
<i>Xanthomonas campestris</i>	0	$13,3 \pm 0,7$	$13,7 \pm 0,7$	0

Diametrul zonelor de inhibiție variază între 12,0-14,3 mm față de *B. subtilis*, între 14,0-16,0 mm față de *P. fluorescens*, între 12,3-14,7 mm față de *E. carotovora*, între 12,3-15,7 mm față de *A. tumefaciens*, între 14,0-15,0 mm față de *C. michiganens*, între 13,3-13,7 mm față de *X. campestris*, ce permite inhibarea dezvoltării microorganismelor dăunătoare.

În publicațiile de specialitate sunt prezentate rezultatele activității antimicrobiene ale tulpinilor *Lactobacillus rhamnosus* MDC 9661, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. delbrueckii* subsp. *lactis*, B7 *Lactobacillus* spp., *Streptococcus thermophilus* VKPM B-3809 împotriva *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus* și *Bacillus mesentericus*. Tulpinile dau dovadă de o activitate antagonistă asupra bacteriilor patogene cu diametrul zonei de inhibiție de la 10 mm până la 18 mm. Față de *Bacillus subtilis* doar două tulpini au efect inhibitor cu 11 mm respectiv. Cultivarea simultană a tulpinilor de bacterii lactice poate stimula producerea substanțelor antibacteriene cu activitate sporită, la fel și stimulatori de creștere a plantelor [7, 9].

Autorii Cablova ș.a. au evidențiat că microflora epifită a plantelor include diverși reprezentanți ai fungilor, drojdiilor, din bacterii pot fi identificate *Erwinia herbicola*, *Bacillus subtilis* și *Pseudomonas fluorescens*. Numărul acestor microorganisme pe suprafața frunzelor de porumb, ovăz,

lucernă poate varia între $1,5 \times 10^3$ și 9×10^6 UFC/g. Metoda cea mai avantajoasă economic de conservare a hranei pentru animale este silozarea, datorită efectului conservant al acidului lactic. Cu acest scop sunt utilizate tulpini de *Lactobacillus plantarum*, *L. casei*, *Streptococcus lactis* subsp. *diastaticus*, *Streptococcus faecium*, care, la fel, au rol de probiotici cu efect inhibitor împotriva microflorei nedorite în sistemul digestiv al animalelor [14].

Concluzii

În urma rezultatelor obținute putem concluziona că tulpinile de bacterii lactice autohtone păstrate în cadrul CNMN posedă proprietăți antibacteriene împotriva bacteriilor Gram-pozitive și Gram-negative.

Bacteriile lactice au o gamă largă de aplicare: pot fi utilizate cu succes în biotehnologii alimentare și agricultură. Cercetările ulterioare se recomandă a fi axate pe diverse implementări ale tulpinilor autohtone, inclusiv pe izolarea și selectarea tulpinilor noi de bacterii lactice.

Rezultatele au fost obținute în cadrul subprogramului 020101 InBioS – Soluții biotehnologice inovative pentru agricultură, medicină și protecția mediului.

Bibliografie:

1. AGRIOPOULOU, S., STAMATELOPOULOU, E., SACHADYN-KRÓL, M., VARZAKAS, T. Lactic acid bacteria as antibacterial agents to extend the shelf life of fresh and minimally processed fruits and vegetables: quality and safety aspects. *Microorganisms*. 2020, 8(6):952. ISSN 2076-2607. doi: 10.3390/microorganisms8060952.
2. CIZEIKIENE, D., JUODEIKIENE, G., PASKEVICIUS, A., BARTKIENE, E. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria against pathogenic and spoilage microorganism isolated from food and their control in wheat bread. *Food Control*. 2013, 31:539-545. ISSN 0956-7135. doi: 10.1016/j.foodcont.2012.12.004.
3. COLLINS, N.E., ANN, L., KIRSCHNER, M., von HOLY, A. Characterization of *Bacillus* isolates from rosey bread, bakery equipment and raw materials. *South African Journal of Science*. 1991, 87:62-66. ISSN 0038-2353.
4. De MUYNCK, C., LEROY, A.I., De MAESENEIRE, S., ARNAUT, F., SOETAERT, W., VANDAMME, E.J. Potential of selected lactic acid bacteria to produce food compatible antifungal metabolites. *Microbiological Research Journal*. 2004, 159(4), p. 339-346. ISSN 0944-5013. doi: 10.1016/j.micres.2004.07.002.
5. EL-GHAISH, Sh. A.A., HADJI-SFAXI, I., EL MECHERFI, K., BAZUKYAN, I., CHOISSET, Y., RABESONA, H., SITOHY, M., POPOV, Y.G., KULIEV, A.A., MOZZI, F., CHOBERT, J., HAERTLÉ, T. Potential use of lactic acid bacteria for reduction of allergenicity and for longer conservation of fermented foods. *Trends in Food Science & Technology*. 2011, 20:1-8. ISSN 0924-2244.
6. GALVEZ, A., LOPEZ, R.L., ABRIQUEL, H., VALDIVIA, E., OMAR, N.B. Application of bacteriocins in the control of foodborne pathogenic and spoilage bacteria. *Critical Reviews in Biotechnology*. 2008, 28(2):125-52. ISSN 0738-855. doi: 10.1080/07388550802107202.
7. JAFFAR, N.S., JAWAN, R., CHONG, K.P. The potential of lactic acid bacteria in mediating the control of plant diseases and plant growth stimulation in crop production - a mini review. *Frontiers in Plant Science*. 2023, 13:1047945. ISSN 1664-462X. doi: 10.3389/fpls.2022.1047945
8. LIMANSKA, N., KOROTAEVA, N., BISCOLA, V., IVANYTSIA, T., MERLICH, A., FRANCO, B.D.G.M., CHOBERT, J.M.; IVANYTSIA, V., HAERTLÉ, T. Study of the Potential application of lactic acid bacteria in the control of infection caused by *Agrobacterium tumefaciens*. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*. 2015, 6:292. ISSN 2157-7471. doi:10.4172/2157-7471.1000292.

9. MATEVOSYAN, L., BAZUKYAN, I., TRCHOUNIAN, A. Antifungal and antibacterial effects of newly created lactic acid bacteria associations depending on cultivation media and duration of cultivation. *BMC Microbiology*. 2019, 19(102). ISSN 1471-2180. doi: 10.1186/s12866-019-1475-x.
10. MEZAINI, A., CHIHIB, N.E., BOURAS, A.D., NEDJAR-ARROUME, N., HORNEZ, J.P. Antibacterial activity of some lactic acid bacteria isolated from an Algerian dairy product. *Journal of Environmental and Public Health*. 2009, 2009:678495. ISSN 2356-6752. doi: 10.1155/2009/678495.
11. SILVA, C.C.G., SILVA, S.P.M., RIBEIRO, S.C. Application of bacteriocins and protective cultures in dairy food preservation. *Frontiers in Microbiology*. 2018, 9:594. ISSN 1664-302X. doi: 10.3389/fmicb.2018.00594.
12. SÎRBU, I., VASSU, T., STOICA, I., CHIFIRIUC, C., BUCUR, M., RUSU, E.E., IONESCU, R., PELINESCU, D. Analysis on the antimicrobial activity of some lactic acid bacteria strains. *Romanian Journal of Infectious Diseases*. 2015, 18(2), p. 53-57. ISSN 1454-3389.
13. БИРГЕР, М. Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования. Москва: Медицина, 1982. 461 с.
14. КАБЛОВА, М.А., ШУРХНО, Р.А., СИРОТКИН, А.С. Молочнокислые бактерии в сельскохозяйственном производстве. В: *Вестник технологического ун-та*. 2015, Т. 18, № 23, с. 145-150.
15. *Практикум по микробиологии: учеб. пособие для вузов*. Под ред. А.И. Нетрусова. М.: Академия, 2005, 603 с.

CZU: 573.6:57.087

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p175-180

LESPEDEZA CAPITATA: DE LA LEGUMĂ LA MEDICAMENT

LESPEDEZA CAPITATA: FROM LEGUME TO MEDICINE

Chititala Roxana Delia, PhD student, „Grigore T. Popa”

University of Medicine and Pharmacy, Iasi, Romania

E-mail: roxanachititala@yahoo.com

Marin George-Alexandru, student, „Grigore T. Popa”

University of Medicine and Pharmacy, Iasi, Romania

E-mail: george17marin@gmail.com

Lungu Ionut-Iulian, PhD, assist. prof. „Grigore T. Popa”

University of Medicine and Pharmacy, Iasi, Romania

ORCID: 0009-0005-4803-3746

Burlec Ana Flavia, PhD, lecturer, „Grigore T. Popa”

University of Medicine and Pharmacy Iasi, Romania

ORCID: 0000-0002-6675-2796

E-mail: flavia_burlec@hotmail.com

Cioanca Oana, PhD, assoc. prof. habil., „Grigore T. Popa”

University of Medicine and Pharmacy, Iasi, Romania

ORCID: 0000-0001-9173-4832

E-mail: oana.cioanca@umfiasi.ro

Rezumat: *Extractele din plante au jucat un rol fundamental în medicină și farmacognozie de secole, adăpostind o varietate de compuși bioactivi cu potențial terapeutic. Acest domeniu, dedicat explorării proprietăților medicinale ale produselor naturale, investighează compozițiile chimice variate ale acestor extracte. De la remedii antice la medicamente moderne, acestea au fost indispensabile în îngrijirea sănătății. Numeroase medicamente, inclusiv aspirina și morfina, își au rădăcinile în sursele vegetale. Astăzi, extractele obținute din plante precum ginsengul, echinacea și turmericul sunt apreciate pentru proprietățile lor de stimulare a imunității și antiinflamatorii. Lespedeza capitata, o leguminoasă nativă de pe continentul american, este centrul acestui articol datorită compușilor săi, care au prezentat rezultate promițătoare. Rezultatele noastre au arătat că această specie conține diferiți polifenoli cu proprietăți antioxidante sporite. Remedii pe bază de plante profită adesea de efectele antimicrobiene și antioxidante ale extractelor. În plus, compușii fitochimici din aceste extracte oferă un viitor promițător pentru tratamentul diverselor afecțiuni, de la diabet la cancer. Procesele standardizate de extracție garantează potența și uniformitatea produselor medicinale din plante, consolidând și mai mult fiabilitatea lor în îngrijirea sănătății. Cercetările în curs de desfășurare asupra extractelor din plante continuă să dezvăluie potențialul lor terapeutic, stimulând descoperirile de medicamente noi și progresul în îngrijirea sănătății la nivel global.*

Cuvinte-cheie: *farmacognozie, extracte vegetale, medicamente derivate din plante, fitocompuși, Lespedeza capitata.*

Abstract: *Plant extracts have been pivotal in medicine and pharmacognosy for centuries, housing an array of bioactive compounds with therapeutic potential. This field, dedicated to exploring the medicinal properties of natural products, delves into the varied chemical compositions of these extracts. From ancient remedies to modern pharmaceuticals, they have been indispensable in healthcare. Numerous drugs, including aspirin and morphine, find their roots in plant sources. Today, extracts obtained from plants like ginseng, echinacea, and turmeric are esteemed for their immune-boosting and anti-inflammatory properties. Lespedeza capitata, a legume native to the Americas is the focus of this article thanks to its compounds which have shown promising results. Our results showed that this species contains various polyphenols with good antioxidant properties. Herbal remedies often capitalize on the antimicrobial and antioxidant effects of plant extracts. Additionally, phytochemicals within these extracts offer promising avenues for treating diverse ailments, from diabetes to cancer. Standardized extraction processes guarantee the potency and uniformity of medicinal plant products,*

further bolstering their reliability in healthcare. Ongoing research into plant extracts continues to reveal their therapeutic potential, fostering novel drug discoveries and advancements in global healthcare.

Keywords: pharmacognosy, plant extracts, plant-based drugs, phytochemicals, *Lespedeza capitata*.

Introduction

In the past decade, forage legumes have garnered attention for their positive impacts on domesticated animals and the environment, particularly in terms of phytoremediation. Consequently, numerous plant species from the *Fabaceae* family have been scrutinized for their abundant polyphenol content, a group of metabolites widely recognized as antioxidants. Among these species, *Lespedeza*, a group of wild plants used as legumes and native to the Americas and certain Oriental countries, has been of particular interest due to its traditional medicinal uses. Several reports have highlighted the presence of various beneficial compounds in *Lespedeza* species, including flavonoid glycosides, lignans, sterols, alkaloids, organic acids, coumestans, and terpenoids. *Lespedeza capitata* **Figure 1**, commonly known as Roundhead Lespedeza and native to eastern North America, has been underexplored despite its folk medicine tradition as a diuretic, anti-inflammatory, and antirheumatic agent in the USA, Korea, and China. Indigenous peoples in these regions historically used its roots or extracts thereof as antidotes for poisoning. Although less studied compared to other *Lespedeza* species, extracts from the leaves and stems of *L. capitata* are utilized for urinary tract and kidney disorders [1].



Fig. 1. *Lespedeza capitata* pressed plant from the Smithsonian Museum of Natural History (USA) [2]

Results and discussions

The quest for natural ingredients is increasingly captivating the pharmaceutical industry. Plants with rich ethnobotanical backgrounds, extensive phytochemical pedigrees, and abundant biomass availability are natural candidates for such studies. In the pursuit of discovering new active principles for medicine, attention has turned towards forage legumes, members of the *Fabaceae* family. These agricultural crops possess the remarkable ability to fix nitrogen through symbiotic relationships with bacteria housed in rhizobium root nodules.

Forage legumes are known to be abundant in various secondary metabolites, including alkaloids, cyanogenic glycosides, flavonoids, coumarins, phenolics, condensed tannins, triterpenoid saponins, and lectin peptides. Consequently, they represent a promising reservoir for extracting bioactive compounds with potential applications in skincare and human health. Roundhead lespedeza (*Lepedeza capitata* Michx), on which not many studies have been made and which has been used for centuries for its medicinal properties by the indigenous people of the Americas is the perfect candidate for our study.

Lepedeza capitata, a perennial shrub indigenous to eastern North America, has been historically utilized as forage for livestock. Traditional knowledge from native North Americans documents the root's use as an antidote to poisoning and the stems' application in moxibustion for treating neuralgia and rheumatism. The plant is notably rich in flavonoids and tannins, believed to contribute to its therapeutic properties. Experimental and clinical investigations have revealed the positive effects of *L. capitata* on tissue drainage, kidney and cardiovascular ailments, as well as its potential in managing diabetes. Additionally, its Asian counterpart, *L. cuneata*, has been studied for its skin moisturizing properties and protective effects against photoaging. These findings suggest that *L. capitata* may also hold promise for enhancing skin health and resilience. Despite the extensive historical use of these plants, there remains a significant gap in understanding their active principles, mechanisms of action, and specific effects for *in vivo* applications [3].

The chemical profile of the investigated extract was analyzed using liquid chromatography with a Transcend TLX-1 Vanquish Flex system coupled with the Orbitrap Exploris 480 high-resolution mass spectrometer. Compound Discoverer 3.3.1 software, part of the CENEMED platform, was utilized for the identification of small compounds. The method employed a gradient of 0.1% formic acid (A) and methanol (B) from 95:5 to 10:90 over 20 minutes, with a partial loop injection of 10 μ L and a flow rate of 300 μ L/min. A Hypersil Gold C18 column (50 x 2.1 mm, 1.9 μ m) was maintained at 40°C. The instrument settings included electrospray ionization (ESI) in negative ion mode (-p), with a mass range from m/z 100 to 1500 at a frequency of 5 Hz, a negative voltage of 3.0 kV, and an ionization temperature of 350°C. Integration and detection were performed using Compound Discoverer 3.2 software, evaluating both targeted and untargeted modules. Peaks with a rating of at least 7.4 were considered and verified against the Thermo m/z Vault, NIST, and ChemSpider databases.

The general compound profile revealed a predominant presence of flavonoid derivatives, particularly quercetin derivatives, along with some polyphenol carboxylic acids such as chlorogenic acid (m/z = 353.08) and rosmarinic acid (m/z = 359.16), the rusting chromatogram is depicted in figure 2 and their chemical structures being represented in Figure 3. Previous studies have also noted the prevalence of similar compounds, notably flavonoid glycosides and condensed tannins. However, a comprehensive chemical composition of this species is still lacking, with some studies predating

2005. It is essential to consider that our results are specific to the investigated extract, which is a commercially obtained and selectively extracted product. Therefore, they may not encompass the full spectrum of components present in the plant [1, 4].

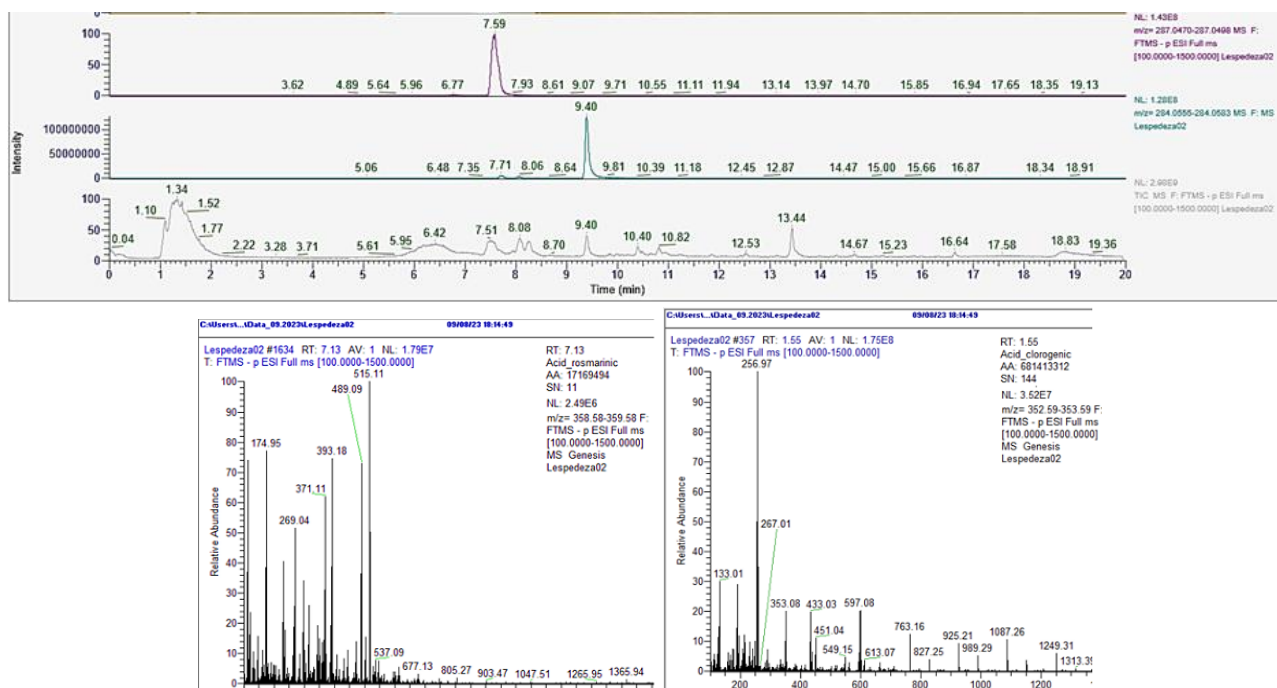


Fig. 2. General LC-ESI-MS chromatogram for *Lespedeza capitata* extract indicating the highest peaks, and the spectra for rosmarinic and chlorogenic acids[1]

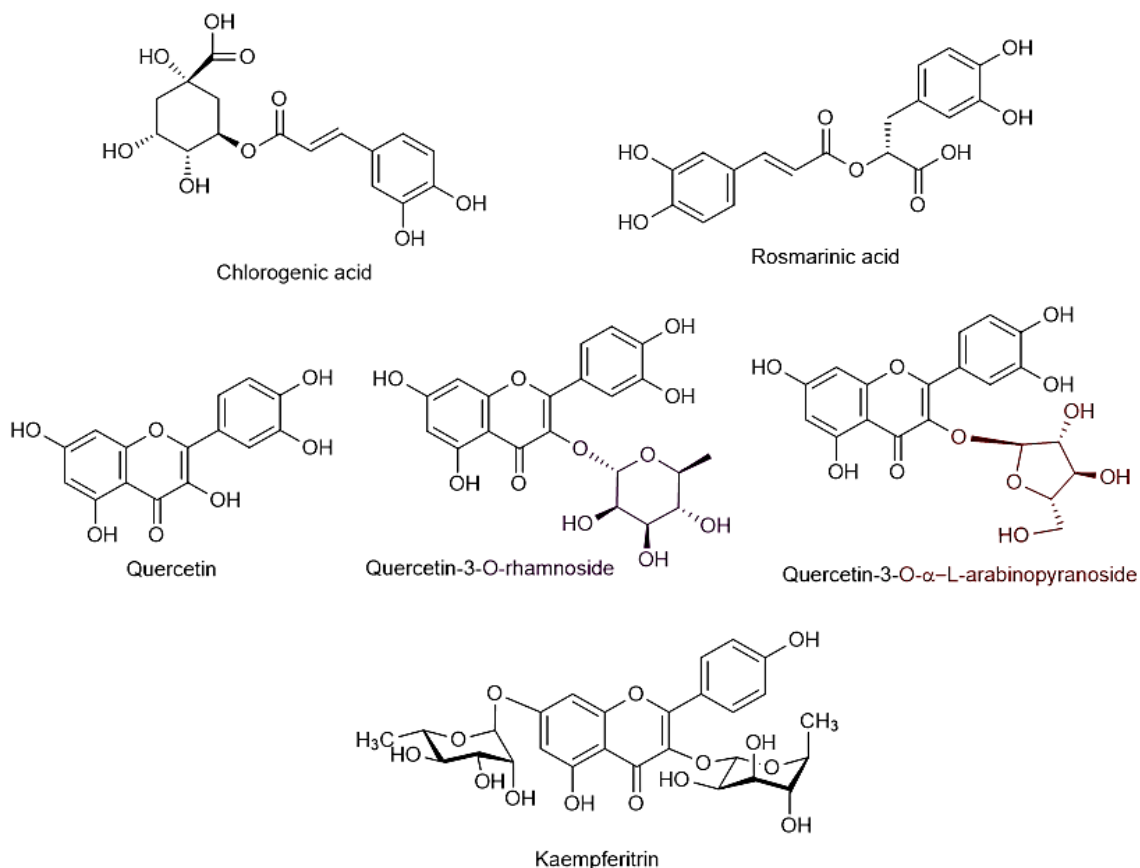


Fig. 3. Chemical structures of the compounds identified in *Lespedeza capitata* extracts

Biological activity and mechanisms: *Lespedeza* demonstrates various effects on ectoderm derivatives, including the skin and kidneys. Studies have shown significant stimulation of fibroblast and keratinocyte growth, increased collagen synthesis, and a lipolytic effect on adipocytes with *Lespedeza capitata* extract. This suggests the potential use of *Lespedeza* medicinal preparations for stimulating skin cell regeneration, anti-aging therapy, and inducing lipolysis due to its flavonoid content [5].

Kaempferitrin (depicted in *Figura 3*) is a naturally occurring flavonoid glycoside primarily found in *L. capitata* leaves. Previous investigations by researchers have highlighted the hypoglycemic properties of a certain n-butanol fraction extracted from another legume: *Bauhinia forficata* (*Leguminosae*) leaves in alloxan-induced diabetic rats. Additionally, research has indicated that kaempferitrin exhibits an immediate hypoglycemic effect in diabetic rats, although it did not alter the glucose tolerance curve compared to tolbutamide sulphonylurea. Among the aglycone and glycosylated flavonoids extracted from *Bauhinia forficata* leaves, kaempferitrin was the sole compound found to possess a hypoglycemic effect in diabetic rats, prompting further detailed examination. The study was undertaken to explore the prolonged impact of kaempferitrin on blood glucose levels in diabetic rats, as well as its *in vitro* effects on ^{14}C -d-glucose uptake and ^{14}C -leucine incorporation into protein in the soleus muscle of normal rats [6].

Furthermore, it has been found that *Lespedeza* extracts enhance diuresis, reduce edema, decrease azotemia and albuminuria, increases sodium excretion, and to a lesser extent potassium. The plant-based extracts promote renal filtration and excretion of nitrogenous products in urine. These effects are attributed to its flavonoid content, which normalize capillary permeability in the glomeruli and exhibit a mild diuretic effect without significant electrolyte loss, unlike synthetic diuretics. The advantages of phytotherapy in normalizing glomerular capillary permeability complement the action of renin-angiotensin system inhibitors (RAASi), which form the basis of renoprotection in modern nephrology. *Lespedeza* flavonoids improve protein-energy metabolism, exhibiting nephroprotective effects and slowing the progression of chronic kidney disease (CKD) while maintaining normal excretory function. Initial clinical trials carried out in France indicate that injectable extracts derived from round-head lespedeza may decrease azotemia in individuals with different forms of renal failure. However, the precise mechanism through which round-head lespedeza operates remains undetermined. A particular investigation revealed that procyanidins sourced from round-head lespedeza demonstrated inhibition of angiotensin-converting enzyme. Moreover, it has been observed to be non-toxic when administered at standard therapeutic dosages. Typically, it is administered as a tincture, with a recommended dosage of 2-5 ml three times daily.

Moreover, *Lespedeza* extract enhances the action of RAAS inhibitors synergistically, which is particularly relevant in patients with CKD stage 5. Even in CKD stage 10, maintaining a small dose of RAASi or using RAASi with extrarenal elimination in combination with *Lespedeza* extract shows promising results in clinical practice [4, 7].

Antioxidant activity: The phyto-complex present in the extract displayed twice as much activity against ferrous ions compared to its activity against DPPH radicals. This finding is intriguing as ferrous ions participate in the Fenton reaction, which generates hydroxyl radicals within living organisms. Hydroxyl radicals are highly reactive and known to cause damage. Additionally, other *Lespedeza* species, such as *L. bicolor*, have shown substantial antioxidant activity, with IC₅₀ values

ranging from 50 to 200 µg/mL. Interestingly, root samples exhibited superior antioxidant activity compared to aerial parts of the plant [1].

Conclusions

In conclusion, *Lespedeza* species, particularly *Lespedeza capitata*, hold significant potential in various fields, including cosmetics, the pharmaceutical and agricultural industry. With its rich phytochemical profile, including flavonoids and polyphenols like quercetin derivatives, chlorogenic acid, and rosmarinic acid, *Lespedeza* extracts show promising biological activities. These include stimulating fibroblast and keratinocyte growth, enhancing collagen synthesis, inducing lipolysis, and promoting diuresis while reducing edema and azotemia [8].

Moreover, *Lespedeza* extracts exhibit antioxidant properties, with a noteworthy preference for ferrous ion inhibition, which may contribute to mitigating oxidative stress-related damage. These findings underscore the potential of *Lespedeza* extracts in skincare formulations, anti-aging therapies, and nephroprotective strategies, particularly in the context of chronic kidney disease.

However, further research is warranted to elucidate the specific mechanisms of action, identify additional bioactive compounds, and explore the full therapeutic potential of *Lespedeza* species. Nonetheless, the existing evidence suggests that *Lespedeza* extracts hold promise as natural remedies with diverse health benefits, offering opportunities for future therapeutic development and clinical application.

Bibliography:

1. CHITIALA, R.D. et al. Chemical assessment and biologic potential of a special *Lespedeza capitata* extract. In: *The Medical-Surgical Journal*. 2023, nr. 3. ISSN 0048-7848.
2. Department of Botany Collections, *Lespedeza capitata* Michx., (*Fabaceae*), <https://collections.nmnh.si.edu/search/botany/?qn=lespedeza+capitata> (visited 09.02.2024).
3. PASTORINO, G. et al. Biological activities of the legume crops *Melilotus officinalis* and *Lespedeza capitata* for skin care and pharmaceutical applications. In: *Industrial Crops and Products*. Volume 96, 2017, pp. 158-164. ISSN 0926-6690.
4. SPRINGER, T. L. et al. Variation of condensed tannins in roundhead *lespedeza* germplasm. In: *Crop science*. 2002, 42.6: 2157-2160.
5. IVANOV, D. How to potentialize the effect of renin-angiotensin-aldosterone system inhibitors? In: *KIDNEYS*. 2022, 10(3), pp. 156-161.
6. JORGE, A.P. et al. Insulinomimetic effects of kaempferitrin on glycaemia and on ¹⁴C-glucose uptake in rat soleus muscle. In: *Chemico-Biological Interactions*. Volume 149, 2004, pp. 89-96. ISSN 0009-2797.
7. YARNELL, E. *Botanical medicines for the urinary tract*. World J Urol 20, 2002, pp. 285-293.
8. PARK, SI. et al. Analysis of the Functional Components and Various Biological Activities of Korean Medicinal Herbs. In: *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 2019; 48(12): 1345-1351.

CZU: 57.085

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p181-185

MULTIPLICAREA SPECIEI *HYDRANGEA ASPERA* PRIN CULTURA IN VITRO

THE PROPAGATION OF THE SPECIES *HYDRANGEA ASPERA* BY TISSUE CULTURE

Chițan Raisa, cercet. șt., Grădina Botanică Națională
(Institut) „Alexandru Ciubotaru”, USM

Ciorchină Nina, dr., conf. cercet., Grădina Botanică Națională
(Institut) „Alexandru Ciubotaru”, USM

Tabăra Maria, dr., Grădina Botanică Națională
(Institut) „Alexandru Ciubotaru”, USM

Chițan Raisa, scientific resear., Moldova State University,
“Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute),

ORCID: 0000-0003-2519-901X

E-mail: chitan.rodica@yahoo.com

Ciorchină Nina, PhD, associate prof., Moldova State University,
“Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute)

Tabara Maria, PhD, Moldova State University,
“Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute)

Abstract. The inoculation procedures, the method of achieving aseptic conditions for the biological material and the optimal size of the explant are described in this article. The conditions of development of *Hydrangea aspera* „Hot chocolate” in tissue culture are also described. For microcloning, growth medium MS – 100% supplemented with BAP – 0.5 mg/l was used, the pH of the growth medium was adjusted to 5.6–5.8. Optimally effective rhizogenesis occurred on growth medium MS – 50%, supplemented with IBA – 0.05 mg/l and food sugar (15 g/l).

Keywords: micropropagation, explant, growth medium, rhizogenesis.

Introducere

Biotehnologiile vegetale reprezintă una din principalele realizări ale științei și tehnicii secolului XX, cu un rol deosebit în dezvoltarea agriculturii și horticulturii moderne. Micropropagarea *in vitro* este ramura biotehnologiei vegetale care reprezintă un ansamblu de metode de înmulțire a plantelor prin utilizarea culturilor *in vitro* de celule, țesuturi și organe vegetale [5, p. 6].

Micropropagarea este metoda de înmulțire incomparabil mai eficientă decât metodele convenționale de înmulțire (butășire, diviziunea tufei, marcotaj, altoire), indiferent de sezon, deoarece se realizează în condiții controlate de lumină și temperatură, în camere de creștere climatizate. Plantele se află într-un proces de creștere și multiplicare activă indiferent de anotimp, fără să existe timpi morți în procesul de producție [4, p. 9].

Explanturile vegetale (organe, țesuturi, celule ori protoplaști) pot fi menținute în viață, după desprinderea lor din organismul matern prin inocularea și creșterea acestora pe medii aseptice (*in vitro*). Mediile de cultură au o compoziție complexă. De foarte multe ori reușita cultivării *in vitro* a explantelor vegetale depinde, în mare măsură, de realizarea acestor amestecuri nutritive care să corespundă necesităților vitale ale țesuturilor inoculate spre a compensa lipsa celor mai importanți factori endogeni de care depinde existența celulelor respective, în țesutul plantei [1, p. 44].

Mediile nutritive utilizate pentru *microclonarea* speciei ***Hydrangea aspera*** „*Hot chocolate*” au fost suplinite cu citochinina 6-benzilaminopurină (BAP).

Citochininele constituie un grup de substanțe cu efect în inducerea diviziunilor celulare. La culturile *in vitro* citochininele servesc în menținerea viabilității celulelor, susținând capacitatea de supraviețuire a țesuturilor inoculate, favorizând dediferențierea și stimulând multiplicarea celulară [1, p. 58]. O citochinină sintetică deosebit de eficientă în culturile *in vitro* este benziladenina (benzilaminopurina), abreviat BA sau BAP. Aceasta este mult utilizată în micropropagare, fiind foarte puternică și ieftină. În multe cazuri induce o proliferare abundentă a lăstarilor axilari la concentrații sub 1 mg/l. Citochininele sunt în marea lor majoritate stabile chimic, BAP și chinetina (Kin) fiind autoclavate în mediu nutritiv, nu-și pierd influența asupra țesuturilor vegetale [4, p. 60].

Pentru inducerea procesului de rizogeneză la această specie, mediile nutritive au fost suplinite cu auxina acid indolilbutiric (AIB) în concentrații reduse.

Auxinele au un rol esențial în sinteza proteică, alungirea celulelor, stimularea formării de rădăcini *in vitro*, dediferențierea celulelor și stimularea diviziunii cu formare de calus. Auxinele inhibă generarea de lăstari și creșterea lor [4, p. 60]. Regulatorii de creștere de tipul auxinelor, naturale sau de sinteză, execută un rol cert, stimulator, asupra rizogenezei [1, p. 28]. Acidul indolilbutiric (AIB) este utilizat frecvent pentru înrădăcinarea *in vitro* a lăstarilor sau fragmentelor de lăstari rezultați în faza de multiplicare [4, p. 60].

Materiale și metode

Cercetările au fost realizate în Laboratorul de embriologie și biotehnologie al Grădinii Botanice Naționale (Institut) „Alexandru Ciubotaru” a USM. Scopul cercetărilor a fost multiplicarea *in vitro* a acestei culturi și obținerea materialului săditor necontaminat, genetic omogen, de calitate înaltă, într-un timp relativ scurt. În calitate de material biologic au fost utilizate fragmente de lăstari cu mugurele apical ale soiului „Hot chocolate”.

Hydrangea aspera „*Hot chocolate*” este un soi nou în rândul hortensiilor, interesantă și fabuloasă datorită contrastului spectaculos între culoarea închisă a frunzelor (ciocolatii) și florile în nuanțe de roz-albastru, violet-metalic. Înflorește din iulie până în septembrie, atât pe ramuri mature cât și pe lăstarii tineri.

Hydrangea aspera „*Hot chocolate*” este un arbust ornamental din familia *Hydrangeaceae* Dumort, originar din pădurile dese din regiunea dintre Himalaya, din sudul Chinei, până în Taiwan. Termenul „aspera” provine din limba latină și înseamnă „cu textură aspră”, ceea ce se referă la aspectul catifelat (suprafața pufoasă) al frunzelor. Acest arbust stufos este ușor de cultivat pe majoritatea tipurilor de sol, în cazul acestei specii culoarea florilor nu este influențată de pH-ul solului. Tăierile anuale permit ca planta să atingă o înălțime de până la 120-150 cm. Pentru a menține planta tânără și sănătoasă, anual este necesar să fie tăiate 1/3 din ramurile vechi, tijele ce au înflorit în anul precedent. Această specie se dezvoltă bine pe terenuri însorite sau semiumbrite, pe sol umed. O indică și denumirea genului, ***Hydrangea*** L. (provine de la cuvântul grecesc „hydra”), solul însă

trebuie să fie bine drenat. În perioada caldă a anului această specie necesită irigare zilnică, însă surplusul de umiditate provoacă putrezirea rădăcinilor. Rezista la temperaturi de până la -29°C . Hortensia nu necesită un program intens de fertilizare, este dezirabilă utilizarea unui fertilizant natural, care nu trebuie aplicat în primele două luni după plantarea butașului. Perioada optimă pentru plantarea acestei specii este toamna.

Cercetările de multiplicare *in vitro* au fost elaborate prin procedee de sterilizare a mediilor de cultură, materialului vegetal, pregătirea și testarea mediilor de cultură și menținerea culturii de *Hydrangea aspera* „Hot chocolate” în condiții *in vitro*. Au fost determinate caracteristicile biometrice, numărul și lungimea lăstarilor proliferați și înălțimea plantulelor.

Rezultate și discuții

Pentru inocularea *Hydrangea aspera* „Hot chocolat”, explantele au fost prelevate de la plantele-donator în perioada de vegetație și creștere activă a lor. Materialul biologic a constat din fragmente de lăstari cu mugure apical. După prelevare, materialul vegetal a fost adus în laborator, unde a urmat fragmentarea lui și spălarea sub jetul de apă rece de la robinet pentru înlăturarea impurităților mecanice și a prafului. A urmat spălarea cu soluție de detergent cu ajutorul unui borcan cu capac, după care explantele au fost clătite bine și plasate în soluție de KMnO_4 (de circa 3%), în care s-au adăugat 2-3 picături de Tween, pentru 10-15 min.

La a doua etapă, materialul biologic a fost transferat în boxă, clătît de 3-4 ori cu apă distilată sterilă (autoclavată) și dezinfectat cu soluție de diacid de 0,1%. A urmat clătirea cu apă distilată sterilă (4 clătiri), apoi plasarea materialului biologic în soluție de H_2O_2 de 3% (timp de 1-2 min.) și clătirea repetată (de 4 ori) cu apă distilată sterilă. După aseptizare, materialul biologic a fost fragmentat sub laminar și inoculat în eprubete, pe mediu nutritiv agarizat.

În urma cercetărilor, a fost stabilit că cea mai benefică metodă de aseptizare pentru *Hydrangea aspera* „Hot chocolate” este cea cu diacid de 0,1%, timp de expunere de 5 minute, iar dimensiunea optimă a explantului inoculat este de 5-7 mm. În urma procesului de inoculare, după eliminarea explantelor infestate și necrotizate, am obținut vitroplantule viabile, care au fost transferate pe medii nutritive, pentru inducerea procesului de microclonare. Pentru menținerea explantelor, în cultura *in vitro* s-au creat condițiile necesare: fotoperiodismul 16 ore lumină / 8 ore obscuritate; temperatura aerului de $23-25^{\circ}\text{C}$, intensitatea luminii de 2400-2500 μmol și umiditatea aerului de 70-80%.

Pentru inițierea procesului de microclonare, au fost testate mai multe variante ale mediului nutritiv Murashige-Skoog (MS) agarizat, suplinit cu citochinina 6-benzilaminopurină (BAP) în diferite concentrații:

Nº1 MS – 100%, BAP – 2,0 mg/l, zaharoză – 30 g/l, agar – 5 g/l, pH – 5,6-5,8;

Nº2 MS – 100%, BAP – 1,0 mg/l, zaharoză – 30 g/l, agar – 5 g/l, pH – 5,6-5,8;

Nº3 MS – 100%, BAP – 0,5 mg/l, zaharoză – 30 g/l, agar – 5 g/l, pH – 5,6-5,8;

Nº4 MS – 100%, BAP – 0,5 mg/l, acid ascorbic – 2 mg/l, glutamin – 10 mg/l, zaharoză – 20 g/l, agar – 5 g/l, pH – 5,6-5,8.

A fost stabilit că toate mediile nutritive au indus procesul de microclonare la această specie și creșterea concentrației de BAP este în directă corelare cu numărul de microcloni obținuți. Însă pe mediu nutritiv suplinit cu BAP – 2,0 mg/l plantulele au format un număr mare de microcloni (20-30, unele chiar și 40), ei fiind mici și firavi pentru a fi transferați pe mediu lichid pentru inducerea sistemului radicular. În urma cercetărilor efectuate, am stabilit că mediul nutritiv suplinit cu BAP – 0,5 mg/l și cu concentrația de zaharoză de 20 g/l (**Nº4**) este favorabil pentru microclonarea plantulelor

de *Hydrangea aspera* „Hot chocolate”. Acest mediu provoacă proliferarea unui număr optim de microcloni (8-14) viabili.



Foto 1. Procesul de microclonare la *Hydrangea aspera* „Hot chocolate” (BAP – 0,5 mg/l)



Foto 2. Microclonarea la *Hydrangea aspera* „Hot chocolate” (BAP – 2,0 mg/l)

Pentru inducerea procesului de rizogeneză, vitroplantulele au fost plasate pe mediu nutritiv lichid MS – 50%, suplinat cu auxina acid indolilbutiric (AIB) în diferite concentrații. Pe mediile nutritive pentru rizogeneză, zaharoza a fost substituită cu zahăr alimentar, pentru a micșora sinecostul mediului nutritiv și, respectiv, a materialului săditor:

№1 MS – 50%, IBA – 0,05 mg/l, zahăr alimentar – 15 g/l, pH – 5,6-5,8;

№2 MS – 50%, IBA – 0,1 mg/l, zahăr alimentar – 20 g/l, pH – 5,6-5,8;

№3 MS – 100%, IBA – 0,1 mg/l, zahăr alimentar – 30 g/l, pH – 5,6-5,8.

Plantulele de *Hydrangea aspera* „Hot chocolate” au format rădăcini pe toate mediile rizogene lichide. Procesul de rizogeneză a avut loc în partea bazală a minibutașilor și a fost influențat de temperatura din camera de incubare. Apariția rădăcinuțelor poate fi remarcată deja după 2-3 săptămâni, după transferul pe mediu nutritiv rizogen. Iar după 1-2 luni, se observă o creștere considerabilă a vitroplantulei și dezvoltarea sistemului ei radicular (Foto 3).



Foto 3. Rizogeneză la *Hydrangea aspera* „Hot chocolate”

S-a constatat că procesul de rizogeneză a parcurs mai intens la plantulele plasate *pe mediu nutritiv* MS – 50%, suplinit cu AIB – 0,05 mg/l și cu un conținut mic de zahăr alimentară (15 g/l) (**Nº1**). Acest mediu nutritiv a determinat o rată de înrădăcinare de circa 90-100%. Sistemul radicular la vitroplantulele plasate pe acest mediu nutritiv a fost cel mai bine dezvoltat, ceea ce a favorizat procesul de aclimatizare a lor.

După o perioadă de dezvoltare, partea apicală a vitroplantulelor este utilizată pentru un nou ciclu de pasare, iar partea bazală (cu rădăcini) este transferată în condiții *ex vitro* pentru aclimatizare.

Cercetările efectuate demonstrează că *Hydrangea aspera* „Hot chocolate” se pretează bine pentru cultura *in vitro*, fapt care permite obținerea unor rate mari de multiplicare. Metoda este mai rentabilă și mai rapidă în comparație cu multiplicarea tradițională.

Concluzii

1. În urma cercetărilor, a fost stabilit că cea mai benefică metodă de aseptizare pentru *Hydrangea aspera* „Hot chocolate” este cea cu diacid de 0,1 %, timp de expunere de 5 minute, iar dimensiunea optimă a explantului inoculat este de 5-7 mm.

2. A fost stabilită componența *mediului nutritiv* favorabil pentru microclonarea acestei culturi (mediu de bază MS adăugat cu BAP 0,5 mg/l).

3. Rizogeneza vitroplantulelor a fost stimulată prin suplینirea *mediu nutritiv* MS – 50% cu auxina AIB în diferite concentrații. S-a constatat că *mediul nutritiv* MS – 50% suplinit cu IBA – 0,05 mg/l și zahăr alimentară (15 g/l) este cel mai rentabil și mai eficient, deoarece ponderea de înrădăcinare a fost de circa 90-100%.

4. A fost elaborată tehnologia culturii *in vitro*, descrise etapele inițierii, microclonării și rizogenezei pentru obținerea materialului săditor necontaminat, genetic omogen, de calitate înaltă, într-o perioadă relativ scurtă de timp.

Cercetările au fost realizate în cadrul proiectului: 20.80009.19 „Introducerea și elaborarea tehnologiilor de multiplicare și cultivare prin tehnici convenționale și culturi in vitro a speciilor de plante lemnoase noi”.

Bibliografie:

1. CACHIȚĂ-COSMA, Dorina. Metode *in vitro* la plantele de cultură: baze teoretice și practice. București, 1987, pp. 28, 44, 58.
2. CACHIȚĂ-COSMA, Dorina, RAKOSY-TICAN, Lenuța, DELIU, Constantin, ARDELEAN, Aurel. Tratat de biotehnologie vegetală. Vol. I. Cluj-Napoca, pp. 132-135.
3. CHIȚAN, Raisa, CIORCHINA, Nina. Biotehnologii avansate – realizări și perspective. Simpozionul Științific Internațional, ediția a VI-a, 3-4 octombrie 2022, Chișinău, Republica Moldova. Propagation of *Vaccinium macrocarpon* cultivars by conventional techniques and tissue culture. ISBN 978-9975-159-81-4.
4. CLAPA, Doina, FIRA, Alexandru. Înmulțirea plantelor prin cultura *in vitro*. Cluj-Napoca: Risoprint, 2018, pp. 9-60.
5. FIRA, Alexandru. Rez. tezei de doc. „Optimizarea tehnicilor de micropropagare *in vitro* a unor soiuri de arbuști fructiferi și ornamental”, Cluj-Napoca, 2013.

CZU: 504.03

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p186-190

DEFRIȘAREA ȘI RATA DE EPUIZARE A PĂDURILOR DIN JUDEȚUL SUCEAVA

DEFORESTATION AND RATE OF FOREST CHANGE RATE IN SUCEAVA COUNTY

Ciobotaru Ana-Maria, dr. prof.,
Colegiul Tehnic „Gheorghe Balș”, Adjud

Ciobotaru Ana-Maria, PhD, professor,
Technical College „Gheorghe Balș”, Adjud
ORCID: 0000-0002-3018-3448
E-mail: ciobotaruanamaria@yahoo.com

Rezumat. *Pădurile reprezintă un ecosistem fragil, care determină stabilitatea mediului și a relațiilor dintre resursele pădurii și comunitățile locale. În cadrul acestui articol am analizat situația suprafețelor defrișate din județul Suceava pentru perioada 2001-2016. Se evidențiază o tendință de creștere a suprafețelor defrișate și o creștere a ratei de epuizare a pădurii.*

Cuvinte-cheie: *defrișare, păduri, schimbări în utilizarea terenurilor.*

Abstract. *Forests represent a fragile ecosystem that determines the stability of the environment and the relationships between forest resources and local communities. In this article, we analyzed the situation of deforested areas in Suceava county for the period 2001-2016. A trend of increasing deforested areas and an increase in the rate of forest depletion is highlighted.*

Keywords: *deforestation, forests, land use changes.*

Introducere

E bine cunoscut faptul că planeta noastră trece printr-o perioadă cu multiple schimbări, unele dintre acestea majore, astfel încât însușirile mediului sunt afectate de fiecare perturbare a normalității ecosistemice [1].

Gândindu-ne la fragilitatea ecosistemului forestier tropical [2] sau la pădurile de mangrove [3], sau pădurile temperate ale Europei sau Siberiei [4], fiecare dintre acestea este în continuă schimbare sub anumite forme. Cauzele care au condus la modificări semnificative ale ecosistemelor forestiere sunt, în principal, legate de modificările produse de om prin întreaga gamă de activități economice întreprinse [5].

Nevoia de terenuri pentru extinderea spațiilor de locuit, pentru suprafețe agricole, de pășunat sau pentru necesarul de material lemnos pentru activitățile economice forestiere sunt câteva dintre cauzele majore ale defrișărilor la nivel global care au ca agent principal perturbator omul și activitățile antropice [6, 7]. Totodată, distrugerile pădurilor sunt coroborate și cu modificări ale componentei climatice, hidrologice sau geomorfologice [8-10].

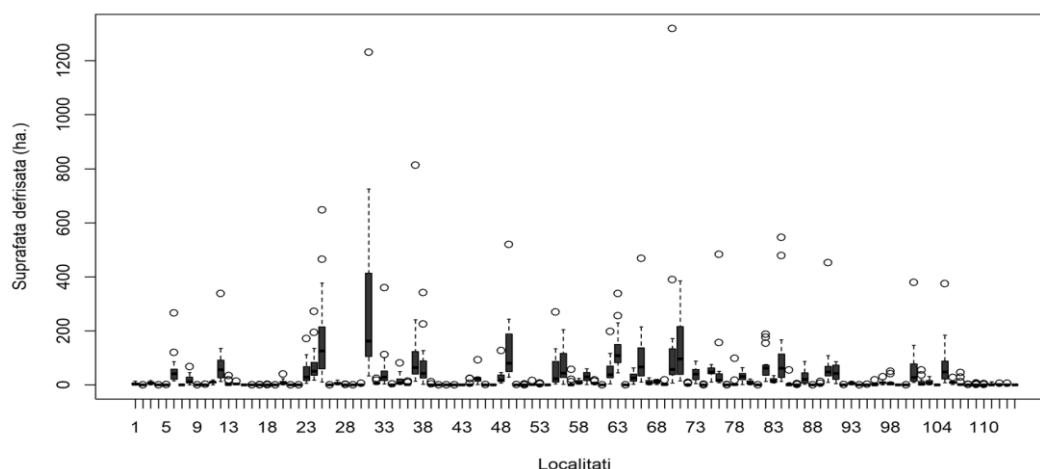
Distrugerea integrității ecosistemelor forestiere contribuie la un dezechilibru de mediu semnificativ: schimbări climatice, încălzire globală, perturbare a circuitelor naturale, poluarea aerului și degradarea terenurilor [11-13]. Aceste probleme ale mediului au devenit destul de îngrijorătoare pentru lumea actuală, mai ales că o serie de prevederi și acorduri internaționale au adus în discuție invadarea spațiului natural de către om [14].

Pădurile constituie o resursă semnificativă pentru locuitorii din zonele montane ale României. În articolul prezent, am exemplificat situația defrișării, dar și a ratei de epuizare a pădurilor din județul Suceava, în perioada 2001-2016.

Rezultate și discuții

Tendința generală a defrișărilor scoate în evidență predominanța suprafețelor defrișate mai mici de 100 ha în partea de est a județului Suceava datorită existenței unor suprafețe mici a pădurii comparativ cu partea de vest a județului.

Având în vedere distribuția defrișărilor pe localități, pentru perioada 2001-2016 (Figura 1), se remarcă faptul că predomină cele efectuate pe suprafețe mici, până în 50 ha, în municipiul Suceava, în orașul Salcea și în comunele Ipotesti, Mitocu Dragomirnei și Scheia, abia vizibile, datorită ecartului mult prea mare, impus de localitățile unde defrișările au avut o însemnătate deosebită.



Numerele de pe axa OX, în figură, reprezintă localitățile: 1-Suceava; 2-Ipotesti; 3-Mitocu Dragomirnei; 4-Salcea; 5-Scheia; 6-Câmpulung Moldovenesc; 7-Fălticeni; 8-Gura Humorului; 9-Rădăuți; 10-Siret; 11-Solca; 12-Vatra Dornei; 13-Adâncata; 14-Arbore; 15-Baia; 16-Milișăuți; 17-Bălcăuți; 18-Bilca; 19-Bogdănești; 20-Boroaia; 21-Bosanci; 22-Botoșana; 23-Breaza; 24-Brodina; 25-Broșteni; 26-Bunești; 27-Cacica; 28-Calafindești; 29-Cajvana; 30-Ilișești; 31-Cârlibaba; 32-Cornu Luncii; 33-Crucea; 34-Dărmănești; 35-Dolhasca; 36-Dolhești; 37-Dorna-Arini; 38-Dorna Cândrenilor; 39-Dornești; 40-Drăgoiești; 41-Drăgușeni; 42-Dumbrăveni; 43-Fântânele; 44-Forăști; 45-Frasin; 46-Frătăuții Noi; 47-Frătăuții Vechi; 48-Frumosu; 49-Fundu Moldovei; 50-Gălănești; 51-Grămești; 52-Grănicești; 53-Horodniceni; 54-Horodnic de Jos; 55-Iacobi; 56-Izvoarele Sucevei; 57-Liteni; 58-Marginea; 59-Mălini; 60-Mănăstirea Humorului; 61-Moara; 62-Moldova-Sulița; 63-Moldovița; 64-Mușenița; 65-Ostra; 66-Panaci; 67-Păltinoasa; 68-Pârteștii de Jos; 69-Pătrăuți; 70-Poiana Stampei; 71-Pojorâta; 72-Preutești; 73-Putna; 74-Rădășeni; 75-Râșca; 76-Sadova; 77-Satu Mare; 78-Siminicea; 79-Slatina; 80-Straja; 81-Stroiești; 82-Stulpicani; 83-Sucevița; 84-Șaru Dornei; 85-Todirești; 86-Udești; 87-Ulma; 88-Vadu Moldovei; 89-Valea Moldovei; 90-Vama; 91-Vatra Moldoviței; 92-Verești; 93-Vicovu de Jos; 94-Vicovu de Sus; 95-Volovăț; 96-Vulturești; 97-Zamostea; 98-Zvoriștea; 99-Comănești; 100-Iaslovăț; 101-Ciocănești; 102-Șerbăuți; 103-Horodnic de Sus; 104-Fântâna Mare; 105-Coșna; 106-Capu Câmpului; 107-Hănțești; 108-Burla; 109-Bălăceana; 110-Hârtop; 111-Voitinel; 112-Ciprian Porumbescu; 113-Berchisești; 114-Poieni-Solca.

Sursa datelor: prelucrare după Hansen et al., 2013

Fig. 1. Distribuția defrișărilor pe comune în perioada 2001-2016 în județul Suceava

Urmează apoi o serie de localități unde defrișările au avut o amploare moderată (între 50-200 ha), unde pot fi amintite localitățile din aria depresionară Câmpulung – Gura Humorului (municipiile Câmpulung Moldovenesc, Vatra Dornei, Gura Humorului etc.). Cu cele mai mari distribuții, putem aminti Cârlibaba, Pojorâta și Fundu Moldovei, unde acestea depășesc 200 ha. Faptul că valorile medianelor se situează aproape de prima quartilă (Q1, cea de 25%) ne arată că pe întreaga perioadă predomină defrișările efectuate pe suprafețe mici. Acest lucru este întărit și de prezența *outliers* (valori extreme), identificate prin cerulețele negre, în cadrul figurii, care nu arată altceva decât anumite valori excepționale ale tăierilor de pădure, ceea ce semnalează că în anumiți ani, cum ar fi în cazul Pojorâta (1.319,2 ha) și Cârlibaba (1.231 ha), defrișările au fost efectuate pe suprafețe mari. Doar acolo unde poziția medianei este mai aproape de quartila a treia se arată o predominare a defrișărilor pe suprafețe extinse, dar acestea sunt cazuri izolate (comuna Ulma).

După rata de epuizare a pădurii la nivel de localitate pentru perioada 2001-2016 (Figura 2), putem preciza faptul că localitățile din județul Suceava au fost împărțite în trei intervale (rapidă, medie și lentă) de epuizare a suprafețelor de pădure. Așadar, cele situate în vestul județului, dar și câteva din partea de est, care au înregistrat rate de defrișare consistente, sunt cele mai amenințate de terminarea resurselor de pădure, având astfel o rată de epuizare rapidă. Se pot include în acest interval localități precum Siminicea, Fundu Moldovei, Sadova, Hănțești, Iacobeni, Dorna-Arini, Panaci, Pojorâta, Cârlibaba, Vatra Dornei, Breaza, Șerbăuți, Dornești, Poiana Stampei. Acestea, dacă vor menține ritmul actual al defrișărilor și cel al împăduririlor, vor ajunge să-și epuizeze complet resursele forestiere în mai puțin de un secol.

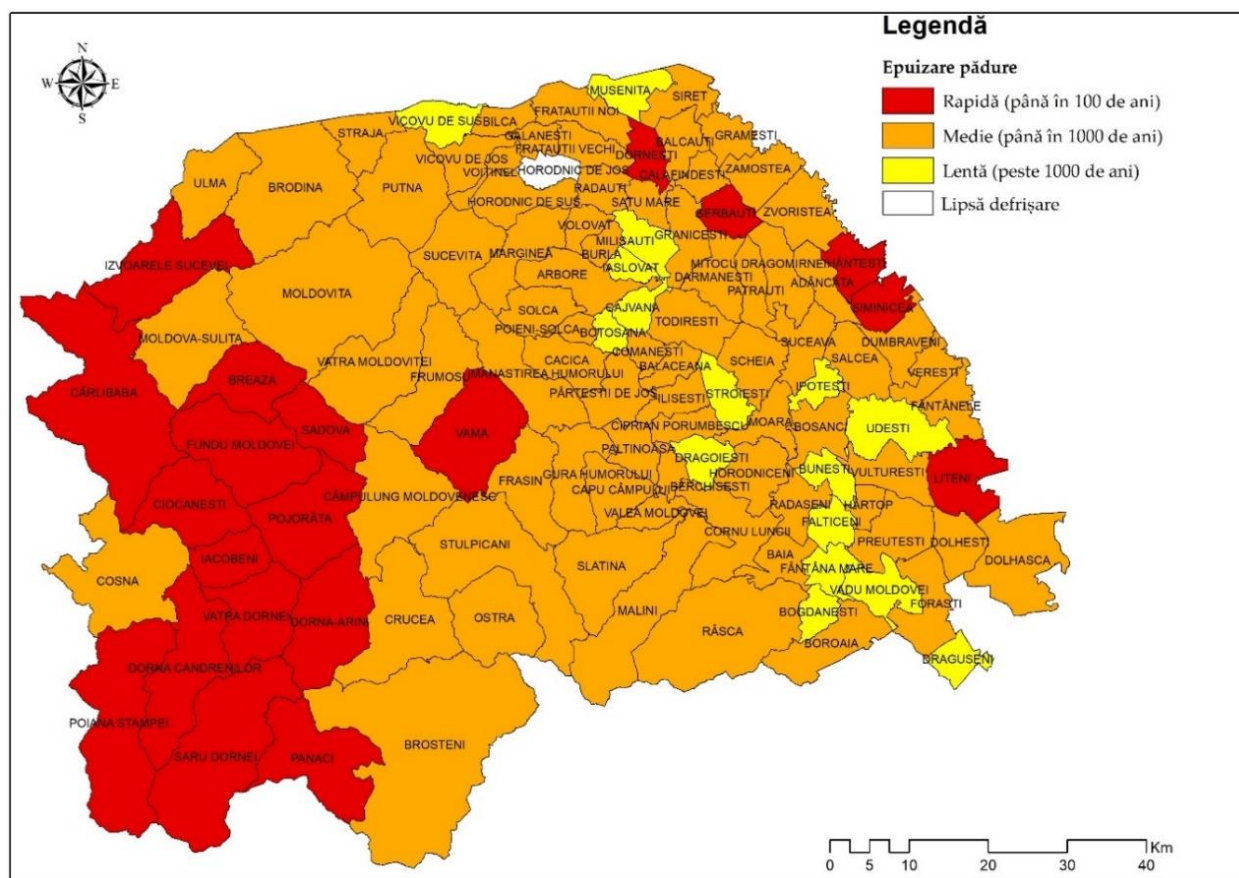


Fig. 2. Repartiția spațială a ratei de epuizare a pădurilor în județul Suceava, 2001-2016

Sursa datelor: prelucrare după Hansen et al., 2013

Cele mai amenințate, din acest punct de vedere, sunt comunele Siminicea și Fundu Moldovei, care și le vor epuiza în mai puțin de 50 de ani (32 de ani fiecare). Destul de vulnerabile în ceea ce privește epuizarea resurselor forestiere sunt și comunele din zona obcinelor și cea de podiș, estimând că pădurea prezintă o rată de epuizare de până într-un mileniu, cu o rată de epuizare medie. Există și UAT în care rata de epuizare este lentă, de peste 1000 de ani, ca în cazul municipiului Fălticeni (1.069,9 ani) și a comunelor Drăgușeni (1.143,7 ani), Udești (1.185,2 ani), Mușenița (1.294,6 ani), Vicovu de Sus (1.434,6 ani), Fântâna Mare (1.518,1 ani), Ipotești (1.732,5 ani), Milișăuți (2.662,5 ani), Bogdănești (3.423,7 ani), Bunești (3.817,9 ani), Iaslovăț (4.180,9 ani), Vadu Moldovei (4.647,7 ani). Se întâlnesc și situații excepționale în câteva comune, de exemplu: Stroești (9.190,9 ani), Cajvana (13.741,2 ani), Drăgoiești (17.022,6 ani) și Botoșana (32.136,6 ani). De asemenea, trebuie amintit faptul că există și comuna Horodnic de Sus, în care rata defrișărilor este zero, motiv pentru care pădurile au rămas intacte și deci nu vor fi afectate, absolut deloc, de epuizarea resurselor forestiere, dacă nu vor fi efectuate în viitor defrișări.

Concluzii

În județul Suceava, cele mai semnificative rate ale defrișării se întâlnesc în comunele Cârlibaba și Pojorâta. Acestea sunt situate în plină zonă a pădurilor de conifere din Carpații Orientali. Pe de altă parte, rata de epuizare a pădurii relevă faptul că există tendințe de epuizare rapidă (până în 100 de ani) în comunele care se suprapun peste zona carpatică, dar predomină rate medii de epuizare, chiar și pentru zona joasă, deluroasă.

Bibliografie:

1. AYRES, M.P., LOMBARDEO, M.J. Assessing the Consequences of Global Change for Forest Disturbance from Herbivores and Pathogens. In: *Science of The Total Environment*. 2000, 262, 263-286. DOI:10.1016/S0048-9697(00)00528-3.
2. LAMBIN, E.F. Monitoring Forest Degradation in Tropical Regions by Remote Sensing: Some Methodological Issues. In: *Global Ecology and Biogeography*. 1999, 8, 191-198. DOI: 10.1046/j.1365-2699.1999.00123.x.
3. DE FARIA, M., FERREIRA, P., MELO, J., VASCONCELOS, M. A Social Assessment of Forest Degradation in the "Cacheu Mangroves Natural Park", Guinea-Bissau. In: *Forests*. 2014, 5, 3327-3343. DOI: 10.3390/f5123327.
4. HELM, N., ESSL, F., MIRTL, M., DIRNBÖCK, T. Multiple Environmental Changes Drive Forest Floor Vegetation in a Temperate Mountain Forest. In: *Ecology and Evolution*. 2017, 7, 2155-2168. DOI: 10.1002/ece3.2801.
5. ZHANG, Y., SUN, J., SONG, X., LU, Y. Revealing the Main Factors Affecting Global Forest Change at Distinct Altitude Gradients. In: *Ecological Indicators* 2023. 148, 110131. DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.110131.
6. USTAOGU, E., JACOBS-CRISIONI, C. What Drives Residential Land Expansion and Densification? An Analysis of Growing and Shrinking Regions. *Land* 2022, 11, 1679. DOI: 10.3390/land11101679.
7. RIEDL, M., JARSKÝ, V., ZAHRAĐNÍK, D., PALÁTOVÁ, P., DUDÍK, R., MEŇHÁZOVÁ, J., ŠIŠÁK, L. Analysis of Significant Factors Influencing the Amount of Collected Forest Berries in the Czech Republic. In: *Forests* 2020. 11, 1114. DOI: 10.3390/f11101114.
8. WOODWELL, G.M. Forests in a Warming World: A Time for New Policies. *Climatic Change* 1991, 19, 245-251. DOI: 10.1007/BF00142233.
9. FLORESCU, G., HUTCHINSON, S.M., KERN, Z., MÎNDRESCU, M., CRISTEA, I.A., MIHĂILĂ, D., ŁOKAS, E., FEURDEAN, A. Last 1000 Years of Environmental History in Southern Bucovina, Romania:

- A High Resolution Multi-Proxy Lacustrine Archive. In: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2017, 473, 26-40. DOI: 10.1016/j.palaeo.2017.01.047.
10. PHILLIPS, C., MARDEN, M., BASHER, L.R. Geomorphology and Forest Management in New Zealand's Erodible Steeplands: An Overview. In: *Geomorphology*. 2018, 307, 107-121. DOI: 10.1016/j.geomorph.2017.07.031.
11. LUO, Y., CHEN, H.Y.H. Observations from Old Forests Underestimate Climate Change Effects on Tree Mortality. *Nat Commun* 2013, 4, 1655. DOI: 10.1038/ncomms2681.
12. BARBIER, E.B., BURGESS, J.C. The Economics of Tropical Deforestation. In: *Journal of Economic Surveys*. 2001, 15, 413-433. DOI: 10.1111/1467-6419.00144.
13. DATTA, R.K., AHAMMED, Md.M.U., HAQ, A.H.M.Z., Hossain, Md.S. Impact of Environmental Cost on the Production Cost of Crops: Farmers' Perspective. In: *IJSAMI* 2024, 10, 48-73. DOI: 10.1504/IJSAMI.2024.135411.
14. SCHERR, S.J., WHITE, A., Kaimowitz, D. Making Markets Work for Forest Communities. In: *International Forestry Review*. 2003, 5, 67-73. DOI: 10.1505/IFOR.5.1.67.17423.

CZU: 633.8:58

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p191-196

**SPECII MEDICINALE DE *HELICHRYSUM* MILL. ÎN COLECȚIILE GRĂDINII
BOTANICE NAȚIONALE (INSTITUT) „AL. CIUBOTARU”**

**MEDICINAL *HELICHRYSUM* MILL. SPECIES IN THE COLLECTIONS OF THE
NATIONAL BOTANICAL GARDEN (INSTITUTE) „AL. CIUBOTARU”**

Ciocârlan Nina, dr. conf., cercet.,
USM, Grădina Botanică Națională (Institut) „Al. Ciubotaru”

Ciocârlan Nina, PhD, Assoc. prof. MSU,
"A. Ciubotaru" National Botanical Garden (Institute)

ORCID: 0000-0002-9477-5848

E-mail: nina.ciocarlan@yahoo.com

Abstract. The study refers to 3 species of the genus *Helichrysum* Mill. (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench. and *Helichrysum luteoalbum* (L.) Rchb. a rare species in the spontaneous flora, and an allochthonous species *Helichrysum italicum* (Roth.) G. Don.) maintained in the collections of National Botanical Garden (Institute). Due to a wide spectrum of pharmacological properties, species of *Helichrysum* Mill. are important sources of raw material with therapeutic and melliferous importance and presents important study objects for further introduction research and breeding activities in order to enrich the cultivated flora with valuable plants, promising for the economic sector. The investigated species are characterized by the full realization of the annual development cycle, are quite stable under ex situ conditions, grow and develop successfully, fact that indicates their wide ecological plasticity, high adaptive potential and the prospects for cultivation on large scale.

Keywords: Asteraceae, *Helichrysum*, medicinal properties, biological peculiarities.

Introducere

Genul *Helichrysum* Mill. (familia Asteraceae) include peste 600 de specii distribuite preponderent în regiunile continentului african, Madagascar și Eurasia. Speciile genului *Helichrysum* au fost folosite, în mod tradițional, peste tot în lume, în scopuri medicinale, alimentare, cosmetice și ornamentale [3]. Aceste plante au fost utilizate în medicina populară pentru tratamentul diferitelor infecții, răni, probleme digestive, diabet și răceli [1]. Numeroase studii au raportat potențiale aplicații farmacologice ale speciilor de *Helichrysum* datorită activității lor antioxidante, antimicrobiene, antiinflamatorii, anti-HIV, antibiotice, anticancerigene și antivirale [9].

Material și metode

Obiecte de studiu au servit trei specii din genul *Helichrysum* Mill. (*H. arenarium* (L.) Moench, *H. italicum* (Roth.) G. Don și *H. luteoalbum* (L.) Rchb.), importante din punct de vedere terapeutic. Specia *H. arenarium* provine din flora spontană. Speciile *H. italicum* și *H. luteoalbum* au fost obținute prin schimbul internațional de semințe (*Index Seminum*) de la Grădina Botanică Grugapark (Essen, Germania) în 2007; *H. luteoalbum* – Grădina Botanică „Vasile Fati” din Jibou, România, în anul 2022. Loturile experimentale au fost proiectate în sectorul experimental al Colecției de Plante Medicinale (Laboratorul resurse vegetale) al Grădinii Botanice Naționale (Institut) „Al. Ciubotaru”

(GBNI). Studiul particularităților biologice și evidențierea mecanismelor de adaptare ale plantelor în condiții *ex situ* s-au realizat conform metodologiei general acceptate în domeniu [14].

Rezultate și discuții

Siminoc arenicol (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench). Plantă erbacee, perenă, cu rădăcină pivotantă, multicapitată. Tulpini erecte sau ascendente, de regulă neramificate, lanat-pubescente. Frunze alterne, simple, lanceolat-liniare, cu marginea întreagă. Florile de culoare galben-aurie formează un panicul compus, corimbiform (Figura 1a). Fruct – achenă mică, monospermă. Specie răspândită în zonele de stepă și de păduri xerice ale Eurasiei (Figura 1b). În flora Republicii Moldova este întâlnită sporadic pe pante stepizate, însorite, coline calcaroase [6].



Fig. 1. *Helichrysum arenarium*: **a** – faza înflorire deplină (iunie),
b – distribuire geografică, preluat din: <https://powo.science.kew.org/>

În scopuri terapeutice se utilizează florile (*Flores Helichrysi flos*). Produsul vegetal conține ulei volatil, flavonoide, terpene, cumarine, sterioide. Planta are efect coleretic, hepatoprotector, diuretic, antimicrobian, antioxidant, cicatrizant, stomahic, antihelmintic, stimulează secreția gastrică și pancreatică [10, 11, 15]. Se utilizează în colecistită cronică, dischinezie biliară, pancreatită, dispepsii bilio-gastrice, afecțiuni hepatice, meteorism abdominal, reumatism, afecțiuni renale, cistite. Extern este folosită la vindecarea arsurilor, cicatricelor, acneei, dermatitelor, vergeturilor și furunculelor.

Extractul din plantă este folosit în industria alimentară pentru aromatizarea băuturilor alcoolice și nealcoolice, produselor de patiserie. În industria de cosmetice servește ca ingredient în producerea săpunului, loțiunilor pentru corp. Uleiul volatil se utilizează în producerea preparatelor cosmetice cu efect de creștere a microcirculației cutanate, reducând procesul de îmbătrânire a pielii. Este plantă cu aspect decorativ deosebit, se recomandă în amenajarea spațiilor verzi.

Este specie rară în flora locală, ocrotită prin lege. Colectarea excesivă a inflorescențelor de către populație a condus, în ultimii ani, la reducerea resurselor naturale ale acestei specii. De această cauză, apare necesitatea extinderii în cultură, atât pentru satisfacerea cerințelor în materie primă, cât și pentru păstrarea populațiilor naturale rămase.

În cultură, planta preferă soluri ușoare, nisipoase, pe substrat pietros, în locuri însorite. Se înmulțește prin semințe și vegetativ. În decursul primei perioade de vegetație, plantele realizează consecutiv etapele de vârstă pregenerativă. Începând cu al 2-lea an de viață, plantele corespund etapei de vârstă generativă mijlocie. Începutul vegetației se notează în luna martie, când începe apariția în

masă a frunzelor în toate rozetele. În decursul lunii mai, din centrul rozetelor mai viguroase se dezvoltă lăstari generativi, iar lăstarii cu creștere mai lentă, mai slab dezvoltăți, rămân vegetativi încă o perioadă de 2-3 ani. Butonizarea se observă în ultima decadă a lunii iunie, fiecare lăstar generativ dezvoltă inflorescențe compuse corimbiforme, în cadrul cărora se găsesc calatidiile. Durata de înflorire a unui calatidiu este de 4-8 zile, iar a unui lăstar generativ – până la 25-30 de zile. Pentru obținerea materiei prime de bună calitate, se recomandă recoltarea inflorescențelor la începutul înfloririi. Acest lucru asigură dezvoltarea lăstarilor laterali și mărește perioada de înflorire până în lunile de toamnă. Pentru obținerea semințelor de calitate superioară, se recomandă recoltarea lor pe măsura maturizării, de preferință de pe lăstarii principali care formează numeroase inflorescențe. Pentru înființarea culturilor de siminoc, cea mai bună metodă este prin răsad.

Siminoc galben-alb (*Helichrysum luteoalbum* (L.) Rchb., = *Gnaphalium luteoalbum* Roth = *Pseudognaphalium luteoalbum* (L.) Hilliard & B.L. Burt). Plantă erbacee, anuală, cu rădăcină, subțire, fusiformă. Tulpină solitară sau câteva, simplă sau ramificată, alb-vilos-păroasă, înaltă de 10-35 (40) cm, rareori tulpini multiple, ascendente. Frunze inferioare alungit-spatulate sau obovate, obtuze, cele mijlocii și superioare alungite până la liniare, semiamplexicaule, subacute. Antodii adunate în inflorescențe corimbos-capitate, situate la vârful tulpinilor și ramurilor. Flori marginale numeroase, albicioase; cele ale discului, bisexuate, 5-10 la număr, cu corola spre vârf roșiatică. Fruct – achenă elipsoidă, neevident costată, brună, de 0,5-0,75 mm lungime, albicios punctată, cu peri papiloși. Specie răspândită pe toate continentele, cu excepția Antarcticii (Figura 2b).

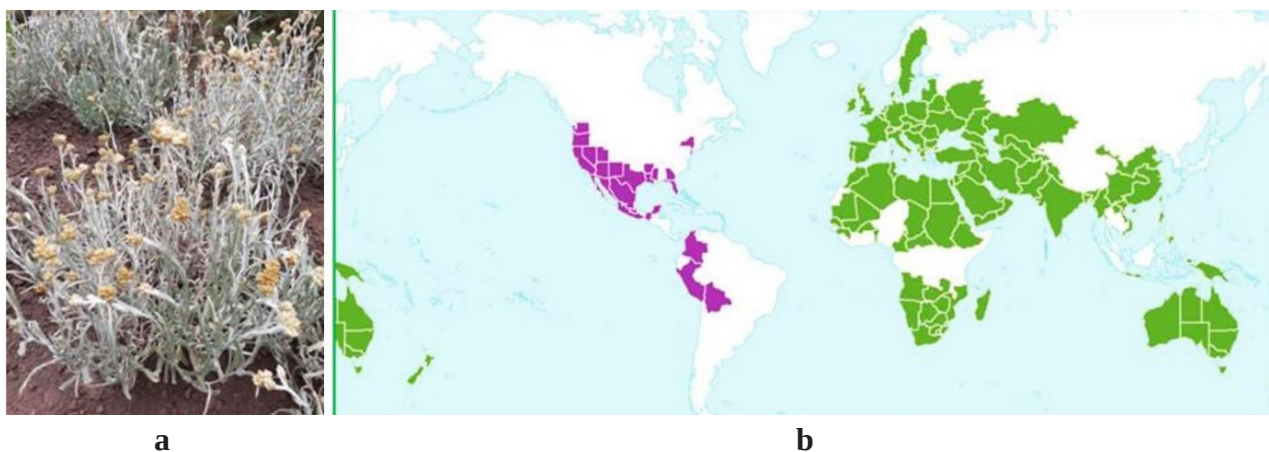


Fig. 2. *Helichrysum luteoalbum*: **a** – lot experimental, faza înflorire deplină (iunie),
b – distribuie geografică, preluat din: <https://powo.science.kew.org/>

Crește spontan pe pajiști și margini de păduri. În flora locală este specie rară, întâlnită în sudul Basarabiei [6].

În scop terapeutic se utilizează frunzele. Produsul vegetal conține glicozide, rezine, ulei volatil, luteolină, taninuri, flavonoide, fitosterenine, alcaloizi, carbohidrați, fenoli, saponine, rășini terpenoide [5]. Produsul vegetal posedă efect diuretic, hemostatic, astringent, stomahic, antipiretic, colagog, tonic, antibacterian, antimicotic, antioxidant [2, 8, 10]. Se utilizează în tumori, cancer mamar, fracturi, eczeme [8]. În unele țări, planta a fost utilizată în medicina tradițională în tratamentul tusei și pentru ameliorarea durerilor [13]. În Pakistan, infuzia din părțile aeriene se folosea ca antidiareic și emenagog. În Bangladesh, planta se aplica sub formă de cataplasme pentru vindecarea oaselor fracturate și ca tonic pentru tratamentul tumorilor, gutei, dermatitelor. În Irak, a fost folosită,

tradițional, ca astringent și pentru tratamentul gutei. În Belgia, a fost folosită pentru tratamentul cancerului de sân. [2]. În Vietnam, planta este utilizată ca ingredient alimentar, bunăoară în prăjitura de orez *banh khuc*.

În condiții de cultură plantele necesită terenuri expuse la soare, cu soluri ușoare, nisipoase, bine drenate. Se înmulțesc prin răsad sau prin semănatul direct în câmp. În condiții climatice satisfăcătoare, plantele se dezvoltă bine, înfloresc abundent, atingând faza de maturizare deplină a semințelor (Figura 2a). Lucrările de întreținere sunt cele caracteristice culturilor anuale.

Siminoc italian (*Helichrysum italicum* (Roth.) G. Don). Plantă erbacee, perenă, cu rădăcină fusiformă, subțire, brun-maronie, înaltă de 40-50 cm. Tulpină rigidă, la bază lignificată. Frunze liniare, acoperite de perișori de culoare gri-vernil, cu lungimea de până la 5 cm. Flori mici, tubulare, de culoare galbenă unite în capitule globuloase. Fruct – achenă globuloasă. Arealul de răspândire cuprinde partea centrală și de est a regiunii mediteraneene (Figura 3c). Înfloreste în perioada iunie-august.

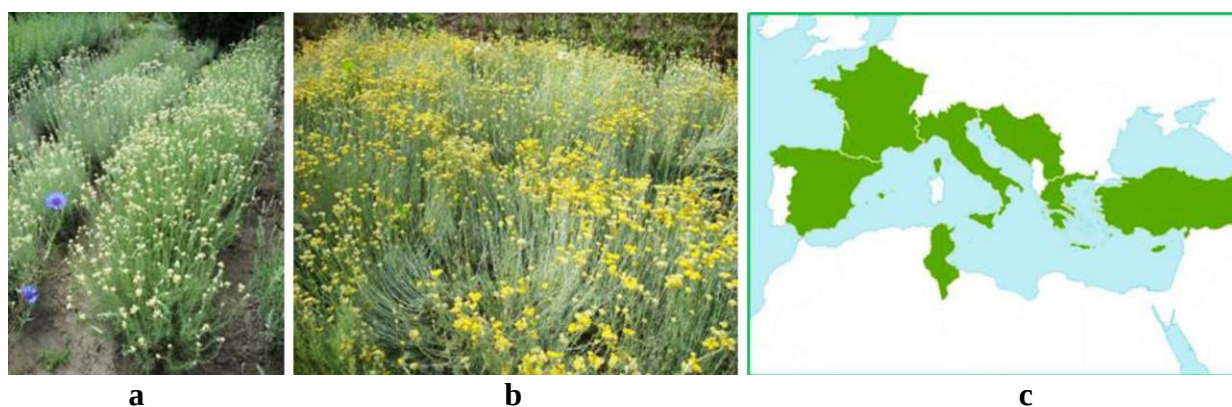


Fig. 3. *Helichrysum italicum*: **a** – lot experimental, **b** – faza înflorire deplină, **c** – distribuie geografică, preluat din: <https://powo.science.kew.org/>)

În scopuri medicinale se utilizează florile și frunzele. Produsul vegetal conține ulei volatil (componenți de bază: acetat de neril, sesquiterpene (cucurmen și cariofilenă), α -pinenă, diverși fenoli, limonen, izoamil angelat, α -selinenă, β -selinenă, italicen, neril propionat, cetone, compuși fenolici, flavonoide. Planta posedă efect antiinflamator, antidepresant, antiseptic, hepatoprotector, hepatic, cicatrizant, tonic, astringent și calmant; experimental: antioxidant, antiinflamator, anticancerigen, antiviral, antimicrobian, insecticid, antiparazitar [7, 9, 12]. Se utilizează în depresii, nevralgii, surmenaj, stări stresante, afecțiuni hepatice și biliare, edeme. Este un bun remediu în tratamentul afecțiunilor reumatice, tusei uscate, tusei convulsive și eliminarea secrețiilor vâscoase de la nivelul aparatului respirator. Extern – în tratamentul bolilor de piele (răni, acnee, eczeme, cicatrice, arsuri, hemoragii subcutanate, lovături). Uleiul volatil se utilizează ca ingredient în diverse preparate cosmetice (săpun, loțiune pentru corp, ulei pentru masaj și băi, parfum, lapte demachiant, cremă pentru mâini). Extractul din plantă este folosit în industria alimentară ca și condiment și în calitate de aromatizant pentru băuturile răcoritoare, produselor de patiserie, gelatinei [10].

Plantele cultivate pe teren experimental se caracterizează prin ritmuri stabile de creștere și dezvoltare cu formarea semințelor viabile. Deci, condițiile de climă și sol din țara noastră sunt favorabile pentru creșterea, dezvoltarea și obținerea materiei prime de *H. italicum*. Faza de butonizare se înregistrează la începutul lunii iunie. Faza de înflorire începe în ultima decadă a lunii iunie și durează 40-50 de zile. Florile încep să se deschidă de la periferia inflorescenței spre centru. Durata

de înflorire a unei flori este de 6-8 zile, iar a înflorescenței – 8-12 zile. Maturizarea în masă a semințelor are loc spre sfârșitul lunii august. Durata perioadei de vegetație este cuprinsă între 180-210 zile, în funcție de condițiile meteorologice și metoda de înmulțire. Pentru specia *H. italicum* este caracteristică înmulțirea prin semințe și vegetativ. În condiții experimentale s-a realizat înmulțirea vegetativă prin butași semilignificați. Perioada optimă de butășire este luna octombrie-noiembrie. Butașii se execută din lăstarii anuali semilignificați de la plantele din anul doi de vegetație. Butașii cu lungimea de 5-7 cm se plantează în sere, într-un substrat format din amestec de cernoziom, nisip și turbă în raport de 1:1:1. Deasupra se aplică un strat de nisip de 1-1,5 cm și se udă cu atenție pentru a nu deplasa butașii. În rădăcinarea primilor butași s-a înregistrat după 28 de zile. Coeficientul de înrădăcinare a fost de 88-90% [4]. Primăvara butașii înrădăcinați se plantează în teren deschis. Întreținerea culturii de *H. italicum* începe în primul an de vegetație și prevede combaterea sistematică a buruienilor și menținerea solului în stare afânată. Începând cu anul doi de vegetație, se înlătură resturile uscate din anul precedent și se aplică la necesitate prașile manuale între rânduri. În condiții satisfăcătoare de temperatură și umiditate, plantele se dezvoltă bine, ating dimensiuni de 60-70 cm în înălțime (Figura 3a, 3b), asigurând astfel producții mari de materie primă.

Concluzii

Datorită unui spectru larg de proprietăți farmacologice, speciile de *Helichrysum* (*H. arenarium*, *H. italicum* și *H. luteoalbum*) introduse și menținute în colecțiile GBNI sunt surse importante de materii prime cu importanță terapeutică, meliferă și ornamentală. Speciile investigate se caracterizează prin realizarea completă a ciclului anual de dezvoltare, sunt stabile în cultură, cresc și se dezvoltă cu succes în condițiile pedoclimatice locale. Acest lucru indică un potențial de adaptare ridicat, reprezentând importante obiecte de studiu pentru cercetări ulterioare de introducere și ameliorare în scopul îmbogățirii florei cultivate cu plante valoroase, de perspectivă, pentru sectorul economic. Cercetarea și introducerea în cultură a speciei *H. italicum* va contribui, de asemenea, la completarea sursei de materie primă de *H. arenarium*, plantă indigenă cu calități terapeutice similare, dar care este rară, iar colectarea ei din flora spontană este interzisă.

Bibliografie:

1. AKABERI, M., SAHEBKAR, A., AZIZI, N., EMAMI, S.A. Everlasting flowers: Phytochemistry and pharmacology of the genus *Helichrysum*. In: *Industrial Crops and Products*. 2019, 138:111471. ISSN 0926-6690. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111471>.
2. AL-SNAFI, A.E. The Medical Benefit of *Gnaphalium luteoalbum*-A Review. In: *IOSR Journal of Pharmacy*. 2019, 9(5), pp. 40-44. ISSN 2319-4219.
3. ANTUNES VIEGAS, D., PALMEIRA-DE-OLIVEIRA, A., SALGUEIRO, L., MARTINEZ-DE-OLIVEIRA, J., PALMEIRA-DE-OLIVEIRA, R. *Helichrysum italicum*: from traditional use to scientific data. In: *Journal of Ethnopharmacology*. 2014, 151(1), pp. 54-65. PMID 24239849. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.005>.
4. CIOCARLAN, N. Biological peculiarities of *Helichrysum italicum* (Roth.) G. Don in the National Botanical Garden (Institute), Republic of Moldova. In: *Мат. VIII Межд. научно-практ. Конф. „Лекарственное растениеводство: от опыта прошлого к современным технологиям”*, 2020, Украина, pp. 119-121. ISBN 978-617-7669-83-7. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4054586>.
5. DEMIRCI, B., BASER, K.H.C., DUMAN, H. The essential oil composition of *Gnaphalium luteo-album*. *Chem Nat Compd*, 2009, pp. 446-447. <https://doi.org/10.1007/s10600-009-9310-5>.
6. *Flora Basarabiei: (Plantele superioare spontane)*. Sub redacția lui Andrei Negru. Chișinău: Universul, 2022, vol. V, pp. 214-218. ISBN 978-9975-47-057-5.

7. FURLAN, V., BREN, U. *Helichrysum italicum*: From Extraction, Distillation and Encapsulation Techniques to Beneficial Health Effects. In: *Foods*. 2023, 12(4), p. 802. <https://doi.org/10.3390/foods12040802>.
8. *Helichrysum luteoalbum* [online] [accesat 01.02.2024]. Disponibil: <https://herbpathy.com/Uses-and-Benefits-of-Jersey-Cudweed-Cid6101>.
9. JUDZENTIENE, A., BUDIENE, J., NEDVECKYTE, I., GARJONYTE, R. Antioxidant and Toxic Activity of *Helichrysum arenarium* (L.) Moench and *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don Essential Oils and Extracts. In: *Molecules*. 2022, 27(4):1311. <https://doi.org/10.3390/molecules27041311>.
10. *Plants For A Future Database* [online] [accesat 08.02.2024]. Disponibil: <https://pfaf.org/user/plantsearch.aspx>.
11. PLJEVLJAKUŠIĆ, D., BIGOVIĆ, D., JANKOVIĆ, T., JELAČIĆ, S., ŠAVIKIN, K. Sandy everlasting (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench): Botanical, chemical and biological properties. In: *Front. Plant Sci.* 2018, 9, p. 1123. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01123>.
12. SALA, A., RECIO, M.C., GINER, R.M., MÁÑEZ, S., TOURNIER H., SCHINELLA, G., RÍOS, J-L. Anti-inflammatory and antioxidant properties of *Helichrysum italicum*. In: *J. Pharmacol*, 2002, 54(3), p. 365-371. <https://doi.org/10.1211/0022357021778600>.
13. TANAKA, Y., VAN KE, N. *Edible Wild Plants of Vietnam: The Bountiful Garden*. Thailand: Orchid Press, 2007, p. 47.
14. МАЙСУРАДЗЕ, Н.И., ЧЕРКАСОВ, О.А., ТИХОНОВА, В.Л. *Методика исследований при интродукции лекарственных растений*. ЦБНТИ. Сер. Лекарств. раст. 1984, nr. 3. 33 с.
15. *Энциклопедия лекарственных растений* [online] [accesat 08.02.2024]. Disponibil: <https://lektrava.ru/>.

CZU: 581.5

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p197-200

**DIVERSITATEA HIMENOPTERELOR (HYMENOPTERA L.) PE PLANTELE DE
PHACELIA TANACETIFOLIA BENTH. DIN COLECȚIA GRĂDINII BOTANICE
NAȚIONALE (INSTITUT) „ALEXANDRU CIUBOTARU”**

**THE DIVERSITY OF HYMENOPTERA SPECIES (HYMENOPTERA L.) ON THE
PHACELIA TANACETIFOLIA BENTH. PLANTS IN THE „ALEXANDRU CIUBOTARU”
NATIONAL BOTANICAL GARDEN (INSTITUTE)**

Cîrlig Natalia, dr., USM,
Grădina Botanică Națională (Institut) „Al. Ciubotaru”

Țîței Victor, dr., USM,
Grădina Botanică Națională (Institut) „Al. Ciubotaru”

Guțu Ana, USM,
Grădina Botanică Națională (Institut) „Al. Ciubotaru”

Cîrlig Natalia, Ph.D., Moldova State University,
“Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute)

ORCID: 0000-0001-7712-865X

E-mail: nataliacirlig86@gmail.com

Țîței Victor, Ph.D., Moldova State University,
“Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute)

ORCID: 0000-0002-1961-1536

Guțu Ana, Moldova State University,
“Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute)

ORCID: 0000-0001-8965-2416

Rezumat. *Lucrarea reprezintă diversitatea himenopterelor (Hymenoptera L.) identificate pe plantele de Phacelia tanacetifolia Benth., soiul „Melifera”, plante din cadrul Grădinii Botanice Naționale (Institut) „Alexandru Ciubotaru”. Au fost identificate 8 specii de insecte (Apis mellifera, Bombus terrestris, B. lapidarius, B. hortorum, Megachile sp., Lasioglossum malachurus, Xylocopa violacea, Megascolia maculata) din ordinul Hymenoptera L., încadrate în 5 familii (Apidae, Megachilidae, Halictidae, Anthophoridae, Scoliididae) și 6 genuri. Se atestă prezența în număr mare a speciei Apis mellifera, ce confirmă potențialul melifer al faceliei.*

Cuvinte-cheie: *Hymenoptera L. Phacelia tanacetifolia Benth., entomofaună, diversitate.*

Abstract. *The article presents the diversity of Hymenoptera species (Hymenoptera L.) identified on the Phacelia tanacetifolia Benth. cv. 'Melifera' plants, grown in the collection of “Alexandru Ciubotaru” National Botanical Garden (Institute). Eight insect species of the order Hymenoptera L. have been identified (Apis mellifera, Bombus terrestris, B. lapidarius, B. hortorum, Megachile sp., Lasioglossum malachurus, Xylocopa violacea, Megascolia maculata), included in 5 families (Apidae, Megachilidae, Halictidae, Anthophoridae, Scoliididae) and 6 genera. The presence of Apis mellifera specimens in large numbers has been recorded, which attests the potential of phacelia as honey plant.*

Keywords: *Hymenoptera L. Phacelia tanacetifolia Benth., entomofauna, diversity.*

Introduction

The role of insects is vital in biocenoses. The identification of entomofaunal diversity is one of the main objectives with respect to the exploitation of honey plant resources. There is a close connection between insects and the plant world, thus insects regardless of their development stage

(adult, young insects) feed exclusively on plant products: nectar and manna as energy sources and pollen as a protein and mineral source [7]. *Phacelia tanacetifolia* is known as a high-potential honey plant but also as a fodder and siderate (companion) crop, used to boost the regeneration processes of degraded soils. In Europe, it is used as an effective method against harmful insects [10]. *Phacelia* is included in the top twenty species of major significance as honey plants worldwide, but mostly in countries with well-developed beekeeping industry [5]. The amount of nectar produced from one flower can range from 1.0-4.5 mg, with an average sugar concentration of 28% [9]. During 24 hours, in the nectar of a flower, 0.25-0.5 (2-5) mg of sugar is formed [13].

The order Hymenoptera L. is a very large one, with numerous species of recognized insects, such as bees, bumblebees, wasps, ants etc., the most well-organized and diverse species. Adult Hymenoptera are phytophagous (feeding on flower nectar and fruit juice), fewer species use food of animal origin. The role of hymenoptera in nature is huge, being the main pollinators of plants, but also regulating the number of insect species that are harmful to agricultural crops [4]. For thousands of years, humans, by domesticating the honey bee, have obtained blooming fields, abundant fruit and vegetable yields, honey and a variety of bee products. *Apis mellifera* L. is one of the 20,000 known bee species, being the most common pollinator and classic honey making insect [8]. The exploitation of high potential resources of honey plants is of particular importance for the plant and animal world and the development of beekeeping. The cultivation of honey plants as a branch of beekeeping has direct links with systematic botany, plant ecology, plant engineering, breeding and entomology [7]. Our research has been aimed at detecting insect species of the order Hymenoptera L. and identifying their role in making use of the melliferous potential of the *phacelia*.

Materials and Methods

The research has been conducted in the collections of the "Alexandru Ciubotaru" National Botanical Garden (Institute) (NBGI) in 2020-2023, on experimental sectors planted with *Phacelia tanacetifolia* Benth. cultivar 'Melifera'. The sectors have different sizes depending on the specific details of the research. *Phacelia* is an annual species; it is sown in March, directly on the experimental plots. The seeds are small, and should be planted at 2-3 cm deep and at 15 cm distance between rows.

Surveys were carried out to evaluate the process of plant growth and development along the phenological stages (the phenological study was carried out according to the guidelines in force [12], as well as the identification of the entomofauna associated with these plants. Visual observations and digital camera recordings were made, samples were collected manually, field notes were taken, and later the data and samples were examined under laboratory conditions and guidelines for botanical and entomological determination were consulted [11, 14].

Results and Discussions

As a result of the research carried out at NBGI on *phacelia* plants, the morphological description of *phacelia* was made – annual, herbaceous species, with growing season of about 80-104 days, with long flowering stage lasting 45-55 days, depending by the weather conditions and the sowing time, which occurs in May-July. The species is known as a valuable source of nectar and pollen for a wide range of insects, being available over a long period. The plants produce a large number of flowers, found in 15-20 fan-shaped, scorpioid cyme inflorescences with acropetal order of flower arrangement. The inflorescences consist of 4-8 coils, with about 18-22 flowers on each of them. The flowers are bell-shaped, violet-blue, sessile, with double perianth and long style protruding from the flower. The stem is erect, branched, growing up to 20-25 shoots with side branches, alternate, sessile, pinnately-lobed leaves with toothed margin.

Previous research carried out on the entomofauna detected on the vegetative and generative organs of phacelia plants resulted in the identification of 27 species of insects belonging, as taxonomic units, to 6 orders, 20 families and 24 genera. According to the taxonomical analysis of associated entomofauna, the largest share is represented by species of the order Hymenoptera with 35% of the detected insects, it is followed by Coleoptera – 26%, Hemiptera – 18%, Diptera – 12%, Lepidoptera – 6% and Homoptera with 3% of the total number of insect species identified [2, 3].

Being a valuable honey plant, known for its high productivity of honey per hectare (300 (556), (600-100) kg/ha [1, 6] in the current study special attention was paid to insects of the order Hymenoptera L, which includes the most useful insects, such as honey producers and pollinators. The 8 species of insects identified were taxonomically classified into 5 families, 6 genera. Pollen-eating and nectar-eating insects were classified according to the trophic spectrum (Table 1).

Table 1. The diversity of Hymenoptera insects detected on *P. tanacetifolia* plants with the systematization of taxonomic units classified according to the trophic spectrum

Nr	Family	Species	Trophic spectrum
1.	Apidae	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	Pollen and nectar
2.		<i>Bombus terrestris</i> (Linnaeus, 1758)	Pollen and nectar
3.		<i>B. lapidarius</i> (Linnaeus, 1758)	Pollen and nectar
4.		<i>B. hortorum</i> (Linnaeus, 1761)	Pollen and nectar
5.	Megachilidae	<i>Megachile</i> sp.	Pollen and nectar
6.	Anthophoridae	<i>Xylocopa violacea</i> (Linnaeus, 1758)	Pollen and nectar
7.	Halictidae	<i>Lasioglossum malachurus</i> (Kirby, 1802)	Pollen and nectar
8.	Scoliidae	<i>Megascolia maculata</i> (Drury, 1773)	Pollen and nectar

The surveys were made during the flowering stage, between 8:30 and 18:00. The hours when the insects were most active (11:30-12:30) were identified, the presence of the honeybee on the inflorescence being 4-12 seconds depending on the size of the inflorescence, a bumblebee visited a flower on average for 8-10 seconds. On a flowering phacelia plant, up to 5-9 insects were detected at the same time. Regardless of air temperature and atmospheric humidity, the most active and abundant species on the plants were honeybee – *Apis mellifera* L. and the bumblebees *Bombus terrestris* L., *B. lapidarius* L. Honeybees predominated on phacelia flowers in terms of their abundance and frequency, being also the main pollinators and therefore playing a key role in the formation of flowers and seeds. The giant species *X. violacea* and *M. maculata* (Figure 1) which are species included in the Red Book of the Republic of Moldova, were detected 1-2 times during the flowering stage, as single individuals that actively flew from flower to flower.

The beekeeping sector for the Republic of Moldova is one of major importance. The annual production of honey and by-products of beekeeping (honey, propolis, royal jelly) depends on the honey plants, climatic conditions and honey-making insects. In addition to the main types of traditional honey plants used in the country, recently beekeepers have become interested in creating phacelia plantations, which would meet part of the requirements of local beekeeping.

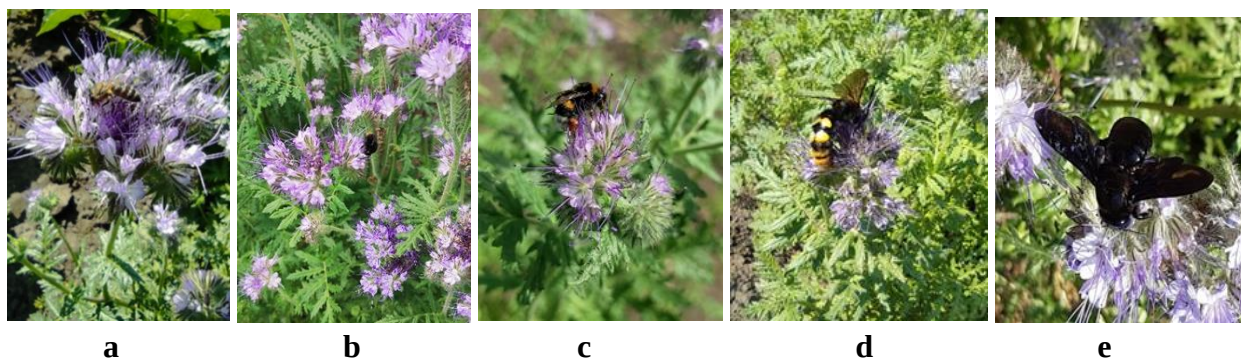


Fig. 1. *Phacelia tanacetifolia* flowers with honey and pollinating insects: a – *Apis mellifera*, b – *Bombus lapidarius*, c – *B. terrestris*, d – *Megascolia maculata*, e - *Xylocopa violacea*

Conclusions

Based on the research on *P. tanacetifolia* plants made in the experimental sectors of the "Alexandru Ciubotaru" National Botanical Garden (Institute), 8 species of insects belonging to the order Hymenoptera were identified (*Apis mellifera*, *Bombus terrestris*, *B. lapidarius*, *B. hortorum*, *Megachile* sp., *Lasioglossum malachurus*, *Xylocopa violacea*, *Megascolia maculata*), included in 5 families (Apidae, Megachilidae, Halictidae, Anthophoridae, Scolidae) and 6 genera. These insect species are of essential importance for the beekeeping sector and the pollination process.

Bibliography:

1. CHERNIAVSKI, I. et al. The use of morphological characteristic in the selection of *Phacelia tanacetifolia* Benth. In: *International Journal of Green Pharmacy*, 2018, 12 (2), pp. 433-436.
2. CÎRLIG, N., IURCU-STRĂISTARU, E., ȚÎȚEI, V. The impact of the entomofauna on the plants of *Phacelia tanacetifolia* Benth. in the collection of the "Al. Ciubotaru" National Botanical Garden (Institute). In: *Scientific Papers. Section 1. Agronomy. Volume LXIV, No. 2*. București, 2021, pp. 185-191.
3. CÎRLIG, N., ȚÎȚEI, V., IURCU-STRĂISTARU, E. Morphobiological features and the significance of the species *Phacelia tanacetifolia* Benth. as honey plant. In: *Lucrări științifice. Vol. 66 (1). Seria Agronomie*. 2023, pp. 55-60.
4. COZARI, T. *Insectele. Mica enciclopedie*. Chișinău: ARC, Știința, 2010. 176 p.
5. CRANE, E., WALKER, P., DAY, R. *Directory of important world honey sources*. International Bee research Association. London, 1984. 384 p.
6. ION, N., ODOUX, J., VAISSIERE, B. Melliferous potential of weedy herbaceous plants in the crop fields of Romania from 1949 to 2012. In: *Journal of Apicultural Science*. 2018, nr. 62 (2), pp. 1-17.
7. IORDACHE, P., ROȘCA, I., CISMARU, M. *Plante melifere de foarte mare și mare pondere economico-apicolă*. Seria Flora meliferă a României. București, 2008. 212 p.
8. *Polenizatorii și agricultura. Productivitatea agricolă și protecția polenizatorilor*. 2013. 48 p.
9. POPOVIĆ, V. et al. *Produktivnost facelije u odnosu na međuredno rastojanje*. XIV Simpozijum o krmnom bilju Srbije. Značaj i uloga krmnih biljaka u održivoj poljoprivredi Srbije. Belgrade, 2019, pp. 69-70.
10. WILLIAMS, I., CHRISTIAN, D. Observations on *Phacelia tanacetifolia* Benth (Hydrophyllaceae) as a food plant for honey bees and bumble bees. In: *Apicult. Res.* 30. 1991, pp 3-12.
11. БЕЙ-БИЕНКО, Г. *Общая энтомология*. Москва: Высшая школа, 1966. 496 с.
12. БЕЙДЕМАН, И. *Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ*. Новосибирск, 1974. 161с.
13. КУЛАКОВ, В. Оценка нектарной и медовой продуктивности растений. In: *Пчеловодство*. 2007, № 5, с. 24-25.
14. ПЛАВИЛЬЩИКОВ, Н. *Определитель насекомых*. Москва: Топикал, 1994. 543 с.

CZU: 502.75

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p201-206

DIVERSITATEA, STAREA ȘI PERSPECTIVA CONSERVĂRII HERPETOFAUNEI DIN REZERVAȚIA NATURALĂ „CODRII”

THE DIVERSITY, STATUS AND PERSPECTIVE OF THE CONSERVATION OF THE HERPETOFAUNA IN THE "CODRII" NATURE RESERVE

*Cîrlig Tatiana, dr., conf. univ.,
UPS „Ion Creangă” din Chișinău*

*Cîrlig Tatiana, PhD, lecturer,
UPS “Ion Creanga” from Chisinau,
ORCID: 0000-0003-4535-5190
E-mail: carlig.tatiana@upsc.md*

Rezumat. În cadrul Rezervației Naturale „Codrii” au fost semnalate 18 specii ale herpetofaunei din cele 25 descrise pentru Republica Moldova. Rezervația, ca și alte arii silvice protejate, reprezintă habitatele specifice formelor strict silvice ale herpetofaunei, și doar stațiuni de răspândire a metapopulațiilor din cadrul ecosistemelor dispărute sau degradate. Deci, majoritatea, sau 14 specii din cele descrise pentru zona dată, preferă habitatele în cadrul lizierei, rariștelor, agrocenozelor sau spațiilor deschise și numai 4 specii sunt strict silvice. În scopul reabilitării și conservării biodiversității herpetofaunei, inclusiv și a celei din cadrul ariilor protejate, este necesară includerea acestor habitate într-o rețea ecologică unică, care să includă întreaga diversitate de ecosisteme.

Cuvinte-cheie: biodiversitate, herpetofaună, populație, habitat.

Abstract. Within the "Codrii" nature reserve, 18 species of herpetofauna out of the 25 described for the Republic of Moldova were reported. The reserve, like other forest protected areas, represents the specific habitats of the strictly forest forms of the herpetofauna, and only stations for the spread of metapopulations within extinct or degraded ecosystems. So, the majority, or 14 species, of those described for the given area, prefer habitats within lization, rarefaction, agrocenoses or open spaces, and only 4 species are strictly forest. In order to rehabilitate and preserve the biodiversity of herpetofauna, including that within the protected areas, it is necessary to include these habitats in a single ecological network, which includes the entire diversity of ecosystems.

Keywords: biodiversity, herpetofauna, population, habitat.

Introducere

Republica Moldova prezintă, la momentul de față, un landșaft agricol pe cca 76% din teritoriul național, și doar pe 15% a mai păstrat ecosistemele naturale. În asemenea condiții, rolul rezervațiilor naturale în menținerea biodiversității este decisiv. În ultima perioadă de timp, deși au fost create un șir de arii protejate, acestea constituie doar cca 2% din teritoriul republicii [5]. Anume în cadrul acestor sectoare protejate s-au mai păstrat nucleele reproductive ale populațiilor de plante și animale. Însă fiecare populație prezintă și zone ale fluctuației efectivului, care nu se pot menține strict în cadrul ariilor protejate. În plus, populațiile, în scopul menținerii genofondului comun al speciei, au nevoie să contacteze între ele pe anumite porțiuni de spațiu și timp. Astfel, devine evidentă necesitatea conexiunii ariilor protejate într-o rețea ecologică funcțională.

Activitatea de cercetare s-a desfășurat în cadrul Rezervației Naturale „Codrii” conform planului-model de elaborare a *Analelor naturii*. Conform acestuia, a fost stabilită perioada de

încheiere a hibernării și unele aspecte fenologice ale biologiei amfibienilor și reptilelor: semnalarea migrațiilor prereproductive și semnalarea primelor vocalizări a amfibienilor, începutul perioadei nupțiale la reptile; depunerea pontelor de icre a amfibienilor și de ouă a reptilelor; distribuția spațială și densitatea relativă a speciilor comune și rare ale herpetofaunei. La fel, s-a realizat stabilirea parametrilor statici ai populațiilor de amfibieni în cadrul bazinelor reproductive și a populațiilor de reptile în cadrul habitatelor tipice. Reieșind din aceste considerente, ne-am propus ca scop studierea caracterului dispersiei spațiale și a predilecției habitatelor a amfibienilor și reptilelor întâlnite în Rezervația „Codrii”. Au fost stabilite trei tipuri de distribuție habitatelor și de fluctuație a efectivelor populaționale – specii strict silvice (A), specii atașate lizierii (B) și specii ale spațiilor deschise (C). În cadrul fiecărui tip au fost identificate cele trei zone ale fluctuației efectivului: zona de permanență, zona de gradație, zona de latență.

Rezultate și discuții

Din cele 12 specii de amfibieni, caracteristice Republicii Moldova [6], în cadrul celor trei zone funcționale ale rezervației se întâlnesc 10 specii [1, 2, 4]. Speciile de amfibieni prezintă o anumită predilecție habitatelor și ocupă anumite sectoare din cadrul celor trei zone funcționale ale rezervației (Tabelul 1).

Tabelul 1. Predilecția habitatelor a populațiilor de amfibieni

Specia	Categorii		
	A	B	C
<i>Triturus cristatus</i> Laurenti, 1768	+	+	-
<i>Lissotriton vulgaris</i> Linnaeus, 1758	+	+	-
<i>Bombina bombina</i> Linnaeus, 1758	-	-	+
<i>Bufo bufo</i> Linnaeus, 1758	+	-	-
<i>Bufo viridis</i> Laurenti, 1768	-	-	+
<i>Hyla orientalis</i> Betraga, 1890	+	+	-
<i>Rana dalmatina</i> Bonaparte, 1839	+	-	-
<i>Pelophylax ridibundus</i> Pallas, 1771	-	-	+
<i>Pelophylax lessonae</i> Camerano, 1882	-	-	+
<i>Pelobates fuscus</i> Laurenti, 1768	-	-	+
Total	5	3	5

Ordinului *Caudata*, familia *Salamandridae*, îi aparțin două specii: tritonul comun (*Lissotriton vulgaris* L.) și tritonul crestat (*Triturus cristatus* Laur.). Tritonul comun este o specie comună, larg răspândită în cadrul rezervației. Habitatele preferabile sunt sectoarele de pădure umedă, cu o rețea deasă de râulețe, canale și smârcuri din cadrul lizierii. Densitatea în cadrul acestor sectoare poate ajunge la 70 ind/ha, însă pe măsura îndepărtării de aceste locuri, odată cu trecerea în cadrul habitatelor terestre silvice, ea descrește și reprezintă, de exemplu, în cadrul gorunetelor doar 3,5 ind/ha. Tritonul crestat, ca și în cazul speciei precedente, este o formă comună pentru zona Codrilor, însă efectivul populațiilor în cadrul aceluiași habitat este de cca 2 ori mai mic. Astfel, pentru ambele specii de triton, nucleele populațiilor și zonele lor de fluctuație corespund tipului A și B. Deși tritonii au puțini dușmani naturali și în cadrul rezervației se află sub acțiunea regimului de ocrotire, totuși mărginirea habitatelor optime cu zona de tranziție influențează negativ asupra efectivului populațiilor. În acest sens, ar fi necesară reglementarea activităților agricole și recreative din cadrul acestei zone.

Ordinului *Ecaudata* îi aparțin opt specii de amfibieni, care fac parte din cinci familii. Familiei *Discoglossidae* îi aparține izvorașul cu abdomenul roșu (*Bombina bombina* L.), anterior considerată o

specie obișnuită pentru rezervație, atașată habitatelor de tipul C. Însă în rezultatul secetelor și diminuării rețelei hidrografice de la mijlocul anilor 90, populația locală din lunca sectorului I practic a dispărut. Au rămas funcționale populațiile din cadrul zonei de tranziție a luncilor râurilor Botna și Cogâlnic. Fiind atașată pe parcursul perioadei primăvară-vară bazinelor cu nivelul apei instabil, adesea efectivul populațiilor este supus fluctuațiilor esențiale. Densitatea pe parcursul perioadei reproductive este de circa 0,7 ind/m². Populația izvoarașului cu abdomenul roșu în zona Codrilor Centrali se interferează cu populația speciei izvoarașul cu abdomenul galben (*Bombina variegata* L.), aflată la marginea arealului est-european. Anume din această cauză, indivizii unor populații locale întrunesc caractere morfologice specifice ambelor specii, fenomen caracteristic populațiilor heterogenice.

Familia *Bufonidae* este prezentată prin: broasca râioasă brună (*Bufo bufo* Laur.) și broasca râioasă verde (*Bufo viridis* L.). Broasca râioasă brună este cea mai reprezentativă specie de amfibieni ecaudați ai rezervației, fiind atașată doar habitatelor silvice (A). Astfel, către momentul migrațiilor juvenililor din bazinele reproductive, densitatea în sectoarele de pădure adiacente luncilor ajunge la 285 ind/ha. Populează cele mai diverse tipuri de pădure, inclusiv și cele aride, cum ar fi gorunetele și fagetele. Bazinele reproductive sunt amplasate în locurile deschise ale luncilor și sunt folosite mai mulți ani în șir, specia manifestând în acest sens homingul reproductiv. Broasca râioasă brună prezintă un efectiv relativ stabil, deși reducerea debitului lacurilor pe parcursul verilor secetoase și lipsa controlului asupra traficului rutier în perioada migrațiilor juvenililor, poate diminua esențial stabilitatea populației. Broasca râioasă verde, fiind o specie care preferă habitatele extrasilvice, este caracteristică în special zonei de tranziție (C) și doar prin sectoarele de luncă pătrunde în cadrul zonei de tampon, având o densitate relativ mică – de cca 8-10 ind/ha. Bazinele reproductive sunt situate în exclusivitate în afara sectoarelor împădurite și deci nu coincid cu cele ale broaștei râioase brune.

Din familia *Hylidae* se întâlnește brotăcelul (*Hyla orientalis*), care este unica specie arboricolă, aflându-se practic în mijlocul arealului european. Astfel, zona Codrilor prezintă habitatul optim al speciei în cadrul Republicii Moldova, ea fiind considerată aici o specie comună. Populează cele mai diverse tipuri de pădure, distribuția se realizează conform tipului A și B. Densitatea maximală de 75,7 ind/ha o înregistrează în pădurile ravene, cu gradul cel mai înalt de încheiere a subarboretului. Bazinele acvatice folosite de brotăcel pentru reproducere sunt situate, de regulă, în locurile deschise, cu o vegetație abundentă de litoral, care sunt și locurile de staționare diurnă a masculilor.

Familia *Ranidae* este cea mai reprezentativă, reunind trei specii: broasca roșie de pădure (*Rana dalmatina* Bonap.), broasca mare de lac (*Pelophylax ridibundus* Pall.) și broasca mică de lac (*Pelophylax lessonae* Camerano). Broasca roșie de pădure, aflându-se la hotarul de est al arealului speciei, prezintă fluctuații esențiale ale efectivului populațional. Fiind o specie strict silvică (A), populează sectoarele de pădure din preajma luncilor, sectoarele umede, cu covorul vegetal bine dezvoltat, prezentând o densitate de circa 53,6 ind/ha. Pentru depunerea pontelor sunt folosite chiar și băltoacele apărute în urma topirii zăpezii și care au doar câțiva metri pătrați. Secarea acestora pe parcursul verilor secetoase, cât și prezența peștilor în lacurile mai mari, duce la diminuarea esențială a efectivului. În ultima perioadă de timp, efectivul populațional se află în scădere din cauza degradării bazinelor reproductive.

Complexul ranidelor verzi (*Pelohylax kl. esculentus*) este caracteristic întregului spațiu central-european și rezultă în interferența ariilor a două specii panmictice: broasca mare de lac și broasca mică de lac, cât și formele hibride. Ambele specii „fondatoare”, fiind forme semiacvatice, se întâlnesc în cadrul aceluiași bazine acvatice, coraportul fiind determinat de caracteristicile habitationale.

Astfel, lacurile de luncă, bogate în vegetație și eutroficate, cât și lacurile silvice sunt dominate de broasca mare de lac, densitatea acesteia ajungând la 88 ind/ha. Lacurile de luncă, aflate la stadiile incipiente ale succesiunii, sunt preferate de broasca mică de lac, a cărei densitate este de 60 ind/ha. Tipul dispersiei pentru ambele specii și formele hibride este C. Pentru reproducere, broaștele verzi utilizează în special lacurile din luncă și cele din cadrul zonei de tranziție, pe când cele silvice sunt folosite în cazul când acestea sunt parțial iluminate în decursul zilei. Pe parcursul verilor secetoase, animalele ocupă lacurile silvice, care nu se folosesc pentru reproducere, în scopul hidro- și al termoreglării, iar odată cu răcirea timpului se retrag către lacurile din luncă.

Familiei *Pelobatidae* îi aparține specia broasca brună de câmp (*Pelobates fiscus* Laur.), fiind cea mai rară specie din Rezervația „Codrii”. Este o specie a spațiilor deschise, preferând solurile ușoare; zonele fluctuației efectivului aparțin tipului C. Ca și alte specii de amfibieni, reprezentând forme amfibiotice, sunt afectate dublu – atât în cadrul habitatelor terestre, cât și a celor acvatice. Din aceste considerente, activitățile de ocrotire și reabilitare a populațiilor vulnerabile de amfibieni se vor referi la ambele tipuri de habitate, cât și la sectoarele de tranziție.

Reptilele caracteristice Republicii Moldova numără 13 specii [6], dintre care 8 au fost semnalate în cadrul Rezervației [2, 3]. Reptilele prezintă și ele o anumită predilecție habitatuală și ocupă anumite sectoare din cadrul celor trei zone funcționale ale Rezervației (Tabelul 2).

Tabelul 2. Predilecția habitatuală a populațiilor de reptile

Specia	Categoria		
	A	B	C
<i>Emys orbicularis</i> Linnaeus, 1758	-	-	+
<i>Lacerta agilis</i> Linnaeus, 1758	-	+	+
<i>Lacerta viridis</i> Laurenti, 1768	-	+	+
<i>Anguis fragilis</i> Linnaeus, 1758	+	+	-
<i>Natrix natrix</i> Linnaeus, 1758	-	+	+
<i>Natrix tessellata</i> Laurenti, 1768	-	-	+
<i>Coronella austriaca</i> Laurenti, 1768	-	+	+
<i>Vipera berus</i> Linnaeus, 1758	+	+	-
Total	2	4	6

Din punct de vedere sistematic, reptilele Rezervației „Codrii” aparțin ordinului *Squamata* – 7 specii – și o singură specie ordinului *Testudines*. Broasca țestoasă de baltă (*Emys orbicularis*), specie rară în rezervație, fiind strict acvatică, este atașată bazinelor acvatice din cadrul zonei de tranziție (C). Se întâlnește într-un număr redus de-a lungul luncilor râulețelor Bucovăț, Botna și Cogâlnic, populând lacuri mari, dar și heleștee, canale și iazuri artificiale. Indivizii din cadrul bazinelor acvatice ale rezervației probabil că nu formează populații stabile, ci emigrează din cadrul iazurilor gospodăriilor agricole din preajmă, afectate de anumiți poluanți sau în urma deranjului.

Scuamatele sunt reprezentate de două familii de șopârle: *Anguidae* și *Lacertidae* și două familii de șerpi: *Colubridae* și *Viperidae*. Anguidele reprezintă o familie monotipică pentru spațiul nostru, exponentul acestora fiind năpârca sau șopârla apodă (*Anguis fragilis* L.), care este considerată o specie comună pentru rezervație. Preferă în special locurile umede ale lizierei, poienile cu covor vegetal dezvoltat, cât și viile și livezile bătrâne din apropierea luncilor (tipul A și B). Lacertidele numără două specii: șopârla comună (*Lacerta agilis*) și șopârla verde (*Lacerta viridis*). Șopârla comună este o specie des întâlnită în cadrul habitatelor silvice aride, printre rășișuri, tufărișuri dispersate cu covor vegetal scund. La fel persistă în livezile și viile din cadrul agroecozistemelor limitrofe rezervației.

Densitatea în cadrul stațiunilor menționate este de 38 ind/ha. Șopârlă verde este cea mai reprezentativă specie de șopârle din rezervație, ocupând practic aceleași habitate cu șopârla comună. Totuși, delimitarea spațială se realizează prin ocuparea stațiunilor diferite. Astfel, șopârla verde preferă sectoarele cu tufe și covor vegetal mai abundent, apropiindu-se mai mult de liziera pădurii și habitatele silvice. Densitatea maximală înregistrată în cadrul acestor habitate este de circa 44 ind/ha. Ambele specii aparțin tipului B și C de habitate.

Familia *Colubridae* include 3 specii. Șarpele de alun (*Coronella austriaca* Laur.) este o specie rară pentru Rezervația „Codrii”. Preferă sectoarele de pădure rară, bine luminate, ocupând poienile, lăstărișurile și liziera. În sectoarele de luncă poate fi întâlnită pe locurile mai ridicate, evitând excesul de umiditate. Habitatele preferate mai sunt livezile și viile neîngrijite, cu înveliș ierbos bine dezvoltat din cadrul zonei de tranziție (B și C). Șarpele de casă (*Natrix natrix* L.) este cea mai frecventă specie de șerpi din cadrul Rezervației. Populează cele mai diverse habitate, preferându-le în special pe cele cu umiditate sporită: malurile râulețelor și lacurilor, luncile cu vegetație hidrofită, fânețele, tufișurile și lăstărișurile, adesea poate fi întâlnit în apropierea cantoanelor și sediului central (B și C). Cu regret, ca și în cazul speciei precedente, șarpele de casă este victima oamenilor, care, din simplul motiv că au dat peste un șarpe, consideră că e de datoria lor să-l omoare. Șarpele de apă (*Natrix tessellata* Laur.) poate fi considerat o specie accidentală pentru Rezervație. Pe parcursul existenței acesteia, au fost înregistrate doar câteva cazuri de semnalare a acestei specii. Specimenii observați probabil că au migrat de-a lungul râurilor Botna și Cogâlnic, ajungând în cadrul lacurilor din preajma comunelor Horodca și Drăgușeni Noi (C). Astfel, putem considera prezența acestei specii ca fiind temporară, înregistrată la intervale de câțiva ani, deoarece în apropierea lacurilor menționate nu are loc reproducerea.

Familia *Viperidae* include o specie rară pentru Rezervație – vipera comună (*Vipera berus* L.). Habitatele solicitate de aceasta sunt pădurile luminoase, rariștile din cadrul lizierei și poienile, iar în primele săptămâni ale lunii aprilie, când părăsește locurile de iernare, și luncile însorite, aparținând tipului A și B. În cadrul acestor stațiuni, densitatea reprezintă în mediu 3,6 ind/km de itinerar.

Concluzii

1. Speciile de amfibieni din Rezervația Naturală „Codrii” au predilecție habitatuală pentru sectoarele împădurite și cele extrasilvice, fiind repartizate proporțional, adică câte 5 specii pentru fiecare tip de habitate. Speciile atașate sectoarelor de lizieră sunt mai puțin numeroase, doar 3, iar cele strict silvice sunt doar 2: broasca râioasă brună (*Bufo bufo* Laur.) și broasca roșie de pădure (*Rana dalmatina* Bonap.).

2. Reptilele preferă habitatele deschise din cadrul zonei de tranziție, unde pot fi întâlnite 6 specii. În liziera pădurii persistă 4 specii, iar în sectoarele împădurite, ca și în cazul amfibienilor, doar 2: șopârla apodă (*Anguis fragilis* L.) și vipera comună (*Vipera berus* L.).

3. Din cele 18 specii ale herpetofaunei Rezervației „Codrii”, doar 4 sunt strict silvice, ceea ce constituie 22,2%, alte 14 specii, sau 77,8%, întâlnindu-se în cadrul lizierei, rariștilor, agrocenozelor sau spațiilor deschise.

4. Rezervația „Codrii”, ca și alte arii silvice protejate, reprezintă doar habitatele specifice formelor strict silvice ale herpetofaunei și doar stațiuni de răspândire a metapopulațiilor din cadrul ecosistemelor dispărute sau degradate.

5. În scopul reabilitării și conservării biodiversității herpetofaunei, inclusiv și a celei din cadrul ariilor protejate, este necesară includerea acestor habitate într-o rețea ecologică unică, care să reprezinte întreaga diversitate de ecosisteme.

Bibliografie:

1. CÎRLIG, V., CÎRLIG, T. Contribuții la evidențierea situației batracofaunei Rezervației Naturale „Codrii”. In: *Conferința a VI-a a zoologilor din R. Moldova cu participare internațională*. Chișinău, 18-19 octombrie 2007, pp. 13-15.
2. CÎRLIG, V., CÎRLIG, T. Contribuții la evidențierea situației herpetofaunei Rezervației Naturale „Codrii”. In: *Conferința a VI-a a zoologilor din R. Moldova cu participare internațională*. Chișinău, 18-19 octombrie 2007, pp. 15-16.
3. CÎRLIG, V., CÎRLIG, T. Rolul rezervațiilor naturale în conservarea biodiversității herpetofaunei. In: *Materialele simpozionului jubiliar internațional „Mediul și dezvoltarea durabilă”: 70 ani de la fondarea Facultății Geografie*. 13-16 noiembrie 2008, pp. 141-146.
4. CÎRLIG, V., CÎRLIG, T. Starea și perspectiva conservării batracofaunei Rezervației „Codrii”. In: *Materialele simpozionului științific internațional. Rezervația „Codrii”*. Chișinău: Știința, 2011, pp. 103-107.
5. *Rețeaua ecologică: calea spre protejarea naturii în Moldova*. Soc. Ecologică „Biotica”. Chișinău, 2002.
6. ȚURCAN, V., NISTREANU, V., SÎTNIC, V., LARION, A. *Diversitatea herpetofaunei Republicii Moldova*. MEC, USM, Institutul Zoologie. Chișinău, 2023. 66 p.

CZU: 504.4+574.5

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p207-210

**UNELE ASPECTE PRIVIND ROLUL MOLUȘTELOR
(MOLLUSCA, GASTROPODA, BIVALVIA)
ÎN ECHILIBRUL ECOSISTEMELOR ACVATICE**

**SOME ASPECTS REGARDING THE ROLE OF MOLLUSCS
(MOLLUSCA, GASTROPODA, BIVALVIA)
IN THE BALANCE OF AQUATIC ECOSYSTEMS**

*Coadă Viorica, dr., conf. univ., UPS „Ion Creangă” din Chișinău
Trifăuțan Viorica, dr. în științe biologice,
IP Școala Profesională nr. 2, mun. Chișinău
Țiganaș Ana, asist. univ., UPS „Ion Creangă” din Chișinău*

*Coadă Viorica, Ph.D., assoc. prof., UPS “Ion Creanga” from Chisinau
ORCID: 0000-0003-3368-7016*

E-mail: coada.viorica@upsc.md

*Trifăuțan Viorica, Ph.D.,
IP Profesional School No. 2, Chisinau, Republic of Moldova
ORCID: 0000-0002-7239-7153*

*Țiganaș Ana, lecturer, UPS “Ion Creanga” from Chisinau,
ORCID: 0000-0001-5120-0780*

Rezumat. Starea funcțională a malacofaunei acvatice reprezintă un indicator biologic al calității mediului și evidențiază necesitatea identificării unor noi metode de protecție, utilizare și valorificare rațională a resurselor biologice. Datorită caracteristicilor lor biologice și ecologice, gastropodele de apă dulce pot indica anumite schimbări ale calității apei, precum prezența substanțelor chimice poluante, schimbări ale temperaturii apei sau nivelul de oxigen dizolvat în apă. În baza listei sistematice a malacofaunei Republicii Moldova, în studiu este elucidat rolul unor specii în echilibrul ecosistemelor acvatice.

Cuvinte-cheie: malacofaună, mediu acvatic, surse de poluare.

Abstract. The functional state of the aquatic malacofauna is a biological indicator of the quality of the environment and highlights the need to identify new methods of protection, use and rational exploitation of biological resources. Due to their biological and ecological characteristics, freshwater gastropods can indicate certain changes in water quality, such as the presence of chemical pollutants, changes in water temperature, or the level of dissolved oxygen in the water. Based on the systematic list of the malacofauna of the Republic of Moldova, the paper elucidates the role of some species in the balance of aquatic ecosystems.

Keywords: malacofauna, aquatic environment, pollution sources.

Introducere

Studiul componentelor faunistice și variabilitatea condițiilor de habitat reflectă caracteristicile habitatului. Există o strânsă legătură între specie și mediu, atât din punctul de vedere al factorilor fizico-chimici și climatici, cât și al altor organisme. În ecosistemele acvatice, toate procesele de dezvoltare a comunităților de organisme menite să asigure ordinea structurală și funcțională sunt

întrerupte sistematic din cauza diverselor motive. Moluștele din ecosistemele acvatice constituie o parte importantă a zooplantonului. Ele formează un sistem dinamic, care, datorită sensibilității crescute, metodei de hrănire și caracteristicilor de reproducere, reacționează relativ rapid la schimbările condițiilor de mediu. Acest lucru se exprimă în restructurarea și schimbarea indicatorilor funcționali.

În ultimele decenii au apărut numeroase amenințări pentru biodiversitate, inclusiv specii invazive, paraziți, poluarea cu nutrienți și sedimente, rezultate din activitățile agricole și comerciale etc. [1].

Rezultate și discuții

Complexul malacologic al ecosistemelor acvatice din Republica Moldova este reprezentat prin 71 de specii, Gastropode – 45 de specii și Bivalve – 26 de specii [2]. Particularitățile hidrologice ale bazinelor acvatice se regăsesc în unele particularități ale malacofaunei acvatice, și anume tipul ecologic limnofil este dominat cu 73%, iar speciile reofile constituie 27%. Unele specii de moluște fiind sensibile la modificările calității apei, sunt frecvent folosite ca organisme bioindicatoare. Ele sunt utilizate pentru studierea poluării atât cu compuși organici, cât și anorganici, datorită caracteristicilor de bioacumulare și răspuns la toxicitatea metalelor. Gasteropodele și bivalvele prezintă două avantaje importante față de majoritatea altor organisme de apă dulce pentru studiile de biomonitorizare: dimensiunea lor mare și mobilitatea limitată. În plus, ele sunt răspândite în multe tipuri de medii de apă dulce și sunt relativ ușor de colectat și identificat. La concentrații de metale în limitele tipice apelor naturale acestea sunt, de regulă, eficienți bioacumulatori de metale. Studiile de biomonitorizare cu moluște de apă dulce au acoperit o mare diversitate de specii, metale și medii. Principala generalizare care se poate desprinde din acest studiu este că bioacumularea și toxicitatea depind în mare măsură de situație; prin urmare, este dificil de extrapolat rezultatele unui anumit studiu la alte situații în care speciile sau condițiile de mediu diferă. Chiar și în cadrul unei singure specii, caracteristicile individuale, cum ar fi dimensiunea, stadiul de viață, sexul și genotipul pot avea un impact semnificativ asupra răspunsului la poluanți. Biodisponibilitatea metalelor variază foarte mult și depinde de pH, prezența liganzilor organici, duritatea apei și alți factori de control [9].

Problema poluării cu metale grele este importantă în menținerea durabilității ecosistemelor. Printre nevertebratele bentonice, anume moluștelor le revine ponderea principală în procesul de antrenare a metalelor în circuit. Un rol deosebit în migrarea metalelor le revine moluștelor bioinfiltratoare [10].

Analizând componenta indicator al saprobității, prin cea mai mare diversitate se caracterizează grupul indicatorilor speciilor de moluște din fauna țării ce aparțin zonei beta mezosaprobe 90%, specii oligo-beta mezosaprobe – 6%, specii beta-alfa mezosaprobe și specii alfa-beta mezosaprobe, câte 2%, astfel majoritatea speciilor necesită pentru dezvoltare un mediu slab poluat.

Moluștele joacă un rol important în circuitul materiei, ele constituie și o sursă de hrană pentru multe dintre animalele acvatice. Astfel, pentru lacul de acumulare Cuciurgan, în studiile realizate de Filipenko S. (2023), a fost stabilit că specia dreiseina (*Dreissena polymorpha*) este consumată în principal de crap (*Cyprinus carpio*) (56,6% din masa conținutului intestinal), lin (*Tinca tinca*) (44,7%) și *Rutilus heckelii* (33,1%). Ponderea dreiseinei în alimentația plăticii (*Abramis brama*) este de 0,2%, în timp ce carasul (*Carrassius gibelio*) și batca (*Blicca bjoerkna*) practic nu o consumă. Dintre pești, cei mai activi consumatori de dreiseină sunt guvizii (*Neogobius kessleri*), în intestinalele cărora ea poate ocupa mai mult de 90%, precum o specie invazivă ca bibanul-soare

(*Lepomis gibbosus*). Sunt consumate în special exemplarele de dimensiuni mai mici, până la doi ani, de până la 14 mm [5].

Gastropodele acvatice joacă un rol important în dezvoltarea comunităților parazitare. Larvele trematodului *Fasciola hepatica* prezintă o specificitate față de anumite specii de moluște. Din familia *Lymnaeidae* speciile care pot servi ca gazde intermediare naturale sau experimentale ale *F. hepatica* sunt următoarele prezente în fauna țării: *Galba truncatula*, *Lymnaea stagnalis*, *Radix auricularia*, *Radix peregra*, *Stagnicola palustris* [3]. În zonele cu condiții favorabile de trai al gasteropodelor acvatice (*Galba truncatula*), fascioloza și dicrocelioza este depistată la 42-63% din ovine, cu predominarea parazitismului cu *Fasciola hepatica* [4].

Problema speciilor invazive este în prezent una dintre cele mai importante pentru conservarea capitalului natural. Pe teritoriul Republicii Moldova trec hotarele arealurilor unor specii de plante și animale, factor care determină vulnerabilitatea lor în fața presiunii antropice. Exploatarea ecosistemelor naturale de stepă, de luncă, silvice și acvatice a dus la fragmentarea lor, izolarea populațiilor, reducerea numărului și dispariția unor specii. În absența concurenței și în prezența unor nișe ecologice libere, se creează premise pentru apariția pe diferite căi a unor specii străine. În registrul global al speciilor interveniente și invazive (ISSG) se regăsesc următoarele din malacofauna acvatică a Republicii Moldova: *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897), *Potamopyrgus antipodarum* (J.E. Gray, 1843), *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834). Speciile invazive sunt organisme vii care tind să se reproducă și să se răspândească în ciuda poluării chimice și a altor forme ale degradării mediului înconjurător. O specie nou introdusă se poate adapta, poate exploata resursele ecosistemului și își poate consolida poziția față de speciile concurente într-o perioadă scurtă de timp.

Primele exemplare ale speciei *Corbicula fluminea* sunt semnalate în fauna Republicii Moldova în anul 2009, stația Cășlița-Prut (45°53'13"N, 28°17'16"E). În prezent, această specie constituie 3,27% din efectiv și 92% din biomasa totală [8].

Specia *Sinanodonta woodiana*, scoica chineză, o specie invazivă adusă prin anul 1990 pe continentul european, odată cu puietul de carp, care reprezintă gazda de dezvoltare a stadiului larvar. Ea prezintă un succes evolutiv datorită faptului că, față de unionidele autohtone, are o rată de creștere mult mai mare și este mult mai rezistentă la poluare și la hipoxie. Poate dezvolta 2-3 generații larvare pe an, ceea ce o face mult mai competitivă în raport cu unionidele locale, *Anodonta anatina*, *Anodonta cygnaea* și *Pseudanodonta complanata*, care au o singură generație pe an [6]. Aceasta este principala cauză care a făcut ca specia să colonizeze Europa în mai puțin de 20 de ani. Astfel speciile *Sinanodonta woodiana* și *Corbicula fluminea* sunt specii concurente pentru bivalvele native, inclusiv și pentru cele din lista europeană Natura 2000 – *Unio crassus*. Ecosistemele acvatice ale Nistrului inferior, Prutului și râurilor mici din bazinul hidrografic al Dunării de pe teritoriul Republicii Moldova se referă la așa-numitul „Coridor de sud al speciilor invazive” [10].

Concluzii

1. Starea funcțională a malacofaunei acvatice reprezintă un indicator biologic al calității mediului și evidențiază necesitatea identificării unor noi metode de protecție, utilizare și valorificare rațională a resurselor biologice.
2. Problema poluării datorată activităților umane sau proceselor naturale este importantă pentru menținerea durabilității ecosistemelor.

3. Fenomenul de bioinvazie în Republica Moldova a afectat toate tipurile de ecosisteme acvatice, impactul ecologic este exprimat diferit, în funcție de caracteristicile biologice ale grupurilor sistematice.

Bibliografie:

1. BAKSHI, Baishali, BOUCHARD, R., WILLIAM, Jr. et al. *Freshwater Mussels, Ecosystem Services, and Clean Water Regulation in Minnesota: Formulating an Effective Conservation Strategy* [online] [accesat 03.02.2024]. Disponibil: <https://doi.org/10.3390/w15142560>.
2. BALASHOV, I., SON, M., COADĂ, V., MUNJIU, O., WELTER-SCHULTES, F. An updated annotated checklist of the molluscs of Republic of Moldova. In: *Folia Malacologica*. 2013, sept., pp. 175-181. ISSN 15067629. [online] [accesat 23.01.2024]. Disponibil: <https://doi.org/10.12657/folmal.021.021>.
3. CORREA, C.A., ESCOBAR, J.S., DURAND, P., RENAUD, F., DAVID, P., JARNE, P., POINTIER, J.-P., HURTREZ-BOUSSÈS, S. Bridging gaps in the molecular phylogeny of the Lymnaeidae (Gastropoda: Pulmonata), vectors of Fascioliasis. In: *BMC Evolutionary Biology*. 2010, nr. 10, p. 38 [online] [accesat 23.01.2024]. Disponibil: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-10-381>.
4. ERHAN D., CHIHAI O., RUSU Ș. et al. Structura poliparazitismului la bovinele pășunate în ecosistemele de stepă și silvostepă din R. Moldova. In: *Revista științifică parazitologică*. 2005, vol.VI, nr. 1-2.
5. FILIPENKO, S., BOGATYJ, D., MUSTYA, M. The zoobenthos and the production potential of benthophagous fish from the Iagorlic reserve and Dubăsari and Cuciurgan reservoir lakes. In: *Wetlands Biodiversity*. 2023, nr. 13, pp. 33-47. ISSN 2247-0506. Additional Web of Science Indexes: Zoological Record.
6. HINZMANN, M., LOPES-LIMA, M. Reproductive Cycle and Strategy of *Anodonta anatina* (L., 1758): Notes on Hermaphroditism. In: *Exp. Zool.* 2013, pp. 1-13 [online] [accesat 03.02.2024]. Disponibil: <https://core.ac.uk/download/pdf/153410221.pdf>.
7. MUNJIU, O., SHUBERNETSKI, I. First record of *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae) in Moldova. In: *Aquatic Invasions*. 2008, nr. 3, pp. 441-442 [online] [accesat 23.01.2024]. Disponibil: [doi:10.3391/ai.2008.3.4.12](https://doi.org/10.3391/ai.2008.3.4.12).
8. MUNJIU, O., SHUBERNETSKI, I. First record of Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the Republic of Moldova. In: *Aquatic Invasions* 5 (suppl. 1). 2010, pp. 67-70 [online] [accesat 23.01.2024]. Disponibil: <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2010.5.S1.015>.
9. VAUGHN, C. Ecosystem services provided by freshwater mussels. In: *Hydrobiologia*. 2018, 810, 15 [online] [accesat 23.01.2024]. Disponibil: <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3139-x>.
10. ZUBCOV, E., ENE, A. Ghid metodologic ecotoxicologic de monitorizare a mediului: problematică, tehnici de laborator și investigarea riscului asupra sănătății / BSB27-MONITOX, Programul Operațional Comun Bazinul Mării Negre, Institute of Zoology, Center of Research of Hydrobiocenoses and Ecotoxicology. Chișinău: S. n., 2021. 112 p.

CZU: 581.1/.2

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p211-214

**PYRETHRUM CINERARIAEFOLIUM TREV. – SPECIES WITH INSECTICIDAL
PROPERTIES RESEARCHED IN THE BOTANICAL GARDEN**

**PYRETHRUM CINERARIAEFOLIUM TREV. – SPECIE CU PROPRIETĂȚI
INSECTICIDE CERCETATĂ ÎN GRĂDINA BOTANICĂ**

Colțun Maricica, PhD., assoc. prof. „Alexandru Ciubotaru”
National Botanical Garden (Institute), Moldova State University
Bogdan Alina, researcher, „Alexandru Ciubotaru”
National Botanical Garden (Institute), Moldova State University

Colțun Maricica, dr., conf. cercet.,
Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru”, USM
ORCID: 0000-0001-8470-3616
E-mail: maricicacoltun@gmail.com
Bogdan Alina, cercet. șt.
Grădina Botanică Națională (Institut) „Alexandru Ciubotaru”, USM
ORCID: 0000-0002-2069-0454
E-mail: alina.bogdan777@mail.ru

Abstract. The study is focused on the field of introduction, research and use of aromatic and medicinal plants. This article presents the results of some investigations, regarding the biological, morphological and ecological peculiarities of development, propagation and cultivation of the aromatic species with insecticidal properties – *Pyrethrum cinerariaefolium* Trev. – species introduced and researched in the “Plant Resources” Laboratory. The results obtained suggest the need to continue further studies to establish and explore the insecticidal properties, which open new prospects for the use of this species in the biological protection of plants.

Keywords: insecticidal plant, pyrethrum, introduction, phenological stages, biological protection.

Rezumat. Studiul este consacrat domeniului de introducere, cercetare și valorificare a plantelor aromatice și medicinale. Această lucrare prezintă rezultatele unor investigații privind particularitățile biologice, morfologice și ecologice de dezvoltare, înmulțirea și utilizarea speciei aromatice cu proprietăți insecticide *Pyrethrum cinerariaefolium* Trev., specie introdusă și cercetată în Laboratorul resurse vegetale. Rezultatele obținute conduc spre necesitatea continuării studiilor ulterioare pentru a stabili și a explora proprietățile insecticide, care deschid perspective de valorificare a speciei în protecția biologică a plantelor.

Cuvinte-cheie: plantă insecticidă, piretru, introducere, faze fenologice, protecție biologică.

Introduction

Currently, for the cultivation of agricultural plants, it is necessary to use means of biological protection against pests that would not only lead to increased productivity, but would also have a positive effect on product quality. Biologically active substances synthesized by aromatic and medicinal plants as secondary metabolites are used in various fields of the national economy, such as medicine, food, perfumery and the cosmetic industry. In some cases, they can be used as natural food preservatives for grains, legumes and as insecticides. The chemical components from plants offer an opportunity, in the near future, to be used as safe, environmentally friendly, natural, cost-effective, renewable and easily prepared biodegradable sources of insecticides. In this sense, the biologically active substances obtained from plants with insecticidal, antifeedant, repellent action on the pests attacking agricultural crops, which do not have a harmful effect on humans, mammals, beneficial entomofauna and on the environment, are very promising and valuable. Until now, research has been

carried out in order to identify plants with such properties. In the collection of aromatic plants, there is a small group of plants with insecticidal activity such as *Chenopodium ambrosioides* L., *Koellia virginiana* (L.) Mac.M., *Pycnanthemum muticum* L., *Lavandula angustifolia* Mill. etc., on the basis of which, in collaboration with other institutions, preparations were developed for the biological control of pests attacking agricultural crops. One of the species introduced and investigated, which can be recommended as an insecticidal plant is *Pyrethrum cinerariaefolium* Trev.

The inflorescences contain essential oil rich in thujone (up to 70%). All plant organs contain substances with insecticidal properties: pyrethrins, cynarines, jasmoline, which are mainly stored in the inflorescences. Mineral substances, nitrogenous principles, lipids, linoleic acid, palmitic acid, oleic acid were also identified [1,4]. Pyrethrins and cynarins are highly toxic substances to insects, but harmless to humans and animals. Therefore, according to some data, they are also used as insecticides to combat intestinal parasites in humans and animals [3].

Nowadays, natural pyrethrins have been virtually abandoned. They have been replaced with available synthetic analogues – pyrethroids. The substance got its name after comparing its chemical composition. Synthetic preparations act in the same way as natural insecticides. Entering the body of an invertebrate, they strike the nervous system and cause instant death. In this case, a much smaller amount of synthetic insecticide is used than the natural one. The plants do not suffer after treatment with pyrethrins or pyrethroids, and the harvest is environmentally friendly [6].

Materials and Methods

The study carried out covers the period of 2019-2023, the experiments were conducted in the experimental field of the "Plant Resources" Laboratory. The biological material used comes from the collection of aromatic plants of the Botanical Garden. The plants were grown in an open field with southern exposure, on a general agrotechnical background. The plants were propagated vegetatively by division, at the beginning of the growing season and generatively – by obtaining seedlings from seeds and sowing them directly in open ground [2]. Phenological observations and biometric measurements were made throughout the growing season [5].

Results and Discussions

Pyrethrum daisy (*Pyrethrum cinerariifolium* Trev. = *Chrysanthemum cinerariaefolium*) is a species in the family Asteraceae, it is also called Dalmatian pyrethrum. It is native to the southern regions of the Balkan Mountains and grows in the wild flora of the Dalmatian Coast, where it was discovered. Currently, it is cultivated in many European countries, such as Romania, Bulgaria, Ukraine, France, but especially in Central Asia and East Africa. In our country, this species can be cultivated on fertile and calcium-rich soils. Under the conditions of the Botanical Garden, it develops in the soil a brown, short, woody rhizome, about 1 cm thick, from which adventitious roots emerge, thin and 25-35 cm long, as well as many aerial stems. In the first year, it forms a rosette of leaves, and in the second year, the 35-75 cm tall stem grows, with numerous branches, each ending with an inflorescence. The leaves and stem are silver-green due to the very thick and silky bristles that cover them. The basal leaves are alternate, long-petiolate, 8-10 cm long and 1.5-2 cm wide, uni- or bi-pinnatisect, with narrow lanceolate laciniae, glabrous on the upper side and hairy on the underside. The leaves on the stem get increasingly narrow, are pinnatisect, with toothed or entire laciniae. The flowers are grouped in solitary heads, with an involucre consisting of bracts arranged in 4 rows. The

flower head consists of 18-24 ligulate, female ray flowers, white flowers and numerous tubular, yellow disc flowers. The fruits are small, yellow-brown, 5-edged achenes.

Under the local pedoclimatic conditions, pyrethrum seeds germinate at temperatures of 4-7°C and higher, but the optimal germination temperature is 15-20°C. On the surface of the soil, elongated-ovate cotyledons emerge, with a rounded tip and gradually narrowing towards the base. Usually the first 2 leaves are trilobed, with the terminal lobe obviously larger than the lateral ones. The following leaves are long petiolate. In the first days of June, the cotyledons start to dry, and the plants have 4-6 leaves of different sizes forming rosettes. At the end of the month, the first leaves dry up, and a lateral shoot with leaves also arranged in rosettes develops from the axil of each of them. At the same time, the root system develops. From the upper and middle part of the main root, numerous lateral roots grow. Pyrethrum in the first year of vegetation develops 2 types of shoots: vegetative and potentially generative. The vegetative ones do not bear fruit, but every year, from the axil of their leaves, potentially generative shoots develop, which in the first year function as vegetative shoots but, after winter, develop flowering stems, bear fruit and die. Other shoots that develop with age in the second half of the growing season are potentially generative. So the realization of the biological and physiological cycle of pyrethrum is possible only in climatic areas with long growing season.

As a result of the phenological observations carried out in the field, it was found that the growing season of the plants under the climatic conditions of the Republic of Moldova lasts for 130-135 days. The plants obtained from seeds during the first year of vegetation reach the pre-generative stages, developing only vegetative organs. In the 2nd and 3rd years of vegetation, the growth and development of plants is intense, reaching 47-77 cm in height, and the diameter of the bush 39-55 cm. A perennial bush (4-5 years) consists of 168-182 stems.

The high adaptive potential of the species is already noticeable at the pre-generative stages, which is achieved during the first growing season. In the pyrethrum plants, the differences between the specimens according to the degree of development disappear starting from the age of 3-4 years. Each vegetative shoot extends the monopodial growth, and the underground part gradually increases its size, that is, the younger parts get further and further away from the initial branching zone. Adventitious roots develop along the entire length of the underground parts, and towards the top – several potential generative shoots, which function as vegetative shoots for 3-4 years, then bear fruit and die. The development of numerous vegetative and potentially generative shoots leads to the formation of a compact and hemispherical bush. In this case, the duration of the generative phase obviously increases and then the plants pass simultaneously into the post-generative phase. The 3-4 years old perennial plants start growing in the middle of April, at the end of May the beginning of the flowering stage is recorded. In mid-June (June 14-18), the plants bloom. The full flowering stage lasts 25-30 days. In September the plants produce seeds. As a result of the phenological observations made in the field, it was found that the growing season of pyrethrum plants, under the conditions of the Republic of Moldova, lasts for 130-135 days.

Pyrethrum plants can achieve good results after being sown directly in the field. However, the small size of the seed, the slow growth of the seedlings and the uncertain success of seed germination, led us to resort to propagation by seedlings. Pyrethrum crops can also be propagated by division. By longitudinal sectioning, 4-20 seedlings with roots can be obtained from a bush, which are then transplanted in the final place in spring, before the start of active vegetation.

Pyrethrum inflorescences can be harvested from the 2nd year of cultivation, when 50-60% of the white ligulate ray flowers have opened and have a horizontal position, the harvest should be being

carried out on sunny days. The duration of this period is 3-5 days. An earlier harvesting would lead to losses in production, but also in quality. A later harvesting, when all the flowers have already opened, plant raw material of lower quality is obtained. As for the time of day, it is recommended that the harvest be carried out in the first half of the day, when the plants contain the largest amount of pyrethrins.

Conclusion

The pedoclimatic conditions of the Republic of Moldova are favorable for the growth and development of *Pyrethrum cinerariaefolium* Trev. plants. They are able to complete fully the ontogenetic cycle. The growing season lasts 130-135 days. The plants are characterized by tolerance to frost. The plants reproduce successfully both vegetatively (by division) and generatively (by sowing in open ground and by seedlings grown in the greenhouse). The plants bloom and bear fruit starting from the 2nd year of vegetation, during 6-8 years. Pyrethrins and cynarines are substances that provide the insecticidal properties of the plants. It is recommended to further explore *Pyrethrum cinerariaefolium* Trev., in order to make good use of it in the biological protection of plants.

Bibliography:

1. PĂUN, E. Sănătatea Carpaților (Sănătatea din cămară). București: Arta Grafică, 1995. 270 p.
2. FLOREA, V. Cultura plantelor medicinale. Chișinău: Universul, 2006. 312 p. ISBN 978-9975-9814-1-5.
3. VERZEA, M. *Pyrethrum cinerariaefolium* Trev. – Piretru. Tratat de plante medicinale și aromatice cultivate. București, 1988, vol. 2, pp. 175-183.
4. TELEUȚĂ, A.A. et al. Plante medicinale. Chișinău: Litera, 2008. 334p. ISBN 978-9975-74-009-8.
5. БЕЙДЕМАН, И.Н. *Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ*. Москва: Наука, 1974. 280 с.
6. САВЕНКО, Б.И., БОНДАРЕНКО, А.К. Возделывание ромашки далматской. Экспресс информация ЦБНТИ Медпром. Сер. Лекарственное растениеводство. Москва, 1982, с.1-9.

CZU: 338.48(498):910.4

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p215-222

SUSTAINABLE PROMOTION OF TOURIST DESTINATIONS IN ROMANIA

PROMOVAREA DURABILĂ A DESTINAȚIILOR TURISTICE DIN ROMÂNIA

*Drăguleasa Ionuț-Adrian, drd., Departamentul de geografie, Facultatea de Științe,
Școala Doctorală de Științe, Universitatea din Craiova*

*Desculțu Grigore Mihaela-Iuliana, drd., Departamentul de geografie, Facultatea de Științe,
Școala Doctorală de Științe, Universitatea din Craiova*

*Drăguleasa Ionuț-Adrian, PhD student, Geography Department, Faculty of Sciences,
Doctoral School of Science, University of Craiova*

ORCID: 0000-0003-1350-0779

E-mail: draguleasa.ionut.t7h@student.ucv.ro

*Desculțu Grigore Mihaela-Iuliana, PhD student, Geography Department, Faculty of Sciences,
Doctoral School of Science, University of Craiova*

ORCID: 0009-0004-8217-3753

E-mail: mihaela.grigore@starholiday.ro

Rezumat. *Ca țară, România urmărește să-și promoveze la nivel internațional autenticitatea, diversitatea tradițiilor și obiceiurilor, potențialul turistic natural și moștenirea cultural-istorică. În secolul XXI, din punct de vedere turistic, mass-media joacă un rol important în promovarea imaginii destinațiilor turistice din România. Scopul acestui studiu științific este de a identifica, analiza, procesa și interpreta datele statistice disponibile despre destinațiile turistice din România cu ajutorul sistemelor de informații geografice (GIS) pentru a informa factorii de decizie locali și turiștii despre adevăratele valori naturale și valorile culturale ale spațiului geografic românesc.*

Cuvinte-cheie: *promovare durabilă, destinații turistice, ghid de promovare, sosiri turistice, GIS, România.*

Abstract. *As a country, Romania seeks to internationally promote its authenticity, diversity of traditions and customs, natural tourist potential, and cultural–historical heritage. In the 21st century, from a tourist point of view, mass media plays an important role in promoting the image of tourist destinations in Romania. The purpose of this scientific work is to identify, analyze, process, and interpret the available statistical data about tourist destinations in Romania with the aid of geographic information systems (GIS), in order to inform local decision-makers and tourists about the true natural and cultural values of the Romanian geographical space.*

Keywords: *sustainable promotion, tourist destinations, promotion guide, tourist arrivals, GIS, Romania.*

Introduction

The promotion of tourist destinations is based on the expectations and desires of tourists [1], which are fulfilled when connection with a vivid image of a tourism objective in their consciousness is achieved and, at the same time, they experience emotional feedback [2, 3, 4]. Each of the tourist destinations analyzed in this research are picturesque landscapes and lookout areas, which unify into a floristic and faunal landscape system.

A tourist destination is a location for tourism activities to be carried out, and the visitors are the core of the tourism activities within tourist resorts. With the accelerated growth of tourism, many tourists are heading to tourist destinations in Romania to carry out tourist activities.

From the visitor's point of view, the choice of a tourist destination is determined by the following characteristics: tourist attractions, previous satisfaction with a spectacular destination, the tourist's wants and needs, the image of the tourist destination, the distance from home, the interactions between visitors and the local community and, finally, the tourist's budget [5, 6].

In the process of sustainable promotion of tourist destinations, sustainable tourism should be seen as a new and indispensable development strategy in the medium- and long-term, which truly takes into account the repercussions of tourism on the whole process of economic, environmental, and social development; sustainable development is also an important way to increase the competitiveness of tourist destinations and social prosperity [7, 8].

In many cases, sustainable tourism promotion is at the core of efforts to build and realize the tourism brand for countries, urban areas, historical regions, and major tourist destinations. Tourist information centers, tourist documentation on tourist destinations, and tourist promotion offices in Romania, together with decision-makers from local and county public administrations, should develop strategies for designing, structuring, and promoting the representative tourist destinations of Romania.

Better knowledge, understanding, and distribution of the geographical location of tourist destinations in Romania can be achieved using geographic information systems (GIS), which are widely used to analyze, edit, and visualize geographic data [9, 10].

Methodology

Study Area

According to Prăvălie et al. (2020), Romania is the largest country in south-eastern Europe [11]. Romania (Figure 1) is located in Central Europe [12, p. 17]. It has an area of 238,391 km², thus occupying the 13th place in Europe in terms of largest countries, covering about 4.8% of the surface of the continent, and is the 80th largest country on the globe. Its position within the continent places Romania at almost equal distances from the continent's extreme points – Cape Roca (about 2,950 km) in the SW, the Ural Mountains (2,600 km) in the east and the North Cape (2,800 km) in Norway. To the south, Cape Matapan in the Peloponnese Peninsula is only 1,050 km away [13].

Data Sources

First, previous research on tourist destinations in Romania was analyzed. For this, the Google Scholar and Web of Science databases were explored, using "tourism promotion" and "tourism destinations" as the main keywords.

Second, the scientific documentation stage consisted of using the sources for the preparation and analyses necessary for the research.

This study only used secondary data collected from the National Institute of Statistics [14]. The secondary data focus on analysis of the number of tourist arrivals, and on the specifics of the development and promotion of tourist destinations in Romania. Based on the secondary data, various graphs were produced using the descriptive statistical method.

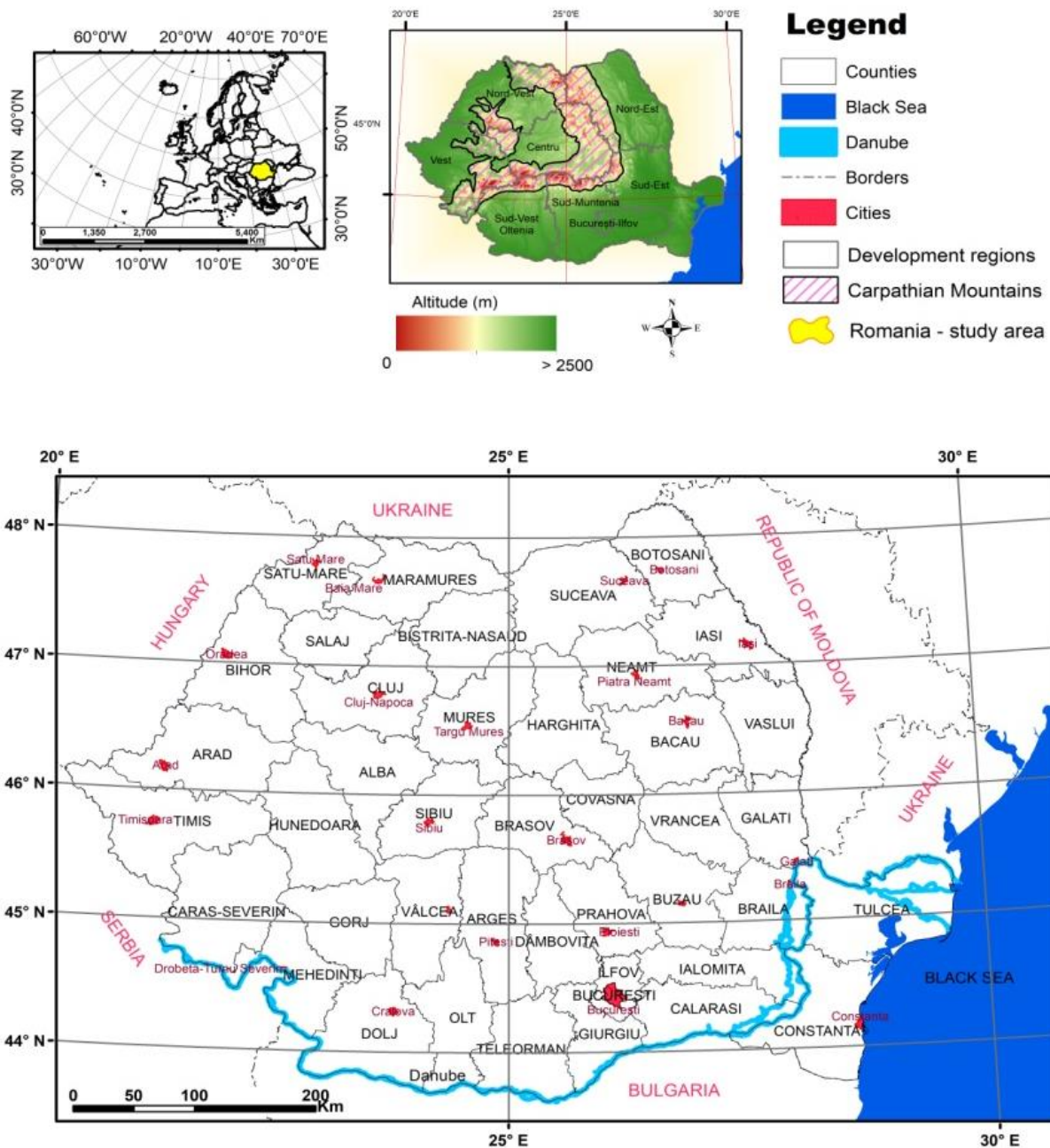


Fig. 1. Romania's position on the continent and its national context

Source: Authors' processing of ArcGIS 10.7.2 data

Results and Discussion

What is a tourist destination?

A tourist destination is a well-defined geographical space where a tourist stops—either for one or more nights of accommodation (within tourist reception structures, e.g., hotels, motels, tourist guesthouses, tourist villas, etc.) or for a short period of time—regardless of whether they are traveling for tourism or business purposes. As a result, we can appreciate the fact that a tourist destination includes two significant elements, from the point of view of tourism development and promotion (Figure 2):

1) Tourist attractions, which include historical monuments, memorial houses, museums, theaters, cinemas, zoos, parks and urban gardens, nature reserves, beaches, viewpoints or areas, and so on.

2) Tourist facilities, which include hotels, motels, mansions, restaurants, campsites, amusement parks, and tourist information and documentation centers.

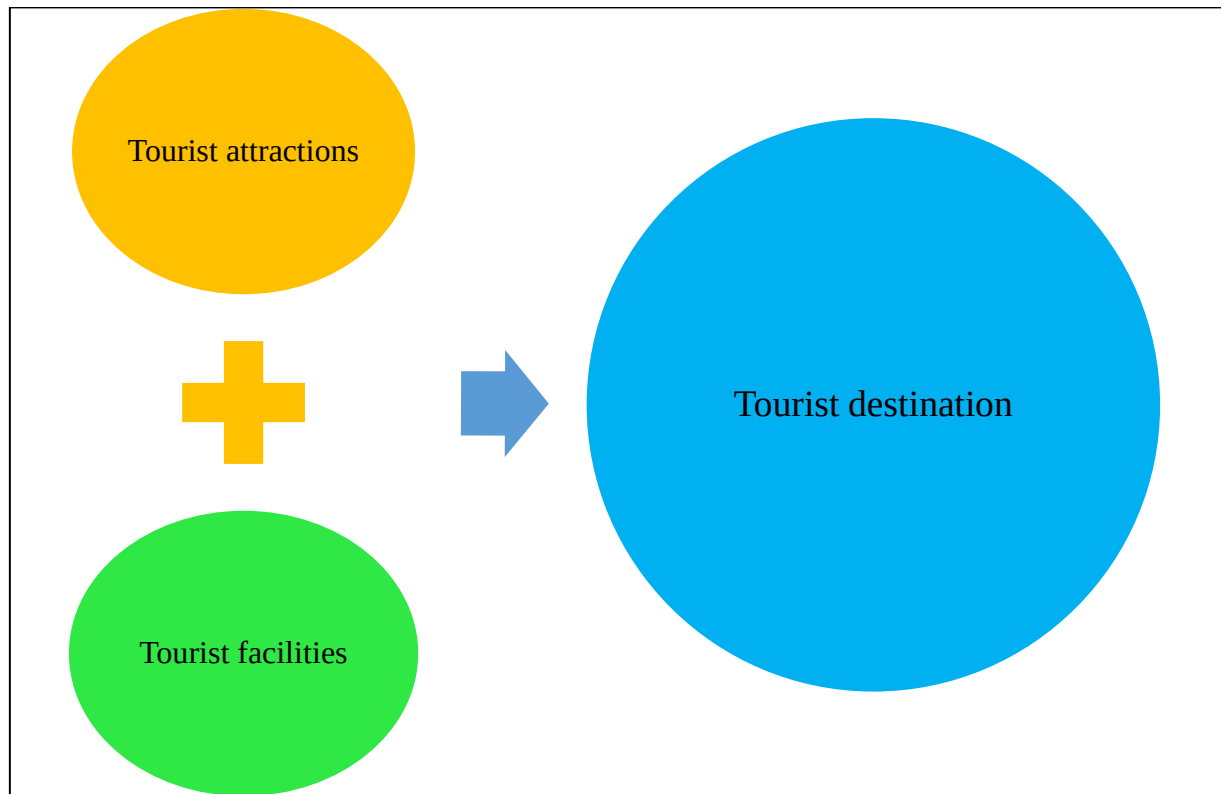


Fig. 2. The elements of a tourist destination

Analysis of tourist arrivals and presentation of tourist destinations

Remarkably, in Romania, several tourist destinations (according to INS, 2024) experienced an impressive revitalization of national and international tourist arrivals (Figure 3) immediately after the lifting of all social distancing restrictions. An increase in the number of Romanian tourist arrivals was recorded in 2022 (Figure 3), compared to the 2020–2021 period characterized by the spread of the contagious SARS-CoV-2 virus. This increase in the number of tourist arrivals was observed in spa resorts, resorts in the mountain area, Bucharest, and county seat cities, exclusively in Tulcea, as well as also other localities and tourist routes.

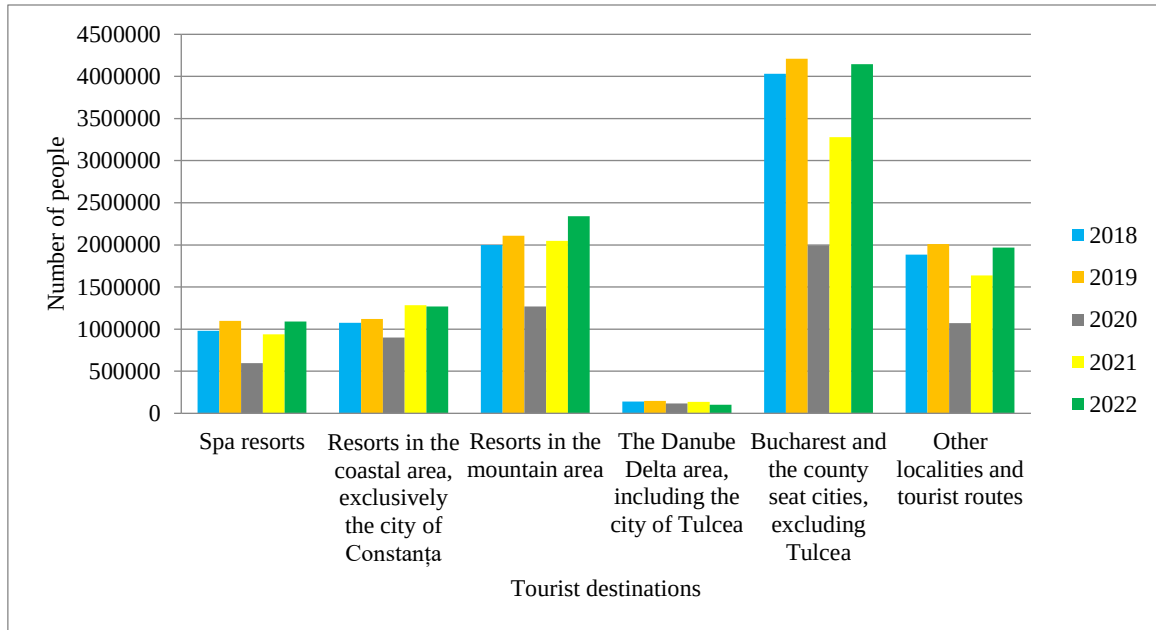


Fig. 3. Number of Romanian tourist arrivals at tourist destinations in Romania

Source: Authors' processing of NIS data [14].

With regard to the arrivals of foreign tourists in tourist destinations in Romania (Figure 4), for the period 2018-2022, the largest increase was recorded in 2018 in Bucharest and the cities of the county, excluding Tulcea; in the following years, a downward trend was recorded in 2019 and 2020.

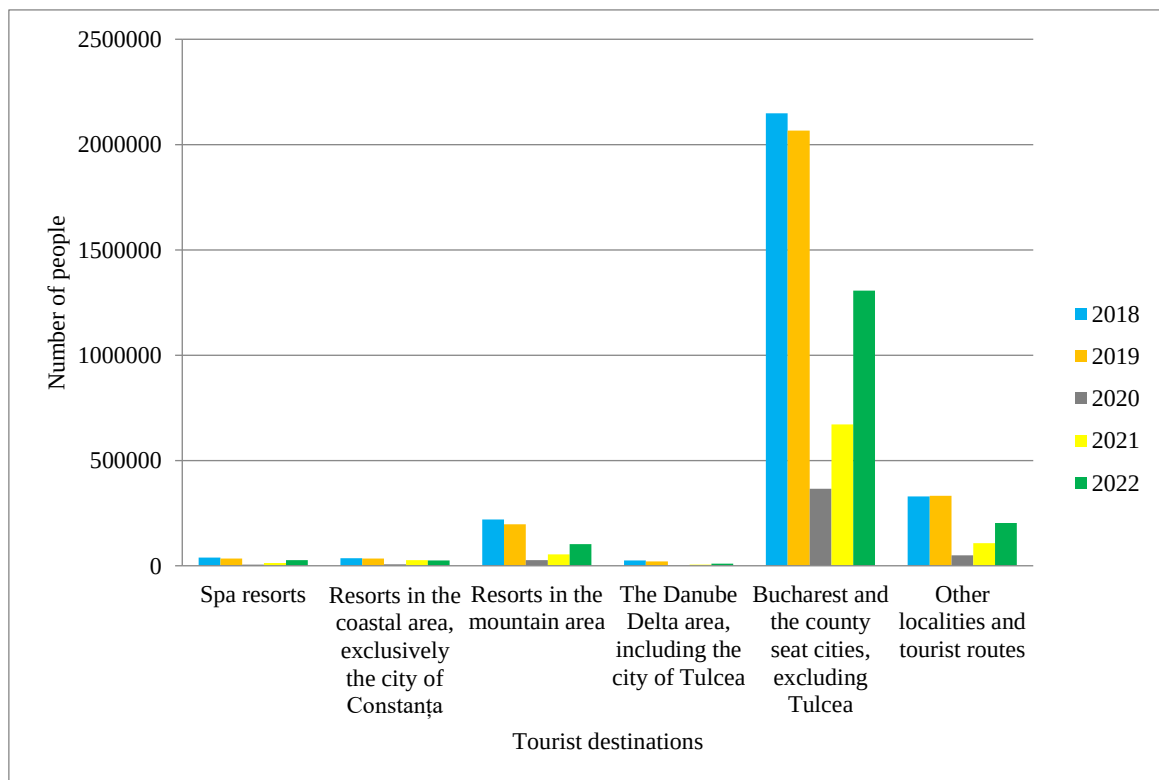


Fig. 4. Number of foreign tourist arrivals at tourist destinations in Romania

Source: Authors' processing of NIS data [14]

The capital of Romania, Bucharest, was founded in 1459 and is the largest cultural and industrial center in Romania. The main attraction of Bucharest is its old center, characterized by very narrow streets, small squares, and a diversity of restaurants, bars, and terraces.

The seaside resorts include Mamaia, located in the northern part of the Coast; Eforie Nord, the second-largest resort on the Romanian Coast; Eforie Sud, a very quiet and small resort; Techirghiol; Mangalia; Neptun; Olimp; Jupiter; Cap Aurora; Venus; and Costinesti.

The Romanian Carpathian chain represents the most favorable geographical space to engage in a varied range of tourist activities, such as ecotourism in national and natural parks, hiking in the Bucegi Massif, rural tourism in traditional villages that promote authenticity and traditions, off-road trips through the Jiului Valley, pilgrimages in the North of Moldova and Vâlcea county, and so on.

The balneo-climate resorts in Romania that are of major importance for treatment and leisure tourism (i.e., spa tourism) are Băile Felix, Buziaș, Băile Olănești, Băile Govora, Slănic Prahova, Amara, Băile Tușnad, Slănic Moldova, Sovata, Praid, Borsec, and many others (see Figure 5).

The Danube Delta (Figure 5) is considered to be the largest river delta for the conservation of flora and fauna biodiversity in Europe. Last, but not least, the Danube River is the second-longest river in Europe, originating in the Black Forest in Germany.

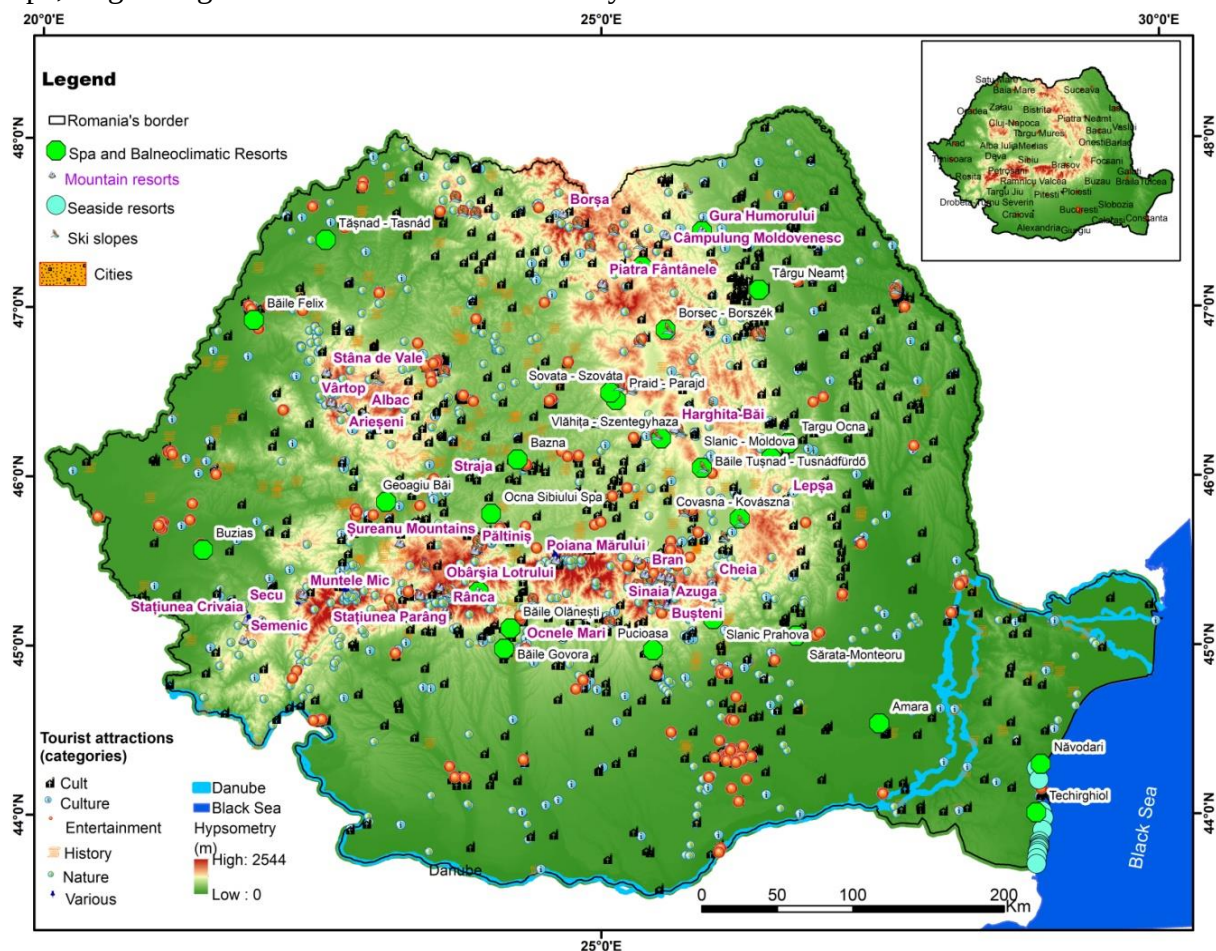


Fig. 5. Tourist destinations/goals in Romania
Source: Authors' processing of ArcGIS 10.7.2 data

The initiative to implement "The National Guide for the Support and Promotion of Romania Tourism"

Programs for the promotion of tourist destinations in Romania must have two major strategic objectives in mind: (1) the presentation of the tourist objectives inside the tourist destinations/resorts in the most attractive way, and (2) the consolidation of a good notoriety for the tourist services from these tourist destinations/resorts.

The strategic objectives regarding the promotion of tourist destinations in Romania in the international market should be implemented through a "National Guide for the Support and Promotion of Romanian Tourism," which should include concrete actions or activities for potential tourists, the local population, and state institutions. This guide will be reviewed and adapted periodically (once every two years) and will include evaluations of tourist demand trends; analyses of the services and products offered; the identification of new products and services adapted to the needs of tourists; verification of the activities carried out at the information centers and the information offices' tourism promotion; the development of a database of tourist attractions in Romania; the identification of the main tourist spatial circuits that offer added value to tourist destinations; the identification of secondary attractions for sustainable tourism (pottery; weaving; egg dyeing workshops); the design of a calendar containing the festivals and fairs that are organized within the tourist destinations; the creation of "urban-polarizing networks" of exhibitions with the sale of exclusively traditional and ecological products; and investigations of the impact that the application of the proposed guide will have on the domestic and international tourist markets (e.g., the flows of tourists, expenses for promotion, income from tourism).

A fundamental criterion in the emergence, conception, and successful implementation of the National Guide for the Support and Promotion of Romanian Tourism is the establishment of an appropriate organizational framework and collaborative partnerships between the local and county administration institutions, tourism agencies, professional associations active in the sphere of tourism, professional organizations, and NGOs.

Conclusions

There should be dialogues, discussions, and open debates involving all tourism actors (e.g., tourism agencies, local communities, entrepreneurs, managers of tourist reception structures, tourist guides, and various interested parties) regarding the sustainable promotion of destination tourism from the tourism sector.

This research work can be built upon with new perspectives and opportunities; for example, through promoting forms of tourism that can be practiced within tourist destinations, promoting guided tours, the promotion of tourist objectives and viewpoints, and educational activities, festivals, traditions and exhibitions that offer tourists the opportunity to learn more about the tourist activities.

The tourist attractions and facilities that make up a tourist destination represent two very important elements that should be considered in order to promote tourism in the most sustainable way possible, protecting the areas that are inside or in the vicinity of the tourist destinations in Romania.

The future directions of our team's research will focus on deepening of the research on the resorts in mountainous, coastal, and spa areas, as well as in county seat cities. The second direction of research will focus on the mapping of other tourist locations and tourist routes with the help of geographical information systems (GIS), specifically QGIS. The third direction of research will focus on the application of a questionnaire related to integrated marketing communication activities, in order to improve tourist resorts from a tourism point of view in the international market.

In conclusion, the main methods for the sustainable promotion of tourist destinations in Romania are flyers and brochures, advertising in print media and specialized websites, TV advertising, travel agencies, tourism fairs, and tourist information centers.

Bibliographie:

1. GORMAN, C.E. Landscape and Geotourism: Market Typologies and Visitor Needs. In: *Proceedings of the "European Tourism and the Environment Conference: Promotion and Protection, Achieving the Balance"*, Dublin, Ireland, 2007, 11-12 Oct. [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.21427/D7DF3J>.
2. PRALONG, J.P. Geotourism: A New Form of Tourism Utilising Natural Landscapes and Based on Imagination and Emotion. In: *Tourism Review*. 2006, vol. 61(3), pp. 20-25 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.1108/eb058476>.
3. AQUINO, R.S., SCHÄNZEL, H.A., HYDE, K.F. Unearthing the geotourism experience: Geotourist perspectives at Mount Pinatubo, Philippines. In: *Tourist Studies*. 2018, vol. 18 (1), pp. 41-62 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.1177/1468797617717465>.
4. DINCĂ, I., KESHAVARZ, S.R., ALMODARESI, S.A. Landscapes of the Yazd-Ardakan Plain (Iran) and the Assessment of Geotourism – Contribution to the Promotion and Practice of Geotourism and Ecotourism. In: *Land*. 2023, vol. 12 (4), p. 858 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.3390/land12040858>.
5. ALBĂ, C.D., POPESCU, L.S. Romanian Holiday Vouchers: A Chance to Travel for Low-Income Employees or an Instrument to Boost the Tourism Industry? In: *Sustainability*. 2023, vol. 15 (2), p. 1330 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.3390/su15021330>.
6. POPESCU, L., ALBĂ, C.D., MAZILU, M., ȘOȘEA, C. "Should I Go or Should I Stay?" Why Do Romanians Choose the Bulgarian Seaside for Their Summer Holiday? In: *Sustainability*. 2023, vol. 15 (15), p. 11802 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.3390/su151511802>.
7. PAUNOVIĆ, I., DRESSLER, M., MAMULA NIKOLIĆ, T., POPOVIĆ PANTIĆ, S. Developing a competitive and sustainable destination of the future: Clusters and predictors of successful national-level destination governance across destination life-cycle. In: *Sustainability*. 2020, vol. 12(10), p. 4066 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.3390/su12104066>.
8. MAZILU, M., NIȚĂ, A., DRĂGULEASA, I.-A., MITITELU-IONUȘ, O. Fostering Urban Destination Prosperity through Post COVID-19 Sustainable Tourism in Craiova, Romania. In: *Sustainability*. 2023, vol. 15(17), p. 13106 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.3390/su151713106>.
9. VÎLCEA, C., POPESCU, L., NIȚĂ, A. Historical Buildings and Monuments as Cultural Heritage In Situ – Perspectives from a Medium-Sized City. In: *Heritage*. 2023, nr. 6(6), pp. 4514-4526 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.3390/heritage6060239>.
10. DRĂGULEASA, I.-A., NIȚĂ, A., MAZILU, M., Curcan, G. Spatio-Temporal Distribution and Trends of Major Agricultural Crops in Romania Using Interactive Geographic Information System Mapping. In: *Sustainability*. 2023, nr. 15 (20), p. 14793 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.3390/su152014793>.
11. PRĂVĂLIE, R., PATRICHE, C., SĂVULESCU, I., ȘÎRODOEV, I., BANDOC, G., SFÎCĂ, L. Spatial assessment of land sensitivity to degradation across Romania. A quantitative approach based on the modified MEDALUS methodology. In: *Catena*. 2020, 187, 104407 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104407>.
12. POSEA, G. *Geografia fizică a României. Partea I: Date generale, poziție geografică, relief. Evaluare – Teste-grilă*. București: Editura Fundației România de Măine, 2003. 262 p. ISBN 973-582-759-X, 973-582-760-3.
13. IELENICZ, M., PĂTRU, I. *Geografia fizică a României*. București: Editura Universitară București, 2005. 255 p. ISBN 973-7787-47-1.
14. INSTITUTUL NAȚIONAL DE STATISTICĂ [online] [accesat 17.02.2024]. Disponibil: <http://statistici.insse.ro:8077/tempo-online/#/pages/tables/insse-table>.

CZU: 581

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p223-228

**DIVERSITATEA PLANTEI PARAZITE LUPOAIA
PE TERITORIUL REPUBLICII MOLDOVA**

**THE DIVERSITY OF THE PARASITIC PLANT BROOMRAPE
ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA**

Duca Maria, dr. hab., prof. univ., acad. USM

ORCID: 0000-0002-5855-5194

E-mail: maria.duca@usm.md

Clapco Steliana, dr., conf. cercet., USM

ORCID: 0000-0001-7147-2740

E-mail: steliana.clapco@usm.md

Mutu Ana, dr., USM

ORCID: 0000-0001-8603-142X

E-mail: ana.mutu@usm.md

Rezumat. În condițiile schimbărilor climatice, se constată o creștere alarmantă a diversității speciilor de fitopatogeni și extinderea acestora spre noi areale, fapt ce afectează grav ecosistemele naturale și agricole. Specia *Orobanche cumana* Wallr. – un parazit specific florii-soarelui – relevă un nivel înalt de biodiversitate, caracterizându-se prin existența unui șir de biotipuri (rase) cu virulență diferită. Studiarea diversității raselor în contextul agroecosistemelor de floarea-soarelui devine crucială, inclusiv din considerentele stabilirii modului în care lupoaia evoluează și se adaptează la presiunea mediului în schimbare. Analizând cronologia apariției raselor de lupoaie pe teritoriul Republicii Moldova, concluzionăm că până în anii 2000, situația era relativ stabilă, cea mai agresivă rasă fiind E, pe când în perioada următoare, procesul de dezvoltare a *O. cumana* și apariția noilor biotipuri mai agresive și virulente a devenit mult mai rapid, rasele noi obținând o poziție dominantă, practic substituind biotipurile vechi. În acest context este esențială reevaluarea practicilor agricole și identificarea soluțiilor sustenabile, elaborarea unor proceduri de monitorizare a stării actuale, proceduri adecvate de atenuare a riscurilor, cum ar fi decontaminarea, carantina, dezvoltarea unor protocoale și proceduri de certificare etc.

Cuvinte-cheie: floarea-soarelui, lupoaie, diversitate, rase.

Abstract. In the conditions of climate change, there is an alarming increase in the diversity of phytopathogenic species and their distribution to new areas, a fact that seriously affects natural and agricultural ecosystems. The specie *Orobanche cumana* Wallr. (sunflower broomrape) presents a high level of diversity and it is characterized by the existence of a series of biotypes with different virulence (races). Studying of the diversity of broomrape races is important for understanding the mechanisms of parasite evolution and adaptation to environmental changes. Analyzing the chronology of the appearance of sunflower broomrape races on the territory of the Republic of Moldova, we conclude that until the 2000s, the situation was relatively stable, the most aggressive being race E, while in the following period, the development of *O. cumana* and appearance of new, more aggressive and virulent biotypes became much faster. New races gained a dominant position and practically replaced the old biotypes. In this context, it is essential to analyze agricultural practices and identify sustainable solutions, develop procedures for monitoring the current state of parasite, develop appropriate risk mitigation procedures, such as decontamination, quarantine, as well as the protocols of certification etc.

Keywords: Sunflower, Broomrape, Diversity, Races.

Introducere

În condițiile schimbărilor climatice se constată o creștere alarmantă a diversității speciilor de patogeni de origine fungică, bacteriană sau virotică și extinderea acestora în noi areale, fapt ce afectează grav ecosistemele naturale și agricole. Creșterea incidenței și severității focarelor de boli

ale plantelor prezintă riscuri semnificative pentru productivitatea primară, securitatea alimentară globală și pierderea biodiversității pentru multe zone vulnerabile [3, 9, 14].

Un grup important de paraziți asociați cu diferite plante-gazdă (de cultură și din flora spontană) este reprezentat de angiospermele din genul *Orobanch* L., care cuprinde aproximativ 200 de specii răspândite în întreaga lume. Diversitatea speciilor și subspeciilor de *Orobanch* este destul de mare. Pe lângă aceste categorii strict taxonomice, multe dintre specii sunt caracterizate inclusiv prin existența raselor fiziologice – biotipuri adaptate pentru a se dezvolta pe anumite genotipuri ale plantelor de cultură [7].

Unul dintre cei mai răspândiți patogeni este angiosperma lupoia (*Orobanch cumana* Wallr.), care parazitează pe floarea-soarelui, însoțind planta practic din momentul introducerii acesteia în cultură [12]. Specia relevă un nivel înalt de biodiversitate, caracterizându-se prin existența unui șir de biotipuri cu virulență diferită (8 rase fiziologice). În ultimii ani, planta-parazit demonstrează o evoluție mult mai rapidă, formele agresive exercitând o influență negativă substanțială asupra indicilor de productivitate ai gazdei [5, 12].

În acest sens, studierea diversității raselor de lupoia în contextul agroecosistemelor de floarea-soarelui devine crucială din mai multe motive, inclusiv din considerentele stabilirii modului în care lupoia evoluează și se adaptează la presiunea mediului în schimbare. Cercetările în domeniu furnizează informații utile pentru gestionarea durabilă a ecosistemelor afectate, iar înțelegerea mecanismelor de adaptare ale lupoiei și a impactului acesteia asupra ecosistemului pot ghida practicile agricole, promovând astfel conservarea biodiversității și menținerea echilibrului ecologic în fața provocărilor determinate de schimbările climatice și de extindere a patogenilor.

Material și metode

În calitate de material biologic, au servit semințele de lupoia colectate în perioada 2019-2020 din câmpurile de floarea-soarelui infestate, amplasate în diferite zone ale Republicii Moldova (Soroca, Bălți, Prepețița, Căzănești, Izbiște, Holercani, Chișinău, Sărata Mereșeni, Gura Galbenei, Grigorievca, Popeasca, Congaz, Svetlii, Taraclia, Alexanderfeld).

Virulența populațiilor de *O. cumana* a fost evaluată utilizând un șir de linii analizoare homozigote și hibrizi comerciali de floarea-soarelui care includ gene de rezistență la diferite rase de lupoia, după cum urmează: LC1003A – rezistent la rasa E; LC1093A – rezistent la rasa F; H₁E – rezistent la rasa G (oferite de Institutul Național de Cercetare și Dezvoltare Agricolă Fundulea Romania) și H₂Lg (Limagrain) – rezistent la rasa H, inclusiv genotipul Performer, susceptibil la acțiunea parazitului.

Experiențele au fost realizate în două repetiții, în lăzi care conțineau un amestec de nisip și turbă în raport de 1:1, v / v, infestate cu semințe de lupoia (30 mg semințe la 200 g amestec). Plantele de floarea-soarelui (câte 15 în fiecare ladă) au fost cultivate în seră timp de 80 de zile la temperaturi de 18/24 ° C (noapte / zi) cu o fotoperioadă de 14 h / 10 h. După perioada de cultivare, a fost cuantificat numărul total de plante infestate, precum și numărul de atașamente de lupoia (tuberculi, lăstari aerieni și subterani) per plantă-gazdă, determinându-se frecvența (F, %), intensitatea (I, %) și gradul de atac (GA) [13].

Rezultate și discuții

Primele mențiuni referitoare la infestarea florii-soarelui cu lupoia datează din a doua jumătate a secolului XIX. Astfel, conform datelor prezentate de Morozov, în 1866, parazitul a fost observat în câmpurile din regiunea Voronej. Treptat, *O. cumana* s-a extins în regiunile sudice ale Rusiei și Ucrainei, adiacente Mării Negre, precum și în alte țări riverane (România, Bulgaria, Turcia), iar începând cu a doua jumătate a secolului XX, lupoia a fost detectată în aproximativ 60 de țări din întreaga lume, inclusiv Europa de Est, țările mediteraneene, Orientul Mijlociu, Africa de Nord și de

Est, Asia de Vest și de Sud (Afganistan, Iran, Armenia, Azerbaidjan, Georgia, Kazahstan, Kârgâzstan, Tadjikistan, Turkmenistan, Uzbekistan, Mongolia, China, Nepal, Israel) [8].

Pentru prima dată, pe actualul teritoriu al Republicii Moldova, lupoia a fost observată în perioada 1860-1870. Ulterior, Afanasiev și Arhanghelschi [1] au descris nivelul diferit de infestare a câmpurilor agricole, în funcție de soiurile cultivate, fapt ce sugera prezența a două rase cu virulență diferită (A și B), similare celor raportate în Rusia și Ucraina [16]. Cercetările realizate în perioada anilor 1960-1970 asupra populațiilor de *O. cumana* din diferite regiuni ale țării au indicat existența a peste 60 de biotipuri de lupoie, majoritatea fiind atribuite rasei A (65%) și B (25%). Mai mult, au fost identificate biotipuri mai virulente (rasa C), care au depășit rezistența genetică și au infestat soiurile de floarea-soarelui rezistente la rasa A și B [15, 17].

Studiile efectuate la începutul anilor 2000 în cinci raioane ale țării au relevat prezența preferențială a rasei A (30-50%), B și C (18-25%). Rasa D și E au fost identificate într-un procent mic (8-18%, respectiv 2-5%), iar rasa F – sporadic [10]. Prezența rasei F în agroecosistemele de floarea-soarelui de pe teritoriul Republicii Moldova a fost confirmată ulterior de Rotarenco [11].

În câțiva ani, o nouă rasă G, mai agresivă, a fost identificată în unele câmpuri concomitent cu rasele deja raportate D, E și F [6]. Cercetările axate pe identificarea statutului rasial au fost extinse în 2014, fiind analizate peste 90 de câmpuri de floarea-soarelui din diferite regiuni ale Republicii Moldova și constatându-se o prezență masivă a lupoiei în centrul și sudul țării și sporadică – în câmpurile de floarea-soarelui din zona de nord.

În timpul expedițiilor au fost colectate 39 de populații de lupoie, care au fost incluse în studiile de laborator. Conform rezultatelor evaluării virulenței, în câmpurile de floarea-soarelui din Republica Moldova a fost identificată rasa fiziologică E sau mai puțin virulentă decât E (35,9%), F (15,4%), G (25,6%) și H (23,1%). În zona centrală a țării a predominat rasa $\leq$ E (65%), în timp ce în sud au fost prezente preponderent rasele mai agresive G și H (în aproximativ 63% din câmpuri) [4].

Aceleași localități au fost analizate în perioada 2019-2020, fiind colectate 15 populații de lupoie. Studiul realizat a relevat, în majoritatea localităților analizate, prezența unor rase mai agresive față de cele stabilite în investigațiile din 2014, unele populații de lupoie infestând inclusiv genotipul de floarea-soarelui care conține gene de rezistență la rasa H, fapt ce sugerează apariția unor noi biotipuri mai virulente decât rasa H.

Astfel, conform analizelor din sere și laborator (Figura 1D), populațiile din Soroca, Izbiște, Svetlii, Taraclia și Alexanderfeld au parazitizat hibridul H₂Lg rezistent la rasa H. Cea mai agresivă a fost populația din Taraclia, care a prezentat o frecvență moderată de atac (40,0%), cu număr redus de atașamente per plantă-gazdă (2,0), urmată de populația din Svetlii cu 1 atașament per plantă și nivel scăzut al incidenței parazitului (13,3%). Lupoia colectată din Bălți și Sărata Mereșeni a infestat genotipurile de floarea-soarelui cu gene de rezistență la rasa F-G, fiind atribuită rasei H (Figura 1A-C).

Similar studiilor anterioare, populația colectată din localitatea Căzănești a afectat doar genotipul susceptibil, fiind identificată ca rasa E sau mai puțin virulentă decât E.

În alte cazuri, rezultatele au fost diferite de cele raportate în 2014 [4], majoritatea populațiilor de *O. cumana* fiind atribuite unor rase mai virulente. Populațiile din Izbiște și Holercani, determinate anterior ca rasa E sau mai puțin virulentă ca E, au afectat hibridul H₁E rezistent la rasa G (ambele populații), precum și hibridul H₂Lg cu gene de rezistență la rasa H (Izbiște).

Populația din Holercani a prezentat o frecvență moderată de atac (57,9%) și un număr destul de înalt de atașamente (5,0) pe hibridul H₁E (Figura 1C). În cazul populației colectate din Izbiște s-a observat o incidență moderată a atacului, cu un număr redus de atașamente de *O. cumana* pe hibridul H₁E și, respectiv, H₂Lg (Figura 1C, D). Populațiile din Chișinău și Ștefan Vodă (Popeasca) cunoscute ca aparținând rasei $\leq$ E, respectiv, F au afectat liniile LC1003 și LC1093 rezistente la rasa E și F, fiind atribuite rasei G. Populația din Popeasca a parazitat inclusiv hibridul H₁E, gradul de atac fiind însă foarte scăzut (frecvență – 6,7%, rata de atac – 0,07).

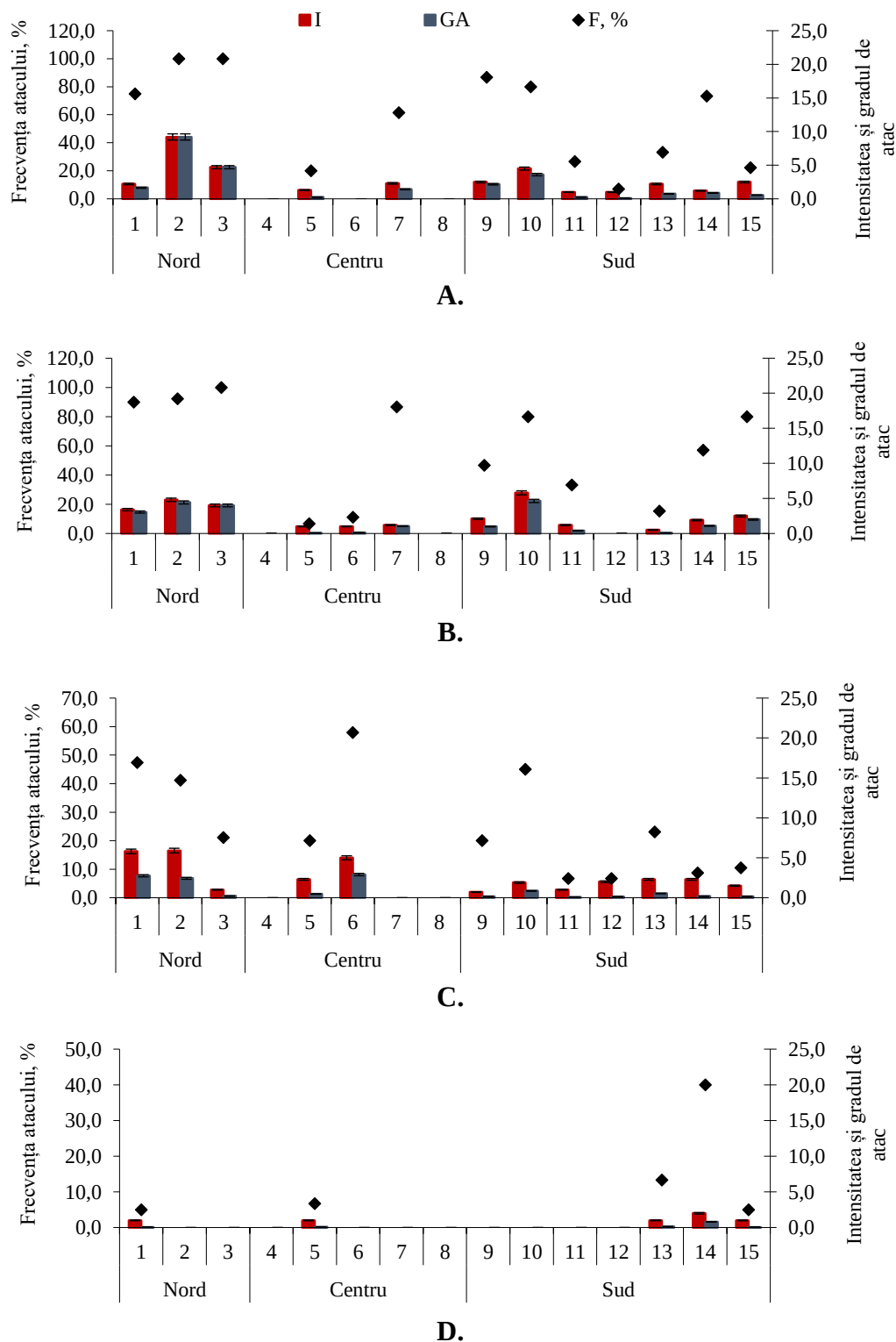


Fig. 1. Frecvența, intensitatea și rata de atac ale populațiilor de lupoaie din Republica Moldova asupra genotipurilor diferențiatore

Notă: A – LC1003A rezistent la rasa E; B – LC1093A rezistent la rasa F; C – hibrid H₁E rezistent la rasa G; D – hibrid H₂Lg rezistent la rasa H.

1. Soroca; 2. Bălți; 3. Prepețița; 4. Căzănești; 5. Izbiste; 6. Holercani; 7. Chișinău; 8. G. Galbenii; 9. Sărata Mereșeni; 10. Grigorievca; 11. Popeasca; 12. Congaz; 13. Svetlii; 14. Taraclia; 15. Alexanderfeld.

Lupoaia colectată din Prepelița și Grigorievca a infestat toate genotipurile de floarea-soarelui, cu excepția hibridului H₂Lg, fiind atribuite rasei H, comparativ cu rasa F în studiul anterior. Acestea au prezentat o frecvență a atacului cuprinsă între 21,0 și 100,0%. De asemenea, populația din Soroca, determinată anterior ca rasă G, a fost atribuită unei rase mai virulente. Conform rezultatelor, aceasta a afectat toate genotipurile de floarea-soarelui, inclusiv hibridul H₂Lg rezistent la rasa H (F – 5,0%; I – 1,0). Populația din Gura Galbenei a infestat doar genotipul susceptibil și a fost clasificată ca rasă E sau mai puțin virulentă decât E, în timp ce în analiza anterioară în această localitate a fost identificată rasa G (Tabelul 1).

Tabelul 1. Statutul rasial al populațiilor de lupoaie din diferite localități ale Republicii Moldova (2014, 2020)

Populații	Rase (2014)	Rase (2020)	Populații	Rase (2014)	Rase (2020)	Populații	Rase (2014)	Rase (2020)
Soroca	G	H/ H+	Holercani	≤ E	H	Popeasca	F	G
Bălți	H	H	Chișinău	≤ E	G	Congaz	H	H
Prepelița	F	H	G. Galbenei	G	≤ E	Svetlii	H	H/ H+
Căzănești	≤ E	≤ E	S. Mereșeni	H	H	Taraclia	H	H/ H+
Izbiște	≤ E	H/ H+	Grigorievca	F	H	Alexanderfeld	H	H/ H+

Aceste rezultate pot fi explicate prin existența unor patotipuri cu virulență diferită în aceleași câmpuri sau câmpuri proxime, precum și apariția noilor biotipuri extrem de agresive (la Soroca, Izbiște, Svetlii, Taraclia și Alexanderfeld), capabile să infesteze chiar și hibrizii considerați rezistenți la cea mai virulentă rasă H. O eterogenitate ridicată în virulența lupoaiei și prezența în aceleași câmpuri a unor amestecuri de rase, unde este dominant un tip sau altul, a fost raportată de Antonova și colab. [2].

Concluzii

Analizând cronologia apariției raselor de lupoaie pe teritoriul Republicii Moldova, concluzionăm că până în anii 2000, situația era relativ stabilă, cea mai agresivă rasă fiind E, pe când în perioada următoare, procesul de dezvoltare a *O. cumana* și apariția noilor biotipuri, mai agresive și virulente, a devenit mult mai rapid. Acest fapt poate fi explicat prin intensificarea activităților de reproducere a florii-soarelui și, respectiv, prin presiunea de selecție exercitată de hibrizi rezistenți asupra parazitului. Rasele noi, mai virulente, de lupoaie au obținut o poziție dominantă, practic substituind biotipurile vechi.

Creșterea lupoaiei în arealele de cultivare a florii-soarelui reprezintă o amenințare serioasă pentru productivitatea culturii. Introducerea în cultură a hibrizilor rezistenți genetic la erbicide și combaterea lupoaiei prin aplicarea erbicidelor generează efecte adverse semnificative, crescând ponderea chimicalelor în sol și afectând echilibrul ecologic. În acest context, este esențială reevaluarea practicilor agricole și identificarea soluțiilor sustenabile, elaborarea unor proceduri de monitorizare a stării actuale, proceduri adecvate de atenuare a riscurilor, cum ar fi decontaminarea, carantina, dezvoltarea unor protocoale și proceduri de certificare.

Bibliografie:

1. ANTONOVA, T.S., ARASLANOVA, N.M., PITINOVA, J.V. Racial belonging of broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.) seeds, collected on the fields of different regions of the Russian Federation in 2019. In: *Agrarian Science*. 2020, 339(6), pp. 62-65 [online]. ISSN 0869-8155. Disponibil: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-339-6-62-65>.
2. Arhiva organizațiilor social-politice ale Republicii Moldova (AOSPRM), Fond 51, p. 58-65.
3. BURDON, J. J., ZHAN, J. Climate change and disease in plant communities. In: *PLoS Biology*. 2020, 18(11), e3000949 [online]. ISSN 1545-7885. Disponibil: doi: 10.1371/journal.pbio.3000949.
4. DUCA, M., ACCIU, A., CLAPCO, S. Distribuția geografică și caracteristica unor populații de *O. cumana* din Republica Moldova. In: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2017, nr. 2(332), pp. 65-76. ISSN 1857-064X.
5. DUCA, M., CLAPCO, S., JOITA-PACUREANU, M. Racial status of *Orobancha cumana* Wallr. in some countries other the world. In: *Helia*. 2022, 45(76), pp. 1-22 [online]. ISSN 2197-0483. Disponibil: doi/10.1515/helia-2022-0002/html.
6. GISCA, I., ACCIU, A., GLIJIN, A., DUCA, M. Highly virulent races of sunflower broomrape in the Republic of Moldova. In: *Biotech. Congress. Current Opinion in Biotechnology*. 2013, 24(1), p. 132. ISSN 1879-0429.
7. KOJIĆ, M., MAŠIREVIĆ, S., JOVANOVIĆ, D. Distribution and biodiversity of broomrape (*Orobancha* L.) worldwide and in Serbia. In: *Helia*. 2001, 24(35), pp. 73-92. ISSN 2197-0483.
8. MOLINERO-RUIZ, L., DELAVAUULT, PH., PÉREZ-VICH, B., PACUREANU-JOITA, M., BULOS, M., ALTIERI, E., DOMÍNGUEZ, J. History of the race structure of *Orobancha cumana* and the breeding of sunflower for resistance to this parasitic weed. In: *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2015, 13(4), e10R01. 19 p. [online]. Disponibil: doi: 10.5424/sjar/2015134-8080.
9. MULUNEH, M.G. Impact of climate change on biodiversity and food security: a global perspective - a review article. In: *Agriculture & Food Security*. 2021, 10, 36 [online]. ISSN 2048-7010. Disponibil: <https://doi.org/10.1186/s40066-021-00318-5>.
10. PETCOVICI, I., BUCIUCIANU, M., LUNGU, E. The study of the racial composition of broomrape in the Republic of Moldova and the results of sunflower breeding on resistance. In: *Proceedings of International Conference of Integrated protection of field crops*. 2009, Balti, Republic of Moldova, pp. 225-230.
11. ROTARENCO, V. Aspecte morfo-fiziologice și genetice de interacțiune gazdă-parazit (*Helianthus annuus* L. – *Orobancha cumana* Wallr.). Autoreferatul tezei de doctor. Chișinău, 2010, 24 p.
12. ŠKORIĆ, D., JOIȚA-PĂCUREANU, M., GORBACHENKO, F., GORBACHENKO, O., MAŠIREVIĆ, S. Dynamics of change in broomrape populations (*Orobancha Cumana* Wallr.) in Romania and Russia (Black Sea area). In: *Helia*. 2021, 44(74), pp. 1-14 [online]. ISSN 2197-0483. Disponibil: <https://doi.org/10.1515/helia-2020-0025>.
13. VRANCEANU, A.V., TUDOR, V.A., STONESCU F.M., PIRVU, N. Virulence groups of broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.) differential hosts and resistance sources and genes in sunflower. In: *Proceedings of the 9th International Sunflower Conference*. Torremolinos. Spain. 1980, pp. 74-81.
14. ZHANG, L.D., CAO, X., YAO, Z., DONG, X., CHEN, M., XIAO, L., ZHAO, S. Identification of risk areas for *Orobancha Cumana* and *Phelipanche aegyptiaca* in China, based on the major host plant and CMIP6 climate scenarios. In: *Ecology and Evolution*. 2022, 12, e8824 [online]. ISSN 2045-7758. Disponibil: <https://doi.org/10.1002/ece3.8824>.
15. БУХЕРОВИЧ, П.Г. Выявление расового состава подсолнечной заразики молдавского происхождения. Сб. работ по масличным культурам. ВНИИМК. Краснодар, 1967, с. 10.
16. ПЛАЧЕК, Е.М. Проблемы селекции подсолнечника. В: *Труды Всесоюзного Съезда по генетике*. 1932, т. 2, с. 126.
17. ШАРОВА, П.Г. Селекция подсолнечника на иммунитет к агрессивным расам молдавской популяции заразики. В: *Тр. V Всесоюзн. Сессии по иммунитету растений*. Киев, 1969, с. 28-31.

CZU: 574:502/504(478)

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p229-232

**SPECIILE PERICLITATE DIN SITUL EMERALD „POHREBENI”
ȘI VALOAREA LOR CONSERVATIVĂ**

**THE ENDANGERED SPECIES FROM THE "POHREBENI" EMERALD SITE
AND THEIR CONSERVATIVE VALUE**

Liogchii Nina, cercet. șt. coord., Institutul de Ecologie și Geografie, USM,
dr., conf. univ., UPS „Ion Creangă” din Chișinău
Fasola Regina, cercet. șt. sup., Institutul de Ecologie și Geografie, USM

Liogchii Nina, coord. sc. res., Institute of Ecology and Geography, MSU,
PhD, lecturer, UPS “Ion Creanga” from Chisinau

ORCID: 0000-0002-8202-1934

E-mail: nina.liogchii@gmail.com

Fasola Regina, senior sc. res., Institute of Ecology and Geography, MSU

ORCID: 0000-0003-2968-5210

E-mail: reginaf21@mail.ru

Rezumat. *Lucrarea include rezultate ale cercetărilor realizate pe parcursul anului 2023 în Situl Emerald „Pohrebeni”. Scopul cercetărilor este de a înregistra speciile valoroase de floră și faună protejate în teritoriul sitului și a stabili valoarea lor conservativă. Pentru realizarea scopului, au fost utilizate metode de cercetare în teren și laborator. În rezultat, au fost identificate 12 specii rare de plante și 19 specii de animale protejate prin intermediul instrumentelor naționale și internaționale, inclusiv 5 specii de interes unional.*

Cuvinte-cheie: *Situl Emerald „Pohrebeni”, valoare conservativă, specii periclitare, nivel de protecție.*

Abstract. *The work includes results of research carried out during 2023 in the Emerald Site "Pohrebeni". The purpose of the research is to record the valuable species of flora and fauna protected in the territory of the Site and to establish their conservation value. Field and laboratory research methods were used to achieve the goal. As result, 12 rare plant and 19 animal species protected through national and international instruments including 5 species of Union interest, were identified.*

Keywords: *"Pohrebeni" Emerald Site, conservation value, endangered species, protection level.*

Introducere

Biodiversitatea este pilonul principal al vieții, fiind esențială pentru specia umană. Ea le asigură oamenilor resursele necesare pentru a supraviețui și joacă un rol important în menținerea echilibrului ecologic al naturii. Însă activitățile umane cu impact negativ asupra mediului amenință biodiversitatea, cauzând poluarea și modificarea habitatelor naturale. Din acest motiv, în prezent, circa un milion de specii de plante, insecte, păsări și mamifere sunt amenințate de dispariție în întreaga lume [18].

Pentru prevenirea și stoparea declinului biodiversității, au fost elaborate o serie de politici de mediu în baza cărora țările își stabilesc măsuri pentru asigurarea protecției speciilor amenințate de floră și faună. Una din măsurile de protecție este crearea Rețelei Emerald, în cadrul căreia are loc conservarea durabilă a speciilor și habitatelor de interes național și european. În acest sens, este necesar să se cunoască speciile amenințate de floră și faună și starea lor de protecție, iar cercetările realizate în cadrul acestui studiu vor contribui la identificarea speciilor periclitare din Situl Emerald „Pohrebeni” și stabilirea valorii lor conservative.

Metode

Obiectul cercetării îl constituie Situl Emerald „Pohrebeni”, în cadrul căruia au fost efectuate cercetări științifice în teren și în laborator.

Pentru înregistrarea speciilor rare de plante și animale din teritoriul sitului, a fost aplicată metoda transectelor [12]. Abundența și gradul de acoperire ale substratului de către speciile valoroase au fost determinate prin metodologia descrisă de către Braun-Blanquet (1964), iar la colectarea mostrelor pentru cercetări în laborator s-au luat în calcul recomandările autorilor Doniță&Doniță (1975).

În cadrul cercetărilor în laborator, a fost determinată apartenența sistematică a speciilor colectate, fiind utilizate lupa, microscopul, determinatoarele și literatura de specialitate [9, 14, 16, 17]. În baza Criteriilor UICN și a documentelor naționale, regionale și internaționale, au fost stabilite starea de periclitate, statutul și nivelul de protecție ale speciilor rare [1, 2, 4-8, 10].

Rezultate și discuții

Situl Emerald „Pohrebeni” prezintă un sector forestier cu suprafața de 998 ha și este amplasat în Ocolul Silvic Pohrebeni, Întreprinderea de Stat pentru Silvicultură Orhei, raionul Orhei, pe un relief deluros, în coordonatele 28.8785/47.5737. Datorită reliefului variat, situl include multiple ecosisteme silvice și de luncă mlăștinoasă și creează condiții favorabile pentru o diversitate largă de specii de plante și animale.

Printre speciile de bază și cele însoțitoare de arbori și arbuști menționăm speciile ce prezintă interes de conservare, precum speciile naturale de gorun (*Quercus petraea*), tei (*Tilia cordata*) și frasin (*Fraxinus excelsior*) și speciile rare de sorb (*Sorbus torminalis*) și clocotiș (*Staphylea pinnata*).

Printre speciile rare de plante ierboase, în situl „Pohrebeni” au fost identificate și specii periclitate. Unele dintre aceste specii, precum crinul de pădure (*Lilium martagon*), laleaua Biberstein (*Tulipa biebersteiniana*), dumbovița (*Epipactis helleborine*) și vioreaua nopții bifolie (*Platanthera bifolia*) sunt incluse în lista speciilor rare din flora spontană a Republicii Moldova, iar altele precum ghiocelul nival (*Galanthus nivalis*), buruiana-de-junghi (*Cephalanthera longifolia*), căpșunica (*Cephalanthera damasonium*) au statut de specii vulnerabile pe teritoriul țării. În cadrul sitului a fost identificată și specia critic periclitată nemțisor fisurat (*Delphinium fissum*). Speciile menționate, fiind amenințate cu dispariția la nivel național, sunt protejate prin intermediul Cărții Roșii a Republicii Moldova. Majoritatea dintre aceste specii sunt protejate și la nivel regional, regăsindu-se în Cărțile Roșii ale țărilor vecine (România și Ucraina), dar și la nivel internațional, fiind incluse pe listele Anexelor Convențiilor de Mediu, Lista Roșie a Europei, Listele speciilor de interes unional, Directiva Habitate (Tabelul 1).

Tabelul 1. Specii rare de plante protejate în Situl Emerald „Pohrebeni” și starea de periclitate

Nr. d.o.	Denumirea speciei	Statut național		Statut internațional						
		R	CRRM	CRR	CRU	LRE	CITES	CBerna	DH	R.Emer.
1.	<i>Asparagus tenuifolius</i> Lam.	+	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	<i>Cephalanthera damasonium</i> (Mill.) Druce	+	+	+	+	+	+	-	-	-
3.	<i>Cephalanthera longifolia</i> (L.) Fritsch	+	+	+	+	+	+	-	-	-

4.	<i>Delphinium fissum</i> (Walds.ăt Kit)	+	+	+	-	-	-	-	-	-
5.	<i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz	+	-	+	+	+	+	-	-	-
6.	<i>Galanthus nivalis</i> L.	+	+	+	+	+	+	-	+	-
7.	<i>Lathyrus venetus</i> (Mill.) Wohlf.	+	-	-	+	-	-	-	-	-
8.	<i>Lilium martagon</i> L.	+	-	-	+	+	-	-	-	-
9.	<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.	+	-	+	+	+	+	-	-	-
10.	<i>Staphylea pinnata</i> L.	+	-	-	+	-	-	-	-	-
11.	<i>Tulipa biebersteiniana</i> Schult. et Schult.fil.	+	-	-	+	-	-	-	-	-
12.	<i>Veratrum nigrum</i> L.	+	-	+	-	-	-	-	-	-

Legenda Tabelelor 1 și 2: R – specie rară în RM; CRRM – Cartea Roșie a Republicii Moldova; CRU – Cartea Roșie a Ucrainei; CRR – Cartea Roșie a României; LRE – Lista Roșie a Europei; CITES – Anexa Convenției de la Washington; Cberna – Anexa Convenției de la Berna; DH – Directivele privind conservarea habitatelor; R. Emer. – Lista speciilor de interes unional.

În Situl Emerald „Pohrebeni”, o deosebită valoare conservativă reprezintă și speciile de animale protejate prin intermediul diverselor instrumente naționale, regionale și internaționale (Tabelul 2).

**Tabelul 2. Specii rare de animale protejate în Situl Emerald „Pohrebeni”
și starea de periclitate**

Nr. d.o.	Denumirea speciei	Statut național		Statut internațional						
		R	CRRM	CRR	CRU	LRE	CITES	CBerna	DH	R. Emer.
1.	<i>Bombina bombina</i> L. 1761	+	+	+	+	-	-	+	+	+
2.	<i>Bufo viridis</i> Laurenti, 1768	+	-	+	+	-	-	+	+	-
3.	<i>Capreolus capreolus</i> Linnaeus, 1758	+	-	+	-	+	-	+	-	-
4.	<i>Carabus violaceus</i> Linnaeus, 1758	+	+	-	-	+	-	-	-	-
5.	<i>Coronella austriaca</i> Laurenti, 1768	+	+	+	+	+	-	+	+	-
6.	<i>Felis silvestris</i> Schreber, 1777	+	+	+	+	+	+	+	+	-
7.	<i>Hamearis lucina</i> L.	+	+	-	+	+	-	-	-	-
8.	<i>Hyla arborea</i> Linnaeus, 1758	+	+	+	-	+	-	+	+	-
9.	<i>Euphydryas maturna</i> Linnaeus, 1758	+	+	-	-	+	-	+	+	+
10.	<i>Iphiclides podalirius</i> L.	+	-	-	+	+	-	-	-	-
11.	<i>Lacerta viridis</i> Laurenti, 1768	+	-	-	+	+	-	+	+	-
12.	<i>Leptidea morsei</i> Fenton, 1882	+	+	-	-	+	-	-	+	+
13.	<i>Lucanus cervus</i> Linnaeus, 1758	+	+	-	+	+	-	+	+	+
14.	<i>Maculinea arion</i> Linnaeus, 1758	+	+	-	-	+	-	+	+	-
15.	<i>Martes martes</i> Linnaeus, 1758	+	+	+	-	+	-	+	+	-
16.	<i>Megascolia maculata</i> Drury, 1973	+	+	-	+	+	-	-	-	-
17.	<i>Meles meles</i> Linnaeus, 1758	+	-	+	-	+	-	+	-	-
18.	<i>Natrix natrix</i> Linnaeus, 1758	+	-	-	-	+	-	+	+	-
19.	<i>Triturus cristatus</i> Laurenti, 1768	+	+	+	-	-	-	+	+	+

Printre acestea menționăm: mamifere: căprior (*Capreolus capreolus*), pisică-sălbatică (*Felis silvestris*), jder-de-pădure (*Martes martes*) și bursuc (*Meles meles*); reptile: șarpe-de-casă (*Natrix natrix*), șarpe-de-alun (*Coronella austriaca*) și șopârlă-verde (*Lacerta viridis*); amfibieni: triton-crestat (*Triturus cristatus*), brotăcel (*Hyla arborea*) și buhai-de-baltă-cu-burta-roșie (*Bombina bombina*); insecte: albiță-mică (*Leptidea morsei*), albăstrița-cimbrișorului (*Maculinea arion*), fluture-pestriț-de-pădure (*Hamearis lucina*), fluture-maturna (*Euphydryas maturna*), *Megascolia maculata*, podalir (*Iphiclidus podalirius*), carabidă-violacee (*Carabus violaceus*), rădașcă (*Lucanus cervus*).

Printre acestea, speciile *Lucanus cervus*, *Euphydryas maturna*, *Leptidea morsei*, *Bombina bombina*, *Triturus cristatus* sunt de interes unional. Prezența speciilor periclitate în Situl „Pohrebeni” semnifică importanța acestuia în conservarea diversității biologice și solicită aplicarea unor măsuri de management durabil al sitului.

Concluzii

Situl Emerald „Pohrebeni” include diverse tipuri de ecosisteme, ce creează condiții favorabile pentru o diversitate largă de specii de floră și faună. O deosebită valoare conservativă reprezintă cele 12 specii rare de plante și 19 specii de animale protejate prin intermediul instrumentelor naționale și internaționale, inclusiv 5 specii de interes unional.

Bibliografie:

1. BILZ, M., KELL, Sh. P., MAXTED, N., LANSDOWN, R.V. *European Red List of Vascular Plants*. Luxembourg: Publications Office of the EU, 2011. 144 p.
2. BOTNARIUC, N., TATOLE, V. *Cartea Roșie a vertebratelor din România*. Muzeul Național de Istorie Naturală „Gr. Antipa”. București, 2005. 260 p.
3. BRAUN-BLANQUET, J. *Pflanzensoziologie*. 3 Aufl. Wien, N. Y. 1964. 865 p.
4. *Cartea Roșie a Republicii Moldova*. Ed. a 3-a. Chișinău: Știința, 2015. 492 p.
5. *Cartea Roșie a Ucrainei*. Lumea animală. Kiev, 2009. 608 p.
6. *Cartea Roșie a Ucrainei*. Lumea vegetală. Kiev, 2009. 912 p.
7. *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora – CITES*. Washington, 1973. 417 p.
8. *Convention Conservation of European Wildlife and Natural Habitats*. Bern, 1979.
9. COZARI, T. ș.a. Pești, amfibieni, reptile. In: *Lumea animală a Moldovei*, vol. 2. Chișinău: Știința, 2003. 152p.
10. Directive 92/43/EEC of 21.05.1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. In: *Official Journal*. L 206/7, 22.07. 1992. 15/vol. 2, pp. 109-152.
11. DONIȚĂ, I., DONIȚĂ, N. *Metode practice pentru studiul ecologic și geografic al vegetației*. București, 1975. 47 p.
12. KENT, M., COKER, P. *Vegetation description and analysis – a practical approach*. Chicester, 1998. 363 p.
13. *Legea nr. 225/2022*. Monitorul Oficial nr. 343-348, art. 649, 04-11-2022.
14. NEGRU, A. *Determinator de plante din flora Republicii Moldova*. Ch: Universul, 2007. 391 p.
15. NEGRU, A. *Plantele rare din flora spontană a Republicii Moldova*. Ch: CEUSM 2002. 198 p.
16. TODERAȘ, I ș.a. Nevertebrate. *Lumea animală a Moldovei*, vol. 1. Chișinău: Știința, 2007.
17. ГЕЙДЕМАН, Т.С. *Определитель высших растений Молдавской ССР*. Киш.: ШТИНЦА, 1975. 636 p.
18. Biodiversitatea: cum protejează UE natura [online] [accesat 25.01.2024]. Disponibil: <https://www.consilium.europa.eu/ro/policies/biodiversity>.

CZU: 595.76

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p233-239

**ESTIMAREA NUMERICĂ A SPECIILOR ȘI GENURILOR DIN SUBFAMILIA
ALEOCHARINAE (COLEOPTERA, STAPHYLINIDAE) ÎN CONTEXT COMPARATIV
CU UNELE ȚĂRI DIN EUROPA**

**NUMERICAL ESTIMATION OF THE SPECIES AND GENERA OF THE
ALEOCHARINAE SUBFAMILY (COLEOPTERA, STAPHYLINIDAE) IN
COMPARATIVE CONTEXT WITH SOME COUNTRIES IN EUROPE**

Mihailov Irina, dr. în biol., conf. cercet.,

Institutul de Zoologie, USM

ORCID: 0000-0002-6804-4742

E-mail: irinus1982@yahoo.com

Grozdeva Svetlana, cercet. șt.,

Institutul de Zoologie, USM

ORCID: 0000-0002-3850-4584

E-mail: svetlana.grozdeva.gargalyk@gmail.com

Balan Valerian, dr. hab., prof. univ., UTM

ORCID: 0000-0001-9875-8888

E-mail: v.balan@uasm.md

Rezumat. Subiectul discutat în lucrare constituie potențialul faunistic prezentat prin număr de genuri și specii al grupului de stafilinide în baza listelor generale din 11 țări din Europa (România, Rusia, Belarus, Cehia, Germania, Marea Britanie, Belgia, Elveția, Italia, Ungaria, Turcia) în comparație cu stafilinidele din Republica Moldova. Obiectivul principal este abordarea subfamiliei Aleocharinae, una dintre subfamiliile cu un numeric destul de impunător. În listă sunt descifrate 168 de genuri, a căror expunere este urmată de un anumit număr de stafilinide specifice pentru țara selectată în studiul analitic.

Cuvinte-cheie: Coleoptera, Staphylinidae, Aleocharinae, țări europene.

Abstract. The subject discussed in the paper is the faunal potential presented by the number of genera and species of the Staphylinid group based on the general lists of 11 European countries (Romania, Russia, Belarus, Czech Republic, Germany, Great Britain, Belgium, Switzerland, Italy, Hungary, Turkey) compared to Staphylinids from the Republic of Moldova. The main objective is to approach of the subfamily Aleocharinae, one of the subfamilies with a rather impressive number. In the list, 168 genera are deciphered whose exposure is followed by a certain number of staphylinids specific to the country selected in the analytical study.

Keywords: Coleoptera, Staphylinidae, Aleocharinae, Republic of Moldova, european countries.

Introducere

Diversitatea faunei stafilinidelor din Republica Moldova și alte țări europene variază după numărul de specii, genuri și subfamilie în anumite ecosisteme, biotopuri, ecozone și diverse alte formațiuni vegetale. Acest aspect denotă cunoașterea structurii nucleului stafilinic bazat pe anumite regionări zoogeografice cu orientare fito-, zoo- și biogeografică. Astfel, diverse unități teritoriale sunt clasificate prin delimitarea geografică, cu definirea unei scheme generale. Încercările de delimitare sunt regionările faunistice propuse de diverși specialiști zoogeografi [4, P. 1-343; 6, p. 1-180; 10, p. 1-219; 17, p. 1-340; 18, p. 1-264; 5, p. 1-626]. Suprafața terestră, după condițiile geologice,

geomorfologice, climaterice și termice, este diferențiată în raion, district, provincie, regiune, zonă, centură geografică, unități subordonate [12, p. 175-227]. Compararea potențialului numeric al populației de stafilinide din Republica Moldova cu alte țări europene reprezintă o etapă inițială în identificarea indicelui de similaritate, a stabilirii nivelului de raportare în valorile solicitate în scopul cunoașterii unor legități statistice, a nivelului de înrudire, definirea spectrului ecologic și zoogeografic etc. În lucrare este redată descifrarea numerică a speciilor și genurilor pentru subfamilia Aleocharinae din familia Staphylinidae, între Republica Moldova și 11 țări Europene.

Material și metodă

În studiu sunt încadrate materialele faunistice a stafilinidelor din subfamilia Aleocharinae (Coleoptera, Staphylinidae) reprezentate de liste din 11 țări, inclusiv și din Republica Moldova. Țările selectate pentru cercetarea faunistică sunt: România [14, p. 369-386], Rusia [16, p. 1-340], Belarus [1, p. 1-103], Cehia [7, p. 38-65], Germania [3, p. 46-78], Marea Britanie [8], Belgia [13], Elveția [9, p. 61-100], Italia [15], Ungaria [11, p. 191-212], Turcia [2, p. 215-342]. S-a aplicat metoda numărării speciilor și genurilor comune pentru teritoriile țărilor analizate.

Rezultate și discuții

Abordarea numerică în scopul comparării între țara noastră și 11 țări europene este aplicată pentru reprezentanții din subfamilia Aleocharinae (Coleoptera, Staphylinidae). Lista (Tabelul 1) completează 168 de genuri și numărul specific de specii atribuite conform listelor faunistice. Acest segment de cercetare dezvăluie potențialul stafilinidelor în pătrunderea pe noi teritorii și răspândire, popularea asociațiilor vegetale cu etajări complexe, accentuarea afinității speciilor și stabilirea valorilor statistice pentru obținerea unor categorizări de grup și/sau clasament comparativ. Reprezentanții genului *Atheta* sunt numeroși în toate țările menționate. Cele mai multe specii sunt înregistrate în Germania (189 specii) și Rusia (162 specii). Genul *Aleochara* oferă un tablou numeric destul de uniform, cu intervale de 10-20 de specii și 20-60 de specii, fără picuri de accentuare. În Rusia sunt menționate 59 de specii, cele mai multe per genul respectiv. Reprezentanții genului *Liogluta* își manifestă prezența în toate 12 țări, inclusiv Republica Moldova. Genurile cu speciile absente în anumite țări și/sau prezente în număr redus sunt: *Megalogastria*, *Piochardia*, *Alaobia*, *Anaulacaspis*, *Benick*, *Boreostiba*, *Boreophilia*, *Brundinia*, *Cadaverota*, *Bellatheta*, *Emmelostiba*, *Halobrecta*, *Lundbergia*, *Lypoglossa*, *Lyprocorrhe*, *Nehemitropia*, *Neohilara*, *Ousipalia*, *Pachnida*, *Trichiusa*, *Thamiaraea*, *Paranopleta*, *Platyola*, *Actocharina*, *Psammotiba*, *Pseudoleptusa*, *Pseudosemiris*, *Trichomicra*, *Tropimenelytron*, *Thamiarea*, *Matthews*, *Caloderina*, *Paraleptusa*, *Pleurotobia*, *Pseudotyphlopasilia*, *Pseudotyphlopasilia*, *Coenonica*, *Heterota*, *Actocharis*, *Chaetosogonocephus*, *Amblopusa*, *Liparocephalus*, *Paramblopusa*, *Pellochromonia*, *Peltodonia*, *Turcizyras*, *Ocyusida*, *Acrostiba*, *Dinusa*, *Parocalea*, *Porocallus*, *Eurymniusa*, *Pediculota*, etc.

Tabelul 1. Numărul speciilor și genurilor din subfamilia Aleocharinae (Coleoptera, Staphylinidae) din Republica Moldova în comparație cu unele țări din Europa

Nr. d/o	Genul	Țările/Numărul de specii											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Subfamilia Aleocharinae													
1.	<i>Aleochara</i>	10	26	59	13	27	51	28	24	39	54	7	45
2.	<i>Megalogastria</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2
3.	<i>Piochardia</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
4.	<i>Tinotus</i>	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	–	1
5.	<i>Acrotona</i>	–	8	20	7	9	13	11	8	12	15	1	9
6.	<i>Alaobia</i>	–	1	–	–	1	1	1	1	1	1	–	–
7.	<i>Alevonota</i>	–	2	3	–	4	–	4	2	3	7	1	4

11th edition *International Scientific-Practical Conference*
"Training by research for a prosperous society"

8.	<i>Alianta</i>	–	1	2	–	1	1	1	1	1	3	–	–
9.	<i>Aloconota</i>	1	5	12	1	14	18	12	10	14	19	1	6
10.	<i>Alpinia</i>	–	2	1	–	2	4	–	–	1	4	–	–
11.	<i>Anaulacaspis</i>	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5
12.	<i>Amidobia</i>	–	1	1	–	–	1	1	1	1	1	–	–
13.	<i>Amischa</i>	–	3	4	3	4	10	5	6	8	9	–	6
14.	<i>Atheta</i>	6	91	162	56	131	189	120	102	149	165	24	66
15.	<i>Benick</i>	–	–	12	–	1	–	–	–	–	–	–	–
16.	<i>Boreostiba</i>	–	–	3	–	–	1	–	–	–	–	–	–
17.	<i>Boreophilia</i>	–	–	–	–	1	2	1	–	–	–	–	–
18.	<i>Brundinia</i>	–	–	1	–	1	2	2	2	–	2	–	–
19.	<i>Callicerus</i>	–	1	1	–	2	2	2	2	2	6	–	1
20.	<i>Dadobia</i>	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	–	–
21.	<i>Cadaverota</i>	–	–	–	1	1	–	1	–	–	–	–	–
22.	<i>Bellatheta</i>	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–
23.	<i>Dinaraea</i>	1	4	6	4	4	4	–	4	4	4	3	–
24.	<i>Dochmonota</i>	–	1	2	–	2	2	–	2	1	1	–	–
25.	<i>Emmelostiba</i>	–	–	1	–	–	–	–	–	–	1	–	–
26.	<i>Enalodroma</i>	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	–	–
27.	<i>Geostiba</i>	1	4	11	1	1	7	1	1	2	75	1	68
28.	<i>Halobrecta</i>	–	–	1	–	–	2	2	2	–	2	–	1
29.	<i>Hydrosmecta</i>	–	3	4	–	12	28	5	1	15	23	–	–
30.	<i>Liogluta</i>	1	5	13	5	7	8	5	6	8	15	2	5
31.	<i>Lundbergia</i>	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
32.	<i>Lypoglossa</i>	–	–	1	–	1	1	–	–	1	1	–	–
33.	<i>Lyprocorrhe</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	–
34.	<i>Nehemitropia</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35.	<i>Neohilara</i>	–	1	1	–	1	1	1	–	1	1	–	–
36.	<i>Notothecta</i>	–	2	2	–	2	2	2	2	2	5	1	1
37.	<i>Ousipalia</i>	–	1	–	–	1	1	1	1	–	1	–	1
38.	<i>Pachnida</i>	–	1	1	1	–	1	1	1	1	1	–	–
39.	<i>Trichiusa</i>	–	–	–	–	–	1	1	1	1	1	–	–
40.	<i>Thamiaraea</i>	–	2	–	1	2	2	2	2	2	2	–	–
41.	<i>Paranopleta</i>	–	–	1	–	1	1	1	1	–	1	–	–
42.	<i>Plataraea</i>	–	4	1	1	4	6	1	2	4	4	–	1
43.	<i>Platyola</i>	–	2	–	–	1	1	–	–	1	1	–	1
44.	<i>Actocharina</i>	–	–	–	–	–	1	–	–	1	1	–	–
45.	<i>Pycnota</i>	–	1	–	1	2	1	1	1	1	1	–	1
46.	<i>Psammotiba</i>	–	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
47.	<i>Pseudoleptusa</i>	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
48.	<i>Pseudosemiris</i>	–	–	1	–	1	1	–	–	–	–	–	3
49.	<i>Schistoglossa</i>	–	1	5	2	4	7	5	3	3	3	1	–
50.	<i>Taxicera</i>	–	1	–	–	3	4	–	2	4	5	–	1
51.	<i>Tomoglossa</i>	–	1	2	–	1	3	–	1	1	1	–	1
52.	<i>Trichomicra</i>	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
53.	<i>Tropimenelytron</i>	–	–	2	–	–	–	–	–	–	1	–	1
54.	<i>Thamiarea</i>	–	2	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
55.	<i>Autalia</i>	2	3	4	2	4	4	4	3	4	4	–	5
56.	<i>Deinopsis</i>	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
57.	<i>Matthews</i>	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
58.	<i>Anaulacaspis</i>	–	1	2	1	1	2	–	1	1	–	–	5

11th edition *International Scientific-Practical Conference*
"Training by research for a prosperous society"

59.	<i>Borboropora</i>	–	–	–	–	2	2	1	–	–	1	–	–
60.	<i>Bohemiellina</i>	–	–	–	–	1	1	1	1	1	1	–	–
61.	<i>Cordalia</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4
62.	<i>Falagria</i>	3	3	4	2	1	3	2	2	3	7	2	3
63.	<i>Falagrioma</i>	1	1	2	–	1	1	1	1	1	1	–	1
64.	<i>Myrmecocephalus</i>	–	–	1	–	1	1	1	1	1	–	–	–
65.	<i>Myrmecopora</i>	–	2	2	–	–	2	4	–	–	6	–	12
66.	<i>Gymnusa</i>	1	–	5	1	2	2	2	2	2	2	–	1
67.	<i>Bolitochara</i>	1	6	5	4	6	6	5	5	5	7	3	3
68.	<i>Caloderina</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	1
69.	<i>Brachida</i>	–	1	–	–	1	1	1	1	1	1	–	–
70.	<i>Euryusa</i>	–	4	2	2	5	6	2	2	3	4	–	1
71.	<i>Paraleptusa</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–
72.	<i>Leptusa</i>	1	13	19	3	11	36	4	3	34	168	2	26
73.	<i>Phymatura</i>	–	1	1	1	1	1	–	–	1	1	–	–
74.	<i>Pleurotobia</i>	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–
75.	<i>Pseudotyphlopasilia</i>	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
76.	<i>Rhopalocerina</i>	–	1	–	–	1	1	1	1	1	1	–	–
77.	<i>Pseudomicrodota</i>	–	–	–	1	1	1	1	–	1	–	–	–
78.	<i>Thecturota</i>	–	–	1	–	1	1	1	–	1	1	–	–
79.	<i>Megaloscapa</i>	–	–	–	–	1	1	–	1	1	1	–	1
80.	<i>Coenonica</i>	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–
81.	<i>Encephalus</i>	–	1	3	–	1	1	1	1	1	1	1	–
82.	<i>Gyrophæna</i>	3	15	28	17	25	27	20	19	23	23	5	10
83.	<i>Heterota</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	1
84.	<i>Rhopalocerina</i>	–	1	1	1	–	1	1	–	–	–	–	1
85.	<i>Homalota</i>	–	–	2	–	1	–	–	1	1	1	1	–
86.	<i>Anomognathus</i>	–	1	1	1	1	1	1	1	1	2	–	1
87.	<i>Cyphea</i>	–	1	2	1	1	1	1	1	1	1	–	–
88.	<i>Silusa</i>	–	2	5	–	2	2	1	2	2	2	–	1
89.	<i>Actocharis</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–
90.	<i>Tachyusida</i>	–	1	–	–	1	1	1	–	1	–	–	–
91.	<i>Hygronoma</i>	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	–	–
92.	<i>Cypha</i>	1	4	9	1	8	14	10	8	9	16	2	4
93.	<i>Holobus</i>	1	2	2	–	2	2	2	2	2	2	–	–
94.	<i>Oligota</i>	1	3	6	3	7	10	7	6	7	8	2	7
95.	<i>Chaetosogonocephus</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
96.	<i>Amblopusa</i>	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
97.	<i>Liparocephalus</i>	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
98.	<i>Paramblopusa</i>	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
99.	<i>Lomechusa</i>	–	3	3	3	3	3	2	3	3	5	–	–
100.	<i>Lomechusoides</i>	–	1	6	1	1	1	1	1	1	4	–	–
101.	<i>Drusilla</i>	1	1	3	1	1	1	1	1	1	4	1	9
102.	<i>Myrmoecia</i>	–	1	1	–	3	3	1	1	1	5	–	4
103.	<i>Pella</i>	–	–	18	–	3	10	–	–	7	–	–	11
104.	<i>Pellochromonia</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
105.	<i>Peltodonia</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
106.	<i>Turcizyras</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
107.	<i>Zyras</i>	2	12	6	7	10	3	8	9	3	15	3	–
108.	<i>Myllaena</i>	–	5	7	4	8	10	10	9	8	10	2	5
109.	<i>Diglotta</i>	–	–	–	–	–	2	2	2	–	2	–	–

11th edition *International Scientific-Practical Conference*
"Training by research for a prosperous society"

110.	<i>Dinarda</i>	–	2	3	1	1	4	4	4	2	1	–	–
111.	<i>Homoeusa</i>	–	1	2	–	1	2	1	1	1	2	–	1
112.	<i>Apimela</i>	–	2	2	–	2	2	–	–	1	2	–	–
113.	<i>Meotica</i>	–	2	3	3	5	9	5	5	5	10	2	3
114.	<i>Ocyusida</i>	–	–	–	–	–	–	–	1	–	1	–	–
115.	<i>Acrostiba</i>	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
116.	<i>Amarochara</i>	–	2	2	1	3	3	3	3	3	5	–	4
117.	<i>Blepharhymenus</i>	–	–	–	–	–	2	–	–	2	3	–	–
118.	<i>Calodera</i>	–	4	8	1	6	10	7	4	6	6	–	2
119.	<i>Tetralaucopora</i>	–	–	–	–	–	4	–	–	3	–	–	–
120.	<i>Tectusa</i>	–	–	–	–	–	6	–	–	1	1	–	1
121.	<i>Chilomorpha</i>	–	1	–	–	1	–	1	–	–	1	–	–
122.	<i>Cephalocousya</i>	–	–	1	–	–	1	–	–	–	1	–	–
123.	<i>Chanoma</i>	–	–	1	–	–	1	–	–	–	–	–	–
124.	<i>Crataraea</i>	–	1	2	–	–	1	1	1	1	1	1	–
125.	<i>Devia</i>	–	–	1	1	1	1	–	1	1	1	–	–
126.	<i>Dexiogyia</i>	–	1	1	1	1	2	–	–	2	–	1	–
127.	<i>Haploglossa</i>	–	4	5	5	5	6	5	5	5	6	3	1
128.	<i>Pseudocalea</i>	–	–	–	–	–	1	–	–	–	1	–	3
129.	<i>Hygropora</i>	–	–	2	1	1	1	1	1	–	1	–	–
130.	<i>Hygropetrophila</i>	–	–	–	–	–	1	–	–	1	1	–	–
131.	<i>Derocala</i>	–	–	–	–	–	1	–	1	–	1	–	2
132.	<i>Dinusa</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2
133.	<i>Ilyobates</i>	2	3	4	2	3	5	3	3	4	2	2	1
134.	<i>Ischnoglossa</i>	–	1	2	–	1	3	2	2	1	1	1	3
135.	<i>Dexiogyia</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–
136.	<i>Ityocara</i>	–	1	–	1	1	–	–	1	–	1	–	–
137.	<i>Mniusa</i>	–	1	2	1	1	1	1	1	1	1	–	–
138.	<i>Ocalea</i>	1	4	6	1	4	6	4	4	5	9	2	8
139.	<i>Ocyusa</i>	–	2	2	1	1	2	2	1	2	6	1	–
140.	<i>Deubelia</i>	–	–	–	1	1	–	–	1	–	1	–	–
141.	<i>Cousya</i>	–	–	–	–	–	2	1	–	2	–	–	4
142.	<i>Oxypoda</i>	4	38	44	20	44	58	29	25	46	61	11	56
143.	<i>Maurachelia</i>	–	–	–	–	2	2	–	–	–	1	–	–
144.	<i>Parocalea</i>	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
145.	<i>Parocyusa</i>	–	2	3	1	2	–	2	1	–	5	2	1
146.	<i>Pentanota</i>	–	–	1	–	–	1	–	–	–	–	–	–
147.	<i>Euryalea</i>	–	–	–	–	–	2	–	1	2	2	–	1
148.	<i>Phlaeopora</i>	–	5	6	3	5	7	5	4	5	5	3	2
149.	<i>Porocallus</i>	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
150.	<i>Poromniusa</i>	–	1	1	–	2	2	–	–	1	–	1	2
151.	<i>Pyroglossa</i>	–	–	4	–	–	–	–	–	–	–	–	1
152.	<i>Thiasophila</i>	–	1	6	3	4	6	2	2	5	4	1	2
153.	<i>Eurymniusa</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–
154.	<i>Zoosetha</i>	–	1	1	–	1	4	–	–	2	2	–	2
155.	<i>Pediculota</i>	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
156.	<i>Brachyusa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	–	1	1	–
157.	<i>Dacrila</i>	–	–	–	1	2	1	2	1	1	2	–	–
158.	<i>Dasygnypeta</i>	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	–	–
159.	<i>Gnypeta</i>	–	3	9	1	4	4	4	3	4	5	1	1
160.	<i>Ischnopoda</i>	2	1	2	1	3	4	2	2	3	5	2	2

161.	<i>Tachyusa</i>	–	7	7	3	7	9	4	6	5	7	–	7
162.	<i>Thinonoma</i>	–	–	–	–	–	1	1	–	1	–	–	–
163.	<i>Rhopalotella</i>	–	1	1	–	1	1	–	–	1	1	–	–
164.	<i>Stichoglossa</i>	–	1	–	–	1	2	1	1	1	2	–	–
165.	<i>Phytosus</i>	–	1	2	–	–	3	3	3	–	3	–	1
166.	<i>Arena</i>	–	–	–	–	–	1	1	–	–	1	–	–
167.	<i>Placusa</i>	–	6	7	6	6	7	4	5	7	6	2	–
168.	<i>Pronomaea</i>	–	1	2	1	2	2	–	2	2	2	–	3
TOTAL		52	379	659	225	505	752	430	389	562	940	107	470

Notă: (I) – Republica Moldova; (II) – România; (III) – Rusia; (IV) – Belarus; (V) – Cehia; (VI) – Germania; (VII) – Marea Britanie; (VIII) – Belgia; (IX) – Elveția; (X) – Italia; (XI) – Ungaria; (XII) – Turcia.

Componența de specii și genuri investigată pentru subfamilia Aleocharinae (Coleoptera, Staphylinidae) pentru fiecare țară este diferită. În România, sunt înregistrate 1240 specii, pentru subfamilia Aleocharinae sunt cunoscuți 379 reprezentanți. Lista faunistică a stafilinidelor din Rusia include 2257 de specii per general și 659 de specii de aleocharine. Stafilinidele din Belarus sunt în număr de 666 de specii. Număr maximal de specii sunt din Aleocharinae, 225 specii. Stafilinidele din Cehia înregistrează 1370 specii, din Aleocharine se cunosc 505 specii. Stafilinidele din Germania enumără 1866 de specii, încadrate în 21 de subfamilii. Cele mai numeroase sunt din subfamilia Aleocharinae – 752 de specii. Stafilinidele din Marea Britanie, în număr de 1033 de specii, sunt din 17 subfamilii. Subfamilia Aleocharinae cu un număr de 430 de specii se consideră ca dominantă. Lista stafilinidelor din Belgia include 973 de specii, din 12 subfamilii. Aleocharinae cu 389 de specii, numeric este dominantă. Lista stafilinidelor din Elveția include 1421 de specii, în subfamilia Aleocharinae sunt înregistrate 562 specii. În Italia, cele 2383 specii sunt încadrate în 18 subfamilii, iar Aleocharinae sunt în număr mare, de 940 de specii. Lista stafilinidelor din Ungaria include 399 specii și 107 specii în subfam. Aleocharinae. În Turcia, numărul stafilinidelor este de 1600 de specii, iar subfamilia cercetată posedă 470 de specii înregistrate.

În Republica Moldova, grupul de aleocharine încadrează 52 de specii din genurile: *Aleochara* sp., *Aloconota* sp., *Anaulacaspis* sp., *Atheta* sp., *Dinaraea* sp., *Geostiba* sp., *Liogluta* sp., *Lyprocorrhe* sp., *Nehemitropia* sp., *Cordalia* sp., *Falagria* sp., *Falagrioma* sp., *Gymnusa* sp., *Bolitochara* sp., *Leptusa* sp., *Gyrophæna* sp., *Cypha* sp., *Holobus* sp., *Oligota* sp., *Drusilla* sp., *Zyras* sp., *Ilyobates* sp., *Ocalea* sp., *Oxypoda* sp., *Brachyusa* sp., *Ischnopoda* sp.

Lucrarea a fost implementată cu sprijinul financiar al proiectelor științifice instituționale program de stat: 20.80009.7007.02 și 20.80009.5107.04.

Concluzii

În rezultatul cercetărilor estimative, s-a obținut un tablou numeric al genurilor și speciilor pentru subfamilia Aleocharinae (Coleoptera, Staphylinidae) din 12 țări: Republica Moldova și alte 11 țări (România, Rusia, Belarus, Cehia, Germania, Marea Britanie, Belgia, Elveția, Italia, Ungaria, Turcia).

Lista întocmită include 168 de genuri analizate și 5470 de specii cu repartitie per țară: 52 cunoscute pentru Republica Moldova, 379 specii înregistrate în România, 659 cunoscute în Rusia, 225 în Belarus, în Cehia semnalate 505 specii, Germania cu un potențial de 752 specii, 430 în Marea Britanie, 389 specifice pentru fauna Belgiei, în Elveția 562 specii, cele mai multe, 940, sunt semnalate în Italia, 107 în Ungaria și 470 specii înregistrate în Turcia.

Genurile ale căror specii sunt semnalate doar într-o singură țară sunt: *Piochardia*, *Lundbergia*, *Pseudoleptusa*, *Trichomicra*, *Pseudotyphlopasilia*, *Coenonica*, *Actocharis*, *Chaetosogonocephus*, *Amblopusa*, *Liparocephalus*, *Paramblopusa*, *Pellochromonia*, *Peltodonia*, *Turcizyras*, *Acrostiba*, *Dexiogyia*, *Parocalea*, *Porocallus*, *Eurymniusa*, *Pediculota*.

Sunt accentuate în enumerare 53 de genuri al căror statut constituie absența în listele faunistice ale unor țări și/sau prezența cu valori infime în alte țări.

În Republica Moldova, genurile cu repartiție frecventă sunt *Aleochara* – 10 specii, *Atheta* – 6 specii, *Oxyopoda* – 4 specii. Sporadice sunt speciile din genurile *Ocalea*, *Brachyusa*, *Drusilla*, *Oligota*, *Holobus*, *Cypha*, *Leptusa*, *Bolitochara*, *Leptusa*, *Gymnusa*, *Falagrioma*, *Cordalia*, *Aloconota* etc.

Bibliografie:

1. ALEKSANDROVIČ, O.R., LOPATIN, I.K., PISANENKO, A.D. *Katalog žestkokrylyh (Coleoptera, Staphylinidae) Belarusi*. Minsk, 1996, s. 1-103.
2. ANLAȘ, S. Distributional checklist of the Staphylinidae (Coleoptera) of Turkey, with new and additional records. In: *Linzer Biologische Beiträge*. 2009, nr. 41/1, pp. 215-342.
3. ASSING, V., SCHULKE, M. Checklist der Staphylinidae Mitteleuropas. In: *Entomologische Blätter*. 2007, heft 1-3, p. 46-78.
4. CĂLINESCU, R., BUNESCU, A., PĂTROESCU, M.N. *Biogeografie*. București: Editura Didactică și Pedagogică, 1973, pp. 1-343.
5. COIFFAIT, H. *Coleopteres staphylinidae de la region Pleurctique occidentale. Generalites – I. Sous familles: Xantholininae et Leptotyphinae*. Toulouse, 1972, pp. 1-626.
6. DRUGESCU, C. *Compendiu de zoogeografie generală*. București: Editura Granada, 2003, pp. 1-180.
7. JELINEK, J. Check-list of Czechoslovak insects IV (Coleoptera). In: *Folia Heyrovskyana* (supplementum 1). Praha, 1993, pp. 38-65.
8. *List of rove beetles (Coleoptera, Staphylinidae) species recorded in Britain 2007-2008* [online] [accesat 21.05.2023]. Disponibil: <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/en/>.
9. LUKA, H., NAGEL, P., FELDMANN, B. Checklist der Kurzflugelkafer der Schweiz (Coleoptera: Staphylinidae ohne Pselaphinae). In: *Bulletin de la Societe Entomologique Suisse*. 2009, 82, pp. 61-100.
10. MANEA, G. *Elemente de biogeografie*. București: Editura Universitară, 2008, pp. 1-219.
11. MERKL, O. Harmincnegy bogarcsalad somogy megyei fajainak katalogusa (Coleoptera). In: *Natura Somogyiensis. Kaposvar*, 2001, nr. 1, pp. 191-212.
12. PIȘOTA, I. Regiunile biogeografice ale globului terestru. In: *Biogeografie*. București: Editura Universitară, 2002, pp. 175-227.
13. *Provisional Catalogue of Staphylinidae of Belgium 2007* [online] [accesat 28.05.2023]. Disponibil: <http://www.natuurwetenschappen.be/collections/staphylinidae/>.
14. STAN, M. New data on the rove beetle fauna (Coleoptera: Staphylinidae) from București and adjacent areas. In: *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle „Grigore Antipa”*. 2008, vol. 51, pp. 369-386.
15. STOCH, F. *Checklist of the species of the Italian fauna. Invertebrates*. 2003 [online] [accesat 09.05.2023]. Disponibil: <http://www.fauna.italia.it/checklist/introduction.html>.
16. ŠAVRIN, A. *Spisok stafilinid (Staphylinidae) fauny Rossii* [online] [accesat 31.05.2023]. Disponibil: www.zin.ru/animalia/Coleoptera/rus/staph_ru.htm.
17. VORONOV, A.G. *Biogeografiâ*. Moskva, 1963, s. 1-340.
18. VORONOV, A.G. *Biogeografiâ s osnovami êkologii*. Moskva, 1987, s. 1-264.

CZU: 535:61

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p240-245

PROCEDURA DE INACTIVARE A PATOGENILOR PENTRU DEZINFECȚIA SI PROTECȚIA SUPRAFEȚEI IMPLANTULUI

PATHOGEN INACTIVATION PROCEDURE FOR DISINFECTION AND PROTECTION OF THE SURFACE OF IMPLANT

*Munteanu Ion, drd., cercet. șt., Laboratorul optică cuantică și
procese cinetice, Institutul de Fizică Aplicată, USM*

*Munteanu Ion, PhD Student, scientific researcher at Q.O.K.P laboratory, IFA, USM,
ORCID: 0000-0002-5685-8888
E-mail: goretz19@yahoo.com*

Rezumat. În ultima perioadă, utilizarea tratamentelor cu implant se bucură de notorietate. Datorită dezvoltării unor forme de patogeni la contactul implant-țesut, există situații de slabă aderență a suprafeței implantului la țesutul organic. Odată ce metodele chimice sau chirurgicale sunt anevoioase în astfel de situații, sunt necesare tehnici noi pentru a putea soluționa aceste fenomene. Propunem aplicarea radiațiilor ultraviolete asupra sistemului optic (cristale fotonice și fibră de cristal fonic) din implanturile moderne pentru a trata infecția dintre implant și țesutul celular în procesul de slabă aderență. Aceste seturi de structuri optice periodice din cuarț, aranjate în mod regulat (setul de fibre sau sfere), sunt depuse pe suprafața implantului și pot fi utilizate ca un volum mare de dispersie a radiației UV-C pentru tratarea infecției dintre implant și țesutul de adeziune. Această structură optică periodică favorizează aderența implantului la țesutul uman, astfel stimulând creșterea celulară între elemente și implant.

Cuvinte-cheie: radiație UV-C, decontaminare, inactivare patogeni, implant, metamateriale.

Introducere

Creșterea popularității din ultima perioadă a tratamentelor cu implant, precum și a numărului tot mai mare de metode aplicate în implantologie, efectuate în ultima perioadă de timp, deschid noi posibilități pentru cercetarea inovatoare în acest domeniu [1-3]. Există diferite oportunități de utilizare a aderenței implantului la țesutul organic împreună cu inactivarea agenților patogeni apăruiți, astfel contribuind la decontaminarea suprafeței dintre implant și țesut.

Aceste studii științifice sunt stimulate și de o mare incidență a complicațiilor pe termen scurt și lung, care au avut loc recent în experimentarea implanturilor. Una dintre ele este atunci când aderența nu a avut cea mai bună compatibilitate cu procedurile de decontaminare, prin urmare, se propune un set de efecte moderne în interacțiunea moleculară a radiațiilor UV-C (Ultraviolete C) cu țesutul uman de pe suprafețele implantului. Dezinfecția cu ajutorul radiațiilor UV-C este eficientă la lungimi de undă de 200-300 nm. Anume acest interval al radiației este absorbit de ADN-ul patogenilor, care, ulterior, îi distruge structura, astfel inactivându-i. Există mai multe studii în acest sens care confirmă acțiunea radiațiilor ultraviolete de tip C ca fiind una foarte eficientă în nimicirea virusilor și bacteriilor [4]. În acest caz, nu mai este necesară dezinfecția chimică, odată ce radiația UV-C inactivează efectiv virusii, bacteriile, ciupercile și sporii. Totodată, dezinfecția bazată pe radiații UV este o metodă fiabilă și prietenoasă cu mediul, la intensități de iradiere suficient de mare nu mai este nevoie de substanțe

chimice suplimentare [5-7], iar microorganismele precum virușii, bacteriile, drojdiile și ciupercile devin inofensive în câteva secunde urmare a acestei iradierii.

Materiale și metode

Radiația UV-C a fost utilizată în mod convențional în sisteme de purificare a aerului, de tratare a apei și a unor maladii de gripă [8]. A venit momentul ca această radiație să fie canalizată prin sisteme optice speciale, precum structurile optice periodice. La dimensiuni reduse de ordinul lungimilor de undă de emisie, aceste sisteme cuplate pot fi numite molecule fotonice, iar în cazul formării unor structuri extinse – cristale fotonice (vezi Figura 1).

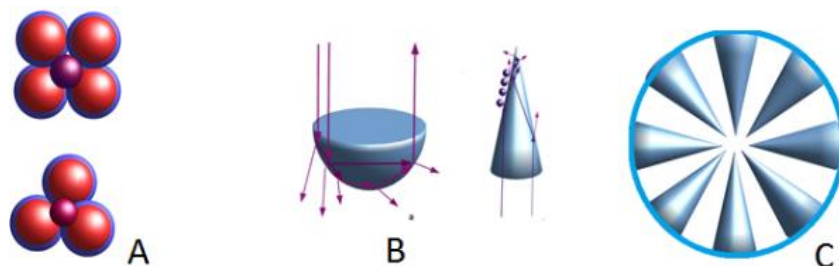


Fig. 1. Molecule fotonice ce conțin microsferă de diferite dimensiuni: a) bile de cuarț; b) con din cuarț; c) elemente împachetate într-un tub de cuarț

În figura 1A, cu roșu sunt prezentate bilele de cuarț, iar câmpul apropiat din jurul microsferelor – prin albastru. Propagarea luminii ce cade direct pe bazele unei calote sferice și a unui con din cuarț ce suferă multiple reflecții înaintând spre vârful conului, vezi Figura 1B, iar în Figura 1C aceste elemente pot fi împachetate într-un tub de cuarț pentru a mări contactul optic cu fluidul ce se propagă prin el.

Ideea principală a acestei lucrări pentru prima dată a fost propusă în scopul decontaminării lichidelor (cum ar fi apa, plasma sangvină sau sângele). Atunci s-au cercetat amănunțit aspecte ale suprafeței totale de decontaminare a structurilor periodice formate din fibre de cuarț sau bile introduse într-un cilindru gros cu diametrul de 3 cm și lungimea de circa un metru. Pentru o eficiență crescută a ratei de decontaminare, radiația ultravioletă a fost focalizată în interiorul acestui cilindru, al unui echipament inovativ, dezvoltat în incinta laboratorului, care funcționează cu ajutorul a șase lămpi de mercur cu lungimea de undă de 253.4 nm, ilustrat în Figura 2 și publicat într-o serie de lucrări [6, 7].



Fig. 2. Tubul de cuarț introdus în echipamentul de decontaminare ce conține 6 lămpi UVC

În această lucrare ne vom axa doar pe unele structuri cvasi-periodice, în care fluidul (lichid ori gaz) poate ușor penetra spațiul dintre ele la scurgere. O atenție deosebită vom acorda suprafețelor de contact al fluidului cu aceste structuri, numite în literatura de specialitate și metamateriale. Pentru a câștiga în suprafața de contact cu structurile cvasi-periodice, se propune să fie umplut spațiul liber dintre elementele structurii (la împachetarea cubică sau hexagonală) prin introducerea suplimentară a unor elemente mai mici comensurabile cu spațiul dintre bile sau fibre (vezi Figura 3).

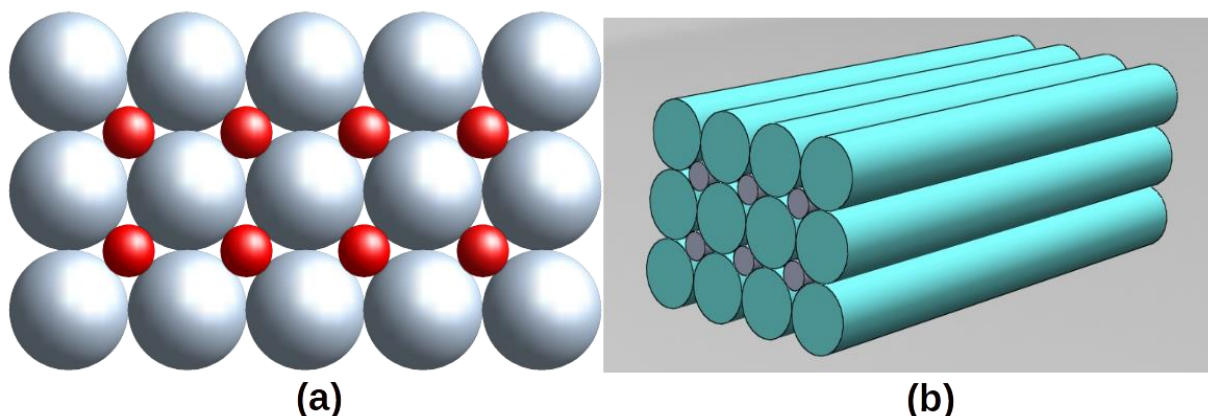


Fig. 3. Împachetarea cubică prin introducerea unor elemente mai mici comensurabile cu spațiul dintre a) bile și b) fibre

Această necesitate apare odată cu creșterea grosimii fibrelor sau a razei sferelor de cuarț la împachetarea lor într-un set optic cvasi-periodic. Rămâne un volum destul de mare dintre bile/sfere nedecontaminat [8-10], care poate fi ușor de calculat fiind egal cu volumul cilindrului/dintelui în care au fost introduse fibrele minus volumul fibrelor. Acesta este volumul total liber dintre fibre sau bile. Din acest volum total, doar o parte este utilizată în mecanismul de decontaminare cu radiații UVC, iar partea care nu este utilizată poate fi ușor calculată. Din volumul liber trebuie scăzut volumul expus adâncimii de penetrare a radiației UV-C, adică volumul egal cu suprafața totală a fibrei/sferei înmulțit cu adâncimea de penetrare. În caz că raza sferelor sau grosimea fibrelor crește, atunci volumul va fi unul foarte mic. Acest volum va fi foarte mic în comparație cu volumul liber dintre elemente, având în vedere că la creșterea razei (grosimea fibrei), volumul liber decontaminat crește. Pentru a o reduce, există o idee care constă în următoarele. Printre fibrele groase (sau bile cu rază mare), putem introduce fibre subțiri sau bile cu rază mică.

Fibrele groase, intrând în contact optic cu fibrele subțiri, vor dispersa radiația ultravioletă în volumul încă infectat. Acesta va fi egal cu suma dintre aria fibrelor groase și aria fibrelor subțiri înmulțit cu adâncimea de penetrare a radiației UV-C. O situație similară a fost aplicată unui volum de decontaminare dintre sferele de cuarț cu o rază de aproximativ 1,5 mm, unde spațiul dintre sferele mari a fost umplut cu sfere cu diametru mai mic, astfel încât volumul total de dezinfecție devine egal cu suprafața totală a sferelor mari și mici înmulțit cu adâncimea de penetrare. În așa fel a crescut cu mult eficiența decontaminării [11, 12].

Aceste idei au fost dezvoltate pentru decontaminarea fluidelor care curg între elementele metamaterialelor și ulterior transferate pe modele de implant. Conform estimărilor noastre, suprafața totală este egală cu suprafața fiecărui element conținut în cilindru din figura de mai sus înmulțită cu numărul acestora. Volumul total de decontaminare a fluidului este egal cu suprafața totală înmulțită cu adâncimea de penetrare a radiației ultraviolete din fibră/sferă în fluidul contaminat. Această adâncime de penetrare este egală cu:

$$d = \lambda / \sqrt{2\pi(n_q^2 - n_f^2)} \quad (1)$$

unde $\lambda=254$ nm este lungimea de undă a radiației UVC aplicate, iar n_q și n_f sunt indicii de refracție ai cuarțului, respectiv ai fluidului. Această concepție despre volum și suprafața de dezinfecție poate ușor fi transferat la rețeaua de difuzie a implantului format din structura optică periodică descrisă mai sus. În cazul în care rețeaua de difuzie a implantului este formată din sfere în contact, atunci suprafața țesutului organic decontaminat va fi egală cu suprafața unei bile înmulțit cu numărul acestora de pe implant, iar volumul de decontaminare trebuie obținut prin înmulțirea suprafeței totale la adâncimea pătrunderii radiațiilor ultraviolete în țesutul celular infectat. Problema rezidă în adâncimea de penetrare a radiațiilor ultraviolete în interiorul fluidului sau țesutului organic. Dacă adâncimea de penetrare este proporțională cu dimensiunea virusului sau bacteriilor, atunci totul e bine și în această situație putem înlocui în expresia de mai sus pentru indicii de refracție al fluidului n_f , cu indicii de refracție al țesutului organic $n_t \approx 1,41$. Această adâncime de penetrare nu este dificil de estimat și este egală cu 260 nm împărțit la rădăcina pătrată pe lângă 1,55 (indicele de refracție pentru cuarț) la pătrat minus 1,41 (indicele de refracție al țesutului organic) la pătrat (formula de mai sus).

Pentru tratarea infecției de la suprafața dintre implant și țesutul de aderență, este necesar să existe un volum mare de dispersie de radiații UVC. De aceea propunem ca învelișul implantului să fie realizat din metamateriale, cum ar fi structurile optice periodice din cuarț descrise mai sus. Acest fenomen de dispersie este prezentat în Figura 4.

Pe de o parte, acest fenomen de dispersie în metamateriale poate fi utilizat ca mediu de dispersie a radiațiilor UV-C (Figura 4a) pe suprafața destul de mare dintre implant și țesutul de adeziune, oferind efecte pozitive în tratamentul infecției, iar pe de altă parte, spațiile dintre elementele materialului (între microsferă sau fibre) pot avea efecte de bună aderență a țesutului la suprafața implantului.

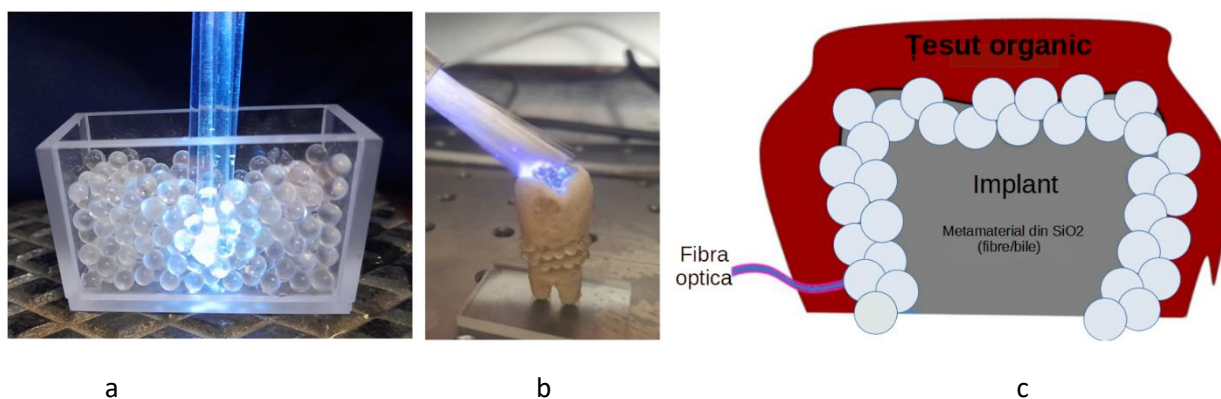


Fig. 4. Fenomenul de dispersie a radiațiilor UV-C: a) fibră-bile; b) set microfibre-bile asupra implantului dentar; c) Suprafața implantului acoperită de bile de cuarț în contact cu sursele externe

Dezvoltând ideea din teoriile descrise în această lucrare, ar fi posibil ca implantul dentar să poată consta dintr-un set de fibre sau bile de cuarț pachet periodic în interiorul cavității implantului, așa cum este reprezentat în (Figura 4b). Un astfel de implant dentar poate fi utilizat cu succes în implantologie, iar pentru gestionarea dezinfectării lui, putem apela la laser UVC de mici dimensiuni pentru aplicarea unei doze de radiație UV-C în fiecare dimineață. Sistemul optic periodic este introdus în regiunea mică de adeziv, între implant și țesutul celular, așa cum este reprezentat în (Figura 4c).

Radiația acestui laser este ghidată în interior, în partea inferioară a implantului, prin care acesta vine în contact cu țesutul organic. Astfel este posibilă tratarea eficientă a suprafeței implantului în contact cu țesutul celular.

Rezultate și discuții

Experimentele efectuate cu împachetări diferite ale metamaterialelor au demonstrat în mod concludent și convingător că atât sferele de cuarț, cât și cele din fibre, în comun cu radiațiile UV-C, pot inactiva eficient agenții patogeni prezenți în aer sau în diferite fluide, de exemplu bacteriile din drojdie și *Kombucha* [10-11], inclusiv *Escherichia coli* sau *Enterococcus* precum *Coliform*, Covid-19 etc.

Aplicând suprafața zonei evanescente ale unor astfel de structuri optice cvasi-periodice, eficiența decontaminării crește drastic. Sistemul optic periodic propus atestă o îmbunătățire a contactului de adeziune dintre implant și țesutul celular. Între elementele structurilor periodice apare o nouă perspectivă asupra procedurilor de decontaminare. Eficiența decontaminării folosind suprafața zonei evanescente a unor astfel de structuri optice cvasi-periodice crește drastic, iar îmbunătățirea contactului mecanic cu țesutul organic și contactul optic între elementele structurilor periodice deschide o nouă perspectivă asupra procedurilor de decontaminare.

Legat de procedura de reambalare a metamaterialelor propuse, reproducerea miezului din dispozitivul de decontaminare constă în aceste materiale. Luând în considerare metodele de reambalare a metamaterialelor cu diametrele cunoscute atât sferelor mari, cât și mici, putem obține o structură compactă foarte bună, asemănătoare celei solide. Cu siguranță, unele defecte în procedura de reambalare pot persista, chiar și cunoscutul factor uman, dar aici nu se observă o diferență semnificativă în eficiența decontaminării patogenilor. S-au propus două structuri topologice ale metamaterialelor din bile și fibre, pentru a crește suprafața de contact a radiațiilor UV ale implantului dentar cu materia.

Concluzii

A fost studiat aspectul interacțiunii radiațiilor UV-C cu aplicarea dezinfectării pe suprafețele implanturilor și stimularea posibilă a contactului implantului cu țesutul celular. În urma investigațiilor experimentale efectuate, s-a propus o nouă metodă de împachetare a bilelor și fibrelor din cuarț. Folosind aceste împachetări ale metamaterialelor (cristale fotonice/fibre de cristal fotonice) în implantologie, avem posibilitatea de a manipula radiația UV-C în zona afectată a sistemului neuronal, iar datorită spațiilor dintre bile/fibre se formează o aderență mult mai bună a legăturii implant-țesut. Îmbunătățirea contactului suprafeței UV-C cu fluidul contaminat depinde de mai mulți parametri, precum indicii de refracție al metamaterialului, al fluidului și, de asemenea, de proprietățile optice ale virușilor și bacteriilor.

Această lucrare a fost susținută de proiectele: NATO G 4890, nr. 15.817.02.07F, nr. 18.80012.50.33A și STCU 6140.

Aducem sincere mulțumiri coordonatorului, conf. univ., dr. Ciobanu Nelu, Țurcan Marina, cât și conducătorului științific, prof., dr. hab. Nicolae A. Enaki, pentru implicare, susținere și îndrumare.

Bibliografie:

1. ENAKI, N. Non-linear Cooperative Effects in Open Quantum Systems. NY: Nova Science Publishers, 2015.
2. ZHANG, C., LAN, L., CHENG, J. Quantification of Lipid Metabolism in Living Cells through the Dynamics of Lipid Droplets Measured by Stimulated Raman Scattering Imaging. In: *Analytical chemistry*. 2017, 89 (8), 4502-4507 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.6b04699>.
3. ENAKI, N., TURCAN, M., PASLARI, T., NISTREANU, A., BAZGAN, S., RISTOSCU, C., MIHAILESCU, I. Efectele optoelectronice în modernizarea implanturilor avansate folosind structura optică periodică. In: *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. București, 23-26 august 2018, Ediția a 9-a, Vol. 10977. Bellingham, Washington SUA: SPIE, 2018, pp. 1-15.
4. ENAKI, N. et al. „Metamaterials for Antimicrobial Biofilm Applications: Photonic Crystals of Microspheres and Optical Fibers for Decontamination of Liquids and Gases” Handbook of Antimicrobial Coatings Elsevier, 2017, pp. 257-282.
5. STOLIK, S., DELGADO, J.A., PÉREZ, A., ANASAGASTI, L. Măsurarea adâncimii de penetrare a luminii roșii și aproape de infraroșu în țesuturile umane „ex vivo”. In: *J Photochem Photobiol B*. 2000, sept., 57(2-3):90-3 [online]. PMID: 11154088. Disponibil: [https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(00\)00082-8](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(00)00082-8).
6. TSEN, S.W.D., WU, T.C., KIANG, J.G. et al. Perspective pentru o nouă tehnologie cu laser cu impulsuri ultracurte pentru inactivarea agenților patogeni. In: *J Biomed Sci*. 2012, 19, 62 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.1186/1423-0127-19-62>.
7. KOWALSKI, W. UVGI disinfection Theory, Ultraviolet germicidal irradiation handbook. Springer, 2009, pp. 17-50.
8. MATVEEV, M., EROFEEV, A., TEREKHIN, S., PLOTNIKOVA, P., VOROBYOV, K., VLASOVA, O. Implantable devices for optogenetic studies and stimulation of excitable tissue. In: *St. Petersburg Polytechnical University Journal: Physics and Mathematics* 1, 2015.
9. RASTOGI, R.P., RICHA KUMAR, A., TYAGI, M.B., SINHA, R.P. Mecanismele moleculare ale deteriorării și reparației ADN-ului induse de radiațiile ultraviolete. In: *J Acizi nucleici*. 2010, dec., 16:592980 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.4061/2010/592980>.
10. MILLER, R.L. Plagemann PG. Efectul luminii ultraviolete asupra mengovirusului: formarea de dimeri de uracil, instabilitatea și degradarea capsidei și legarea covalentă a proteinei la ARN viral. In: *J Virol*. 1974, mar., 13(3):729-39 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.1128/jvi.13.3.729-739>.
11. ENAKI, N.A., PASLARI, T., BAZGAN, S. et al. Dependența de intensitatea radiației UVC a ratei de decontaminare a agenților patogeni: teorie și experiment semiclasic. EURO. Fiz. J. Plus 137, 1047 (2022) [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-022-03252-y>.

CZU: 579.26

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p246-252

**ACTIVITATEA ANTIBACTERIANĂ A UNOR TULPINI ACVATICE DE FUNGI
DIN GENUL *PENICILLIUM*, *TRICHODERMA* ȘI *TALAROMYCES***

**ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF SOME STRAINS OF AQUATIC FUNGI
OF THE GENUS *PENICILLIUM*, *TRICHODERMA* AND *TALAROMYCES***

Moldovan Cristina, cercet. șt., drd., Institutul
de Microbiologie și Biotehnologie, UTM

Sîrbu Tamara, dr., conf. cercet., Institutul
de Microbiologie și Biotehnologie, UTM

Țurcan Olga, cercet. șt., Institutul de Microbiologie
și Biotehnologie, UTM

Moldovan Cristina PhD student, scientific researcher,
Institute of Microbiology and Biotechnology, TUM

ORCID: 0000-0003-1634-0344

E-mail: cristina.moldovan@imb.utm.md

Sîrbu Tamara, Ph.D., associate researcher, Institute
of Microbiology and Biotechnology, TUM

ORCID: 0000-0001-7809-9870

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

Turcan Olga, scientific researcher
Institute of Microbiology and Biotechnology, TUM

ORCID: 0000-0002-7103-5986

E-mail: olga.turcan@imb.utm.md

Rezumat. Diversitatea ciupercilor din apele dulci este mare, dar studiile despre ciupercile din apă sunt încă la început de cale. Studiarea biodiversității micromicetelor din apele dulci este foarte necesară pentru a completa cunoștințele despre acest grup enorm de microorganisme. Această lucrare tratează rezultatele cercetărilor privind activitatea antimicrobiană a micromicetelor din genul *Penicillium*, *Trichoderma* și *Talaromyces* izolate din nămol, coloana de apă și biofilmul sistemului de lacuri al parcului „La izvor” (or. Chișinău). Activitatea antimicrobiană a 33 de tulpini a fost determinată prin metoda difuziei pe disc, culturile testate au fost bacterii și ciuperci patogene care sunt comune pe teritoriul Republicii Moldova și provoacă boli ale plantelor de cultură. Conform rezultatelor obținute, cele mai active tulpini de micromicete se dovedesc a fi tulpinile izolate din nămol, diametrul zonelor de inhibare asupra creșterii fitopatogenilor variind de la 25,0 la 40,0 mm.

Cuvinte-cheie: ciuperci acvatice, zone de inhibiție, biocid, fitopatogeni.

Abstract. The diversity of freshwater fungi is great, but studies of aquatic fungi are still in their infancy. Studying the biodiversity of freshwater micromycetes is very necessary to complete the knowledge about this enormous group of microorganisms. This paper deals with the research results of studies on the antimicrobial activity of micromycetes of the genus *Penicillium*, *Trichoderma* and *Talaromyces* isolated from the mud, the water column and the biofilm of the lake system of the park "La Izvor" (Chisinau city). The antimicrobial activity of 33 strains was determined by the disk diffusion method, the tested cultures served pathogenic bacteria and fungi that are common on the territory of the Republic of Moldova and cause crop diseases. According to the results obtained, the most active strains of micromycetes turn out to be the strains isolated from the mud, the diameter of the zones of inhibition on the growth of phytopagans varied from 25.0 to 40.0 mm.

Keywords: aquatic fungi, inhibition zones, biocide, phytopathogens.

Introducere

71% din suprafața planetei o ocupă apa. Deși s-a demonstrat că diversitatea fungilor din apele dulci este mare, studiile despre fungii din ape sunt încă la stadiul incipient. Se cunoaște încă foarte puțin despre diversitatea fungilor acvatici, despre interacțiunea cu alte specii de organisme și importanța micromicetelor în rețelele de apă în care locuiesc. Astfel putem constata că studierea biodiversității micromicetelor din apele dulci este foarte necesară pentru a completa cunoștințele despre funcțiile ecologice ale acestora și potențialul acestui grup divers de microorganisme [9].

Actualmente, ciupercile sunt pe larg cercetate și exploatate în calitate de producători extraordinari de produse naturale. Sunt producători excelenți de enzime hidrolitice, biocombustibili, acizi organici, polizaharide și metaboliți secundari, cum ar fi antibiotice, medicamente anticancerigene, agenți hipocolesterolemici, imunosupresoare și altele.

Un număr mare de extracte fungale și/sau produse extracelulare s-au dovedit a avea activitate antimicrobiană, în special fungii filamentosi din genul *Penicillium* (*P. notatum*, *P. chrysogenum*), din care se obțin penicilinele naturale, care sunt active împotriva bacteriilor Gram-pozitive [4].

Un alt gen de fungi care a fascinat oamenii de știință din întreaga lume datorită potențialului său de biocontrol împotriva multor ciuperci fitopatogeni este *Trichoderma*, care deține locul întâi în lista agenților de biocontrol fungic. Mecanismele care stau la baza capacității de biocontrol a acestei ciuperci includ micoparazitismul, competiția pentru nutrienți și spațiu, antibioza, inducerea rezistenței sistemice sau locale la plantele-gazdă. Speciile din genul *Trichoderma* suprimă dezvoltarea fitopatogenilor, eliberând substanțe biologice active care inhibă dezvoltarea multor tipuri de agenți patogeni, precum *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* și *Sclerotinia* [4, 6, 8].

Ciupercile de apă dulce sunt un grup divers de organisme și îndeplinesc funcții importante în dinamica rețelei trofice a ecosistemelor de apă de suprafață. Ele joacă un rol-cheie în descompunerea materialelor organice alohtone, cum ar fi crengi, frunze etc., care furnizează până la 99% din totalul aportului de energie în apele de suprafață. Colonizarea materialului organic de către microorganisme și ciuperci acvatice reprezintă, așadar, o componentă esențială a rețelei trofice a apelor curgătoare, dar și stătătoare [7].

Din punct de vedere ecotoxicologic, ciupercile acvatice pot fi importante pentru sechestrarea ionilor de metale grele (de exemplu, cadmiu, cupru, zinc, plumb) și descompunerea compușilor xenobiotici organici (de exemplu, nonilfenol, bisfenol A, 1-naftol) în ecosistemele de apă dulce. Studii recente au arătat că unele ciuperci sunt capabile să degradeze erbicidele, insecticidele și chiar fungicidele [1, 2, 10]. Capacitatea de a degrada și detoxifica poluanții organici și anorganici sugerează că ciupercile acvatice ar putea juca un rol în îmbunătățirea calității apei și în aplicațiile biotehnologice.

În acest context, identificarea și explorarea unor noi tulpini de micromicete cu proprietăți biosintetice și activitate antimicrobiană semnificativă este actuală, relevantă, utilă și necesară în ceea ce privește dezvoltarea noilor biotehnologii și realizarea bioproduselor utile omenirii.

Materiale și metode

În calitate de obiect de studiu, au servit fungii filamentosi din genul *Penicillium*, *Trichoderma* și *Talaromyces*, izolați din bazinul acvatic al parcului „La izvor” din municipiul Chișinău, care reprezintă o zonă de recreere pentru locuitorii capitalei.

Activitatea antimicrobiană a fost determinată prin metoda difuzimetrică prin utilizarea blocurilor de geloză [11]. Tulpinile de micromicete selectate au fost cultivate pe medii agarizate, malț-agar, timp de 96 ore (28°C). Pentru a evalua activitatea biocidă a microorganismelor, au fost luați pentru cercetare diferiți agenți patogeni ai plantelor. Activitatea antifungică a fost testată împotriva *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*,

în timp ce eficacitatea antibacteriană a fost verificată împotriva *Agrobacterium tumefaciens* (*Rhizobium radiobacter*) 8628, *Bacillus subtilis* B-117, *Clavibacter michiganensis* (*Corynebacterium michiganense*) 13^a, *Erwinia carotovora* (*Pectobacterium carotovorum*) 8982, *Xanthomonas campestris* 8003^b.

Culturile test de funghi și bacterii fitopatogene au fost cultivate pe malț agarizat de 6,0°Blg (pH – 5,8-6,0) și agar nutritiv (pH – 7,0-7,5) [5].

Activitățile biocide au fost determinate prin metoda de difuzie a blocului în agar. Culturile testate au fost subcultivate în cutii Petri. Blocurile de agar de 8 mm au fost decupate cu un burghiu de plută steril de pe substratul nutritiv unde microorganismele au crescut abundent. Apoi blocurile de agar au fost transferate în godeurile pregătite în mediu nutritiv agarizat inoculat cu culturi test subcultivate instantaneu. Cutiile Petri au fost menținute într-un loc rece timp de 1 oră înainte de incubare pentru a permite difuzia substanțelor biocide. Diametrul zonei de inhibiție a creșterii patogenului a fost măsurat după incubare la 28°C timp de 72-96 h pentru funghi și la 37°C timp de 24 h pentru bacterii [3].

Rezultate și discuții

Pentru cercetări au fost selectate 33 de tulpini de micromicete din lacul „La izvor”, aceștia fiind reprezentanți ai genurilor *Penicillium*, *Trichoderma* și *Talaromyces*, care se consideră, conform datelor științifice, cei mai activi inhibitori ai celor 10 fitopatogeni luați în studiu.

Pentru a determina activitatea antimicrobiană, au fost selectate 5 tulpini de funghi fitopatogeni (*Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *F. Solani*) și 5 bacterii fitopatogene (*Agrobacterium tumefaciens* (*Rhizobium radiobacter*) 8628, *Bacillus subtilis* B-117, *Clavibacter michiganensis* (*Corynebacterium michiganense*) 13^a, *Erwinia carotovora* (*Pectobacterium carotovorum*) 8982, *Xanthomonas campestris* 8003^b). Activitățile antifungice și antibacteriene au fost testate asupra acestor culturi-test, ținând cont de faptul că acești agenți patogeni provoacă boli severe și produc pierderi colosale pentru numeroase culturi agricole din Republica Moldova.

Din numărul total de micromicete au fost selectate 14 tulpini din apă, din probele de biofilm – 3 tulpini, din nămol – 16 tulpini. Capacitatea celor 14 tulpini izolate din apă de a inhiba funghi fitopatogeni a fost diferită. Astfel, 12 tulpini au manifestat antagonism față de unii funghi fitopatogeni, 6 tulpini – față de 5 funghi fitopatogeni, 1 tulpină a manifestat antagonism doar față de *B. cinerea*. Diametrul zonelor de inhibiție a fitopatogenilor sub influența metaboliților a variat în limitele 11-40 mm.

Rezultate semnificative antifungice au fost înregistrate de tulpinile A6, care fac parte din genul *Penicillium* față de *A. alternata*, *F. solani* și *F. oxysporum*, (Ø zonei de inhibiție 24,6 – 26,0 mm), tulpinile 9, 10, 13 fiind reprezentanți ai genului *Trihoderma*, manifestând activitate antagonistă față de *B. cinerea*, *F. solani* și *F. oxysporum* (zonele de inhibiție 26,3-37 mm).

Tabelul 1. Activitatea antifungică a tulpinilor de funghi izolate din apa lacului „La izvor”

Nr. d/o		Nr. tulpinii	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Alternari alternata</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Fusarium solani</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
		Izolate din apă					
1.	<i>Penicillium</i>	A 1	0	21,7±3,27	14,3±2,36	15,7±0,65	0
2.		A 2	15,0±1,13	20,7±1,31	19,0±1,13	22,0±2,26	22,0±2,26
3.		A 5	21,0±1,13	21,3±1,31	18,7±1,73	24,0±2,26	28,0±2,26
4.		A 8	0	0	17,7±1,31	12,7±1,31	13,3±1,31
5.		A 6	22,3±0,65	26,0±1,13	16,0±1,13	25,3±1,31	24,7±1,31
6.	<i>Talaromyces</i>	A 3	25,3±0,65	23,3±3,27	0	15,0±1,13	26,0±1,13
7.		A.7	0	0	0	0	0
8.		A 4	20,0±2,26	22,3±0,65	19,3±1,31	22,7±1,31	23,3±1,31
9.		A 9	19,3±1,31	0	31,3±1,31	26,7±3,27	31,7±3,27
10.		A 10	21,0±1,13	23,0±1,13	11,3±1,31	27,3±1,31	30,3±0,65

11.	Trichoderma	A 13	16,0±1,13	14,0±2,26	28,0±2,26	28,7±1,31	19,0±1,13
12.		A 14	0	0	15,7±0,65	0	0
13.		A 15	0	21,7±3,27	16,0±1,13	21,3±1,31	24,7±2,85
14.		A 16	0	21,7±3,27	33,7±3,64	37,0±1,13	26,3±1,73

Din biofilm au fost testate 3 tulpini după capacitatea de a sintetiza metaboliți cu activitate antagonistă față de fungi fitopatogeni (Tabelul 2). Niciuna dintre tulpinile testate nu a manifestat antagonism față de *A. alternata*, iar 2 – față de *A. niger*. Antagonism mai pronunțat a manifestat numai o tulpină de *Trichoderma* (B5) față de *F. oxysporum* (Ø zonei – 35 mm).

Mai active față de fungii fitopatogeni testați au fost tulpinile izolate din nămol. Din cele 16 tulpini studiate, numai tulpina N 11 din genul *Penicillium* nu a manifestat antagonism față de fitopatogenii luați în studiu. Astfel, față de fitopatogenul *A. niger* au manifestat antagonism 7 tulpini, diametrul zonelor de inhibiție variind în limitele 16,0-23,0 mm, față de *A. alternata* și *F. solani* – 15 tulpini (diametrul zonei – 16-40 mm), față de *B. cinerea* 13 tulpini (diametrul zonei – 13-40 mm), iar față de *F.oxysporum* 12 tulpini cu zone de inhibiție de la 11 mm până la 40 mm.

Tabelul 2. Activitatea antifungică a tulpinilor de fungi izolate din nămolul și biofilmul apei lacului „La izvor”

Nr. d/o	Tulpina	Nr. tulpinii	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Fusarium solani</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
Biofilm							
15.	Penicillium	B1	0	0	14,3±0,65	13,7±1,73	12,0±2,26
16.		B3	0	0	14,7±0,65	15,7±0,65	16,3±1,73
17.	Trichoderma	B5	23,0±2,99	0	17,0±1,13	22,3±2,85	35,0±1,13
Nămol							
18.	Penicillium	N1	0	18,0±2,26	0	15,0±1,13	14,0±1,13
19.		N2	0	18,3±2,36	14,7±0,65	12,7±0,65	10,7±1,31
20.		N3	0	39,0±1,13	14,3±1,73	15,0±1,13	18,0±2,26
21.		N4	0	39,0±1,13	13,3±1,31	15,3±0,65	11,3±1,31
22.		N11	0	0	0	0	0

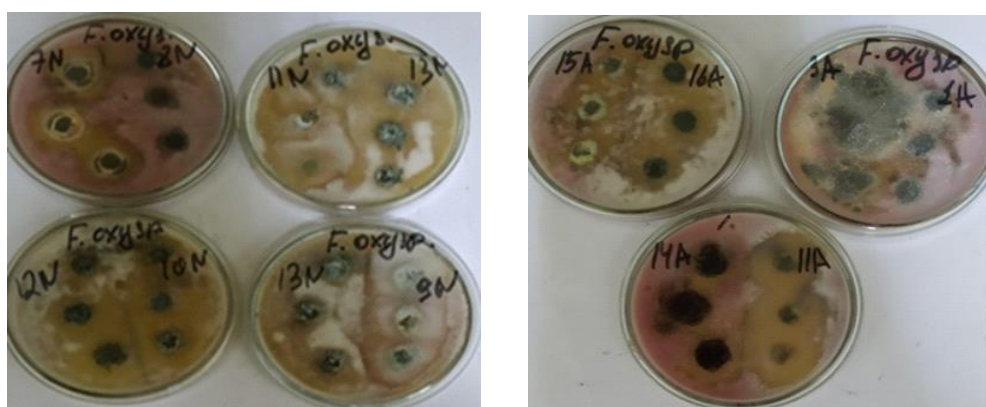


Fig. 1. Zonele de inhibiție asupra creșterii fitopatogenilor *F. oxysporum* *A. niger* la acțiunea metaboliților unor tulpini de fungi izolate din apa lacului „La izvor”

Tulpinile de micromicete izolate din lacul „La izvor” au prezentat o activitate semnificativă față de bacteriile fitopatogene. Astfel, din cele 14 tulpini izolate din apă, 12 au manifestat antagonism față de bacteriile fitopatogene, diametrul zonelor de inhibiție al fitopatogenilor variind în limitele

12,7-34,7 mm. Cele mai relevante rezultate ale activității antibacteriene au fost detectate la tulpinile *Penicillium* (A1), *Talaromyces* (A3), *Trihoderma* (A14), diametrul zonelor de inhibiție a fitopatogenilor fiind de 22,0-34,7 mm. Tulpinile de *Talaromyces* A11 și *Trihoderma* A16 însă nu au manifestat antagonism față de tulpinile bacteriene de referință.

Tabelul 3. Activitatea antibacteriană a tulpinilor de micromicete izolate din apa sistemului de lacuri „La izvor”, diametrul zonei de inhibiție al fitopatogenilor testați (mm)

Nr. d/o	Tulpina	Nr tulpina	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Xanthomonas campestris</i>	<i>Corynebacterium miciganensis</i>	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	<i>Erwinia carotovora</i>
1.	<i>Penicillium</i>	A 1.	32,3±2,85	22,3±2,85	31,3±1,31	24,0±1,94	30,7±1,31
2.		A 2	17,0±1,13	20,3±0,65	20,7±0,65	18,7±1,31	21,0±1,13
3.		A4	16,0±1,96	18,7±1,73	17,3±1,31	19,3±1,31	18,7±1,31
4.		A5	16,3±0,65	17,3±1,31	17,7±0,65	18,7±1,31	16,3±1,73
5.		A8	19,0±1,13	18,3±0,65	18,7±1,31	18,7±2,36	16,7±1,31
6.		A6	15,3±0,65	17,3±1,31	15,0±1,13	16,3±2,36	18,7±1,31
7.	<i>Talaromyces</i>	A7	13,0±1,13	12,7±1,31	15,3±0,65	14,0±1,13	15,7±0,65
8.		A3	34,7±0,65	27,3±5,58	22,0±2,26	25,0±2,99	29,0±4,08
9.		A4	16,0±1,96	18,7±1,73	17,3±1,31	19,3±1,31	18,7±1,31
10.		A10	16,7±1,73	18,0±1,13	17,3±0,65	16,7±1,31	18,7±1,31
11.		A11	0	0	0	0	0
12.	<i>Trihoderma</i>	A13	18,0±2,26	20,3±0,65	19,0±1,13	17,0±1,13	18,7±1,31
13.		A14	23,3±3,27	23,3±3,46	22,3±0,65	23,3±1,73	27,3±2,85
14.		A15	13,0±1,13	12,7±1,31	15,3±0,65	14,0±1,13	15,7±0,65
15.		A16	14,7±2,61	0	0	0	0

Din cele 3 tulpini izolate din biofilm, tulpina din genul *Trihoderma* B5 nu a manifestat antagonism față de tulpinile bacteriene de referință, iar tulpinile din genul *Penicillium* B1 și B3 nu au manifestat antagonism față de *E. carotovora*, zonele de inhibiție față de restul tulpinilor de referință variind în limitele 22,7-32,3 mm.

Tulpinile izolate din nămol au fost mai active față de bacteriile fitopatogene. Numai o tulpină din genul *Penicillium* (N 1) nu a manifestat antagonism față de tulpinile bacteriene de referință, restul tulpinilor studiate au prezentat activitate antibacteriană substanțială. Diametrul zonelor de inhibiție asupra fitopatogenului *B. subtilis* a variat în limitele 30,7-38 mm, iar diametrul zonelor de inhibiție asupra restului tulpinilor de referință, cu mici excepții, variază în limitele 20-30,7 mm.

Tabelul 4. Activitatea antibacteriană a tulpinilor de micromicete izolate din apa sistemului de lacuri „La izvor”, diametru zonei de inhibiție al fitopatogenilor testați (mm)

Nr. d/o	Tulpina	Nr. tulpinii	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Xanthomonas campestris</i>	<i>Corynebacterium miciganensis</i>	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	<i>Erwinia carotovora</i>
Izolate din biofilm							
16.	<i>Penicillium</i>	B3	32,3±2,85	22,7±2,61	20,3±0,65	23,3±1,31	0
17.	<i>Trihoderma</i>	B5	0	0	0	0	0
Izolate din nămol							
18.	<i>Penicillium</i>	N1	0	0	0	0	0
19.		N2	38,0±1,13	25,7±0,65	20,7±1,31	22,7±3,46	20,7±1,31
20.		N3	31,3±1,31	20,0±2,26	10,7±1,31	16,3±0,65	0
21.		4	31,3±1,31	19,3±1,31	15,0±1,13	18,3±1,73	28,0±2,26
22.		N5	33,0±4,0	22,3±2,85	25,0±1,13	25,3±0,65	24,3±2,36

23.		N6	34,0±1,96	21,7±3,27	23,3±1,31	25,7±0,65	0
24.		N7	36,3±1,31	26,0±1,13	17,3±1,31	22,0±2,26	17,3±0,65
25.	<i>Trihoderma</i>	N8	30,3±0,65	23,3±1,73	19,3±1,31	21,3±1,31	0
26.		N9	33,7±1,73	12,7±1,31	17,3±1,31	21,0±1,13	20,7±1,31
27.		N10	33,3±3,27	29,3±1,31	25,7±1,31	24,0±2,26	30,7±1,31
28.		N11	35,7±1,31	30,7±1,31	26,0±2,26	28,0±1,96	30,0±2,26
29.		N12	36,0±1,96	25,7±3,64	20,7±1,31	24,3±1,31	28,7±2,61
30.		N13	34,0±1,96	22,3±2,85	20,7±1,31	24,7±1,73	23,0±1,96
31.		N14	30,7±1,31	26,7±1,73	23,7±1,73	26,7±1,73	28,7±1,73
32.	<i>Talaromyces</i>	N28	37,3±1,31	25,3±0,65	25,7±1,31	25,3±0,65	0
33.		N29	35,7±0,65	28,3±1,73	26,0±1,96	23,3±1,31	0

Astfel, conform datelor prezentate, o activitate antimicrobiană considerabilă în raport cu fitopatogenii de referință au manifestat tulpinile izolate din nămol. Prezintă interes, din punctul de vedere al activității antimicrobiene, următoarele tulpini: din genul *Penicillium* – tulpinile A1, N7, N13, din genul *Talaromyces* – A3 și N29, iar din genul *Trihoderma* – A14, N9, N10, N12.

Concluzii

În urma cercetărilor efectuate, a fost demonstrat că unele tulpini de fungi, izolate din apa lacului „La izvor” (din apă, nămol și biofilm), prezintă o activitate antimicrobiană sporită față de unii fitopatogeni luați în studiu care produc daune grave la plantele de cultură din Republica Moldova, zonele de inhibiție asupra creșterii acestora variind între 25 și 40 mm. Mai active au fost tulpinile de micromicete față de bacteriile fitopatogene.

Luând în calcul studiul activității antimicrobiene a micromicetelor izolate din apă, nămol și biofilm, cel mai active s-au dovedit a fi tulpinile de micromicete din nămolul lacului, cu zone de inhibiție până la 40 mm. Pentru cercetările ulterioare au fost selectate tulpinile A1, A3, A6, A14 (din apă), N5, N7, N9, N10, N12, N13, N28, N29 (din nămol), prezentând interes biotehnologic prin manifestarea unei activități antimicrobiene considerabile și care vor completa Colecția Națională de Microorganisme Nepatogene.

Bibliografie:

1. AUGUSTIN, T., SCHLOSSER, D., BAUMBACH, R., SCHMIDT, J. GRANCHAROV, K., KRAUSS, G. et al. Biotransformation of 1-naphtol by a strictly aquatic fungus. In: *Curr. Microbiol.* 2006, 52, pp. 216-220 [online]. Disponibil: doi: 10.1007/s00284-005-0239-z.
2. AZEVEDO, M., CARVALHO, A., PASCOAL, C., RODRIGUES, F., CÁSSIO, F. Responses of antioxidant defenses to Cu and Zn stress in two aquatic fungi. In: *Sci. Total Environ.* 2007, 377, pp. 233-243[online]. Disponibil: doi: 10.1016/j.scitotenv.2007.02.027.
3. BOYLE, V.J., FANCHER, M.E., ROSS, R.W. Rapid, modified Kirby-Bauer susceptibility test with single, high-concentration antimicrobial disks. In: *Antimicrob Agents Chemother.* 1973, 3, pp. 418-24.
4. KHETHR, F., HAJ, B., AMMAR, S., SAĎDANA, D., DAAMI, M., CHRİAA, J., LİOUANE, K., DEVI, P., RODRIGUES, C., NAIK, C.G., D'SOUZA, L. Isolation and Characterization of Antibacterial Compound from a Mangrove-Endophytic Fungus, *Penicillium chrysogenum* MTCC 5108. In: *Indian J Microbiol.* 2012, 52(4), pp. 617-23 [online]. Disponibil: doi: 10.1007/s12088-012-0277-8.
5. KRASSILNIKOV, N.A., KALAKUTSKII, L.V. Systematic position of the ray fungi among lower organisms. In: *Biology of Selected Groups.* 1974.
6. KUMARI, N., SRIVIDHYA, S. Secondary metabolites and lytic tool box of *Trichoderma* and their role in plant health. In: *Molecular Aspects of Plant Beneficial Microbes in Agriculture.* 2020, pp. 305-320 [online]. Disponibil: doi:10.1016/B978-0-12-818469-1.00025-0.

7. LUKAS, I.D., MARION, J., WERNER, I. Aquatic Fungi: A Disregarded Trophic Level in Ecological Risk Assessment of Organic Fungicides. In: *Front. Environ. Sci., Sec. Agroecology*. Volume 2018, 6 [online]. Disponibil: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00105>.
8. MAHJOUB, M.A., HELAL, A.N., MIGHRI, Z. Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of *Trichoderma* sp. growing in Tunisia. In: *Annals of Microbiology*. 2008, 58(2), pp. 303-308.
9. NIZAMYDEEN, N., SANTHIYA, T., AMBIKA, R., SENGOTTAIAN, N. Diversity of aquatic fungi in the coastal region of Cauvery river in Thanjavur district of Tamilnadu. In: *Applied Science Research*. 2014, 5(2), pp. 55-58. ISSN 0976-8610.
10. OLIVEIRA, B.R., PENETRA, A., CARDOSO, V.V., BENOLIEL, M.J., BARRETO CRESPO, M.T., SAMSON, R.A. et al. Biodegradation of pesticides using fungi species found in the aquatic environment. In: *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2015, 22, pp. 11781-11791 [online]. Disponibil: doi: 10.1007/s11356-015-4472-0.
11. ЕГОРОВ, Н.С. *Основы учения об антибиотиках*. М.: Наука, 2004, с. 528. ISBN 5-211-04669-2; ISBN 5-02-033595-9.

CZU: 574.587

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p253-259

**DIVERSITATEA ALGOFLOREI BENTONICE A RÂULUI BÎC
DIN ZONA ORAȘULUI CHIȘINĂU**

**THE DIVERSITY OF THE BENTHONIC ALGOFLORA OF THE BIC RIVER
IN THE CHISINAU CITY AREA**

Nedbaliuc Boris, dr., conf. univ., UPS „Ion Creangă” din Chișinău
Nedbaliuc Rodica, prof. biologie, grad didactic II, IPLTPA „M.Berezovschi”
Grigorcea Sofia, dr., conf. univ., UPS „Ion Creangă” din Chișinău
Chiriac Eugenia, dr., conf. univ., UPS „Ion Creangă” din Chișinău

Nedbaliuc Boris, PhD, associate professor, UPS “Ion Creanga” from Chisinau
ORCID: 0000-0002-9116-4515

E-mail: nedbaliuc.boris@upsc.md

Nedbaliuc Rodica, biology teacher, degree didactic II, IPLTPA „M.Berezovschi”
ORCID: 0000-0002-7916-2234

Grigorcea Sofia, PhD, associate prof., UPS “Ion Creanga” from Chisinau
ORCID: 0000-0002-4948-6430

Chiriac Eugenia, PhD, associate prof., UPS “Ion Creanga” from Chisinau
ORCID: 0000-0002-5935-0414

Abstract. As a result of the investigations of the algal communities in the Bic river (from the Chisinau area), 253 species and varieties of algae were identified, producing a biomass from 60 g/m² to 2-3 kg/m². Bacilariophytes develop intensively in the autumn-winter-spring period, chlorophytes – spring-summer-autumn, and cyanoprokaryotes and euglenophytes - summer and autumn. Species from the Dinophyta and Xanthophyta phyla are rarely found in the benthic communities of the river. Under the conditions of high concentrations of nutrients and high temperatures, the rapid multiplication of algae species from the genera *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Microcystis*, *Euglena* etc. occurs, which sometimes causes the phenomenon of "blooming" of the water.

Keywords: periphyton, phytoplankton, algal communities, biodiversity, eutrophication.

Introducere

Râul Bîc este unul din principalii afluenți ai fluviului Nistru, având lungimea de 155 km. Suprafața bazinului de recepție este de 2040 km². Izvorul râului este situat pe versantul pădurii de fagi din preajma localității Temeleuți (r-nul Călărași) și se varsă în fluviul Nistru în apropierea satului Gura Bîcului. Lățimea râului este de 2-18 m, iar adâncimea – până la 0,8-1,0 m [1]. Pe sectorul râului ce traversează orașul Chișinău, volumul scurgerii crește din contul apelor reziduale și comunale ale orașului. În bazinul râului au fost construite numeroase iazuri, fiind înnămolite și parțial acoperite cu vegetație hidrofilă. Pe cursul râului se află și lacul de acumulare Ghidighici, de care depinde debitul lui la intrarea în orașul Chișinău. Este calificat ca fiind unul dintre cele mai poluate râuri din Republica Moldova.

Acumularea în cantități mari a elementelor biogene poate provoca o dezvoltare intensă a vegetației acvatică, mai cu seamă a algelor, care reacționează rapid la prezența anumitor substanțe chimice, atât anorganice, cât și organice. Unele din aceste substanțe, fiind toxice pentru animalele acvatice, pot exercita acțiune benefică asupra unor specii de alge. În condițiile unor concentrații mari de nutrienți și a temperaturilor sporite, unele specii de monere și protiste autotrofe din genurile *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Microcystis*, *Euglena*, *Chlamydomonas* ș.a. se înmulțesc rapid și pot provoca fenomenul „înflorirea” apei. Asemenea populații de alge reacționează prompt la modificările survenite în componența chimică a mediului acvatic, de aceea numeroase specii servesc în calitate de bioindicatori ai nivelului de poluare organică a bazinelor acvatice [6, 7, 8].

Materiale și metode

Au fost colectate și studiate probe de alge bentonice și perifitonice din râul Bîc (sectorul ce traversează municipiul Chișinău). Colectarea și prelucrarea probelor de alge a fost efectuată conform metodelor unificate de colectare și prelucrare a probelor hidrobiologice de teren și experimentale [3, 11, 12]. Probele de alge au fost prelevate sezonier de pe diverse obiecte scufundate în apă, precum și prin decuparea de pe suprafața fundului apei râului a anumitei cantități de substrat (mâl) împreună cu organismele pe care le conține. Studiarea speciilor a fost efectuată cu ajutorul microscopului Micromed 1. La identificarea speciilor s-au folosit determinatoarele în vigoare.

Rezultate și discuții

Studiul ce ține de dinamica calitativ-cantitativă a comunităților algeale are o însemnătate deosebită în condițiile eutrofizării și poluării continue a bazinelor acvatice. Deversarea permanentă a apelor reziduale în râul Bîc de pe terenurile adiacente contribuie la degradarea componenței specifice a algoflorei. Ca rezultat, se dezvoltă specii de alge rezistente la concentrații sporite de poluanți organici și anorganici dizolvați în apă. În zona litorală a râului, precum și pe diverse substraturi, se dezvoltă abundent algele verzi filamentoase (specii din genurile *Cladophora*, *Oedogonium*, *Enteromorpha*, *Stigeoclonium*, *Ulothrix*, *Zygnema*, *Mougeotia*), care formează o biomasă de până la 2-3 kg/m². Printre filamentele acestora se dezvoltă o bogată floră algală.

În rezultatul investigațiilor efectuate asupra comunităților de alge bentonice și perifitonice (de pe unele plante superioare și de pe substraturi inanimate submerse), au fost evidențiate 253 de specii și varietăți: *Cyanoprokaryota* – 51 taxoni (20,2%), *Bacillariophyta* – 104 (41,3%), *Xanthophyta* – 3 (1,2%), *Dinophyta* – 3 (1,2%), *Chlorophyta* – 72 (28,6%) și *Euglenophyta* – 19 (7,5%) (Figura 1).

S-a stabilit că în comunitățile de alge ale acestui râu predomină speciile din filumurile *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* și *Cyanoprokariota*. Acestea se dezvoltă anul împrejur, chiar și în perioada rece, însă în condiții de transparență redusă nicio specie nu se dezvoltă abundent, de aceea procesele de epurare biologică decurg foarte lent.

Majoritatea speciilor de alge evidențiate fac parte din grupul oligohalobe, însă tot mai evident devine rolul speciilor halofile (*Merismopedia tenuissima* Lemm., *Microcystis aeruginosa* Kutz., *Oscillatoria limosa* Ag., *Oscillatoria tenuis* Ag., *Diatoma elongatum* var. *tenue* (Ag.) V. H., *Melosira varians* Ag., *Navicula confervacea* Kutz., *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Ag.) Kutz.), precum și a celor mezohalobe (*Anabaena variabilis* Kutz., *Achnanthes hungarica* Grun., *Bacillaria paradoxa* Gmelin., *Navicula gregaria* Donk., *Nitzschia dubia* W. Sm., *Nitzschia hungarica* Grun., *Surirella ovalis* Breb., *Synedra tabulata* (Ag.) Kutz., *Euglena viridis* Ehr.).

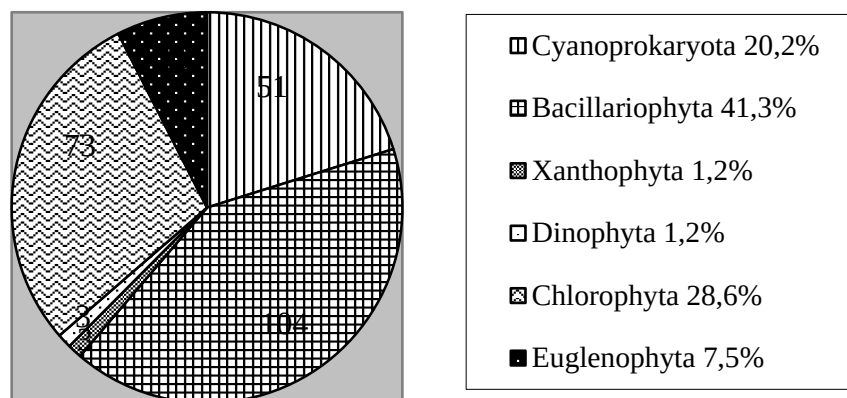


Fig. 1. Spectrul floristic al algoflorei râului Bîc

Studiind probele de alge colectate din râul Bîc, a fost identificată o specie diatomee (bacilariofită) care nu este caracteristică pentru bazinele acvatice ale Republicii Moldova. Aceasta este *Pleurosira laevis* (Ehr.) Compère (*Biddulphia laevis* Ehr.), care, de obicei, viețuiește în zonele sublitorale ale mărilor și în delta fluviilor, unde nivelul de mineralizare este sporit (de la 0,5 până la 30‰). În râul Bîc, *P. laevis* a fost evidențiată în probele perifitonice de alge colectate de pe diverse substraturi submerse, precum și de pe suprafața mărului. Reprezintă o algă colonială, cu celulele masive (dimensiuni 150-200 μ lungime), cu aspect de cilindru, care formează lanțuri „zigzag” și cu pereți puternic silicificați (Figurile 2 și 3). Este o componentă a familiei *Triceratiaceae*, care aparține ordinului *Triceratiales* și clasei *Centrophyceae* [4].

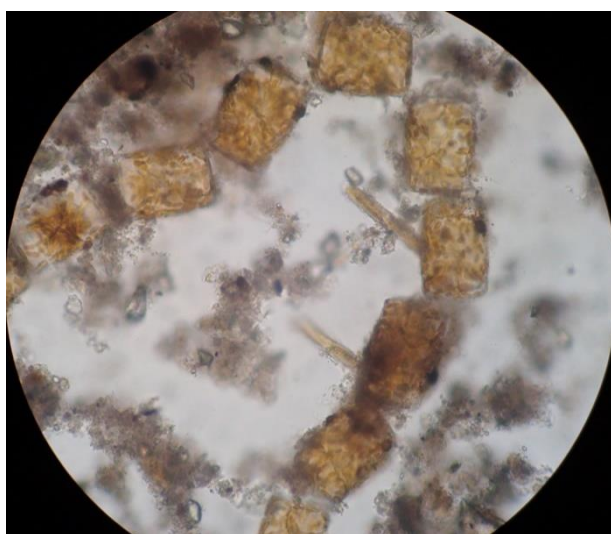


**Fig. 2. Colonie de *P. laevis* cu carapacele din partea pleurei (400 x)
(foto: B. Nedbaliuc)**



**Fig. 3. Celulă de *P. laevis* cu carapacea din partea valvei (1000 x)
(foto: B. Nedbaliuc)**

Pleurosira laevis a ajuns pe teritoriul Republicii Moldova din Marea Neagră, probabil prin intermediul păsărilor acvatice. În râul Bîc această bacilariofită are condiții favorabile pentru dezvoltare, fiind determinate de sporirea salinității apei, de aceea poate fi depistată mai cu seamă în luna iulie-septembrie pe fundalul creșterii temperaturii aerului, a sporirii procesului de evaporare a apei și a lipsei de precipitații atmosferice. Considerăm această specie invazivă ușor acomodabilă la condițiile noi de viață. Este îngrijorătoare prezența ei pe teritoriul Republicii Moldova.

În plan sezonier, în dezvoltarea comunităților algale, se observă o anumită legitate – în timpul rece al anului, în comunitățile bentonice și planctonice se înregistrează preponderent specii de bacilariofite, iar primăvara, odată cu sporirea temperaturii apei, își încep dezvoltarea clorofitele, dinofitele și xantofitele. În timpul cald al anului, în comunitățile de alge din apa râului Bîc, se întâlnesc specii din toate filumurile prezentate mai sus. În această perioadă, precum și în lunile calde de toamnă, se atestă o dezvoltare abundentă a unor cianobacterii din genurile *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Phormidium* etc., precum și a unor specii de euglenofite din genurile *Euglena*, *Phacus* ș.a., prezentând o dovadă de poluare intensă a apei cu substanțe organice.

După numărul de specii și varietăți de alge evidențiate în microfytobentosul râului Bîc, prevalează bacilariofitele cu 104 taxoni, ce fac parte din 30 de genuri, fiind atribuite la 8 familii, 4 ordine și 2 clase. Acestea reprezintă protiste autotrofe monocelulare sau coloniale. Structura celulei și a coloniilor este foarte diversă (talul cu aspect arbustiv, în formă de filament, panglică-lanț, steluță, evantai etc.). Se deosebesc de speciile de alge din alte filumuri prin culoarea brună-gălbuie a cromatoforilor, determinată de prezența pigmentilor clorofila *a* și *c*, carotenoidelor și a xantofilelor, mai cu seamă a fucoxantinei. Toți pigmentii, cu excepția celor clorofilieni, se dizolvă în apă, motiv pentru care celulele de diatomee moarte au culoarea verde. Le mai este caracteristică prezența în celulă a unui înveliș silicios, numit carapace, constituit din 2 teci – hipoteca și epiteca. La microscop, pe suprafața valvelor, se observă un sistem de încrustații, care au aspect de areole, puncte sau striuri dispuse radial, uneori spiralat sau concentric, prin intermediul cărora protoplastul comunică cu mediul extern. Aceste încrustații sunt foarte constante și joacă un rol deosebit în sistematica diatomeelor. Privite la microscop din partea valvei, celulele diatomeelor au formă de bărcuță, de semilună, ovoidă, de cerc etc., iar din partea pleurei au formă de dreptunghi, trapez etc.

Mai frecvente în bentosul și perifitonul râului Bîc s-au dovedit a fi speciile din genurile *Cymbella*, *Gomphonema*, *Navicula*, *Pleurosigma*, *Pinnularia*, *Gyrosigma*, *Amphora*, *Bacillaria*, *Hantzschia*, *Nitzschia*, *Diatoma*, *Fragilaria*, *Synedra*, *Cymatopleura* și *Surirella*, care se dezvoltă mai abundent în perioada rece a anului, când reprezentanții altor filumuri practic nu se dezvoltă.

Din filumul *Chlorophyta* (algele verzi) au fost identificate 73 de specii, atribuite la 37 genuri, 19 familii, 6 ordine și 4 clase. Sunt protiste autotrofe monocelulare, pluricelulare și coloniale cu structura talului monadă, coccidă, trihală, heterotrihală, lamelară și sifonală. Au culoarea talului verde-deschisă, datorită pigmentilor clorofila *a* și *b*, carotenoidelor și xantofilelor. Cromatoforii sunt în număr de 1-2 sau numeroși, de formă lamelară, discoidală, stelată, cupă, de placă reticulată, panglică spiralată etc. Cromatoforii conțin de la unul până la câțiva pirenoizi. Numărul și localizarea pirenoizilor în celulă este specifică și are importanță în sistematica clorofitelor.

Mai numeroasă în specii este clasa *Chlorococcophyceae* cu familiile *Scenedesmaceae* (11 specii) și *Chlorococcaceae* (6 specii). Majoritatea reprezentanților acestei clase sunt componenți ai fitoplanctonului râului Bîc [2, 10]. În comunitățile bentonice acestea se întâlnesc cu indicele de abundență „rar”, cu excepția speciilor *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb., *S. spinosus* Chod., *Chlorella vulgaris* Beier., *Coelastrum microporum* Nag., *Oocystis borgei* Snow., *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *Pediastrum boryanum* var. *longicorne* Reinsch., *Tetraedron triangulare* Korsch. etc., care sunt frecvente în algocenozele bentonice. Din clasa *Ulothrichophyceae* au fost evidențiate 13 specii, majoritatea aparținând familiilor *Chaetophoraceae* (5 specii) și *Ulothrichaceae* (4 specii), care au talul filamentos și neramificat. Frecvente în bentosul și perifitonul râului sunt speciile din genurile *Oedogonium*, *Stigeoclonium*, *Ulothrix* și *Enteromorpha*, producând o biomasă de până la 250-280 g/m².

Clasa Zygnematophyceae include specii de alge atât monocelulare, cât și filamentoase cu talul neramificat. Aceste protiste se caracterizează prin reproducerea sexuală de tipul conjugare. Mai numeroasă în taxoni este familia Desmidiaceae cu 10 specii din genurile *Closterium*, *Cosmarium* și *Staurostrum*, care se întâlnesc frecvent atât în bentos, cât și în planctonul râului Bîc. Din familia Zygnemataceae au fost evidențiate specii din trei genuri – *Mougeotia*, *Spirogyra* și *Zygnema*, care formează aglomerări la suprafața apei, mai ales printre desigurile de plante superioare acvatice (Figura 4).

Volvocoficeele sunt prezente cu 9 taxoni, care includ alge coloniale și cenobiale, cu celulele de tip chlamidomonadoid și care fac parte din 2 familii – Volvocaceae și Chlamydomonadaceae. În perioada caldă a anului în apa râului se dezvoltă intens specii din genul *Chlamydomonas*.

Din filumul Cyanoprokaryota au fost evidențiate 51 de specii și varietăți ce aparțin la 2 clase, 3 ordine și 14 familii. Acestea reprezintă un grup de monere autotrofe, care dispun de o capacitate de adaptare sporită la factorii mediului extern, ceea ce le conferă o largă răspândire, fiind frecvente atât în comunitățile de organisme acvatice, cât și în cele din sol. Unele specii prezintă adaptabilități la condițiile limitative în nutrienți, cum ar fi lipsa azotaților, având capacitatea de azotfixare, utilizarea bicarbonaților ca sursă de carbon etc. Acestor organisme le mai este caracteristică capacitatea de a asimila diverse substanțe organice din mediul lor de viață, fiind implicate în procesul de autoepurare a apelor din bazinele de suprafață. În rezultatul activității vitale, ele produc diverse substanțe biologice active ce pot fi utilizate în fitotehnie în calitate de stimulatori de creștere a plantelor, precum și în fertilizarea solurilor, în sectorul zootehnic ca aditivi furajeri la creșterea animalelor, în industria farmaceutică etc. [5, 9].

O răspândire mai largă din cadrul acestui filum îl au speciile din clasa Hormogoniophyceae, care reprezintă circa 74% din numărul total de cianoprocariote evidențiate în apa râului Bîc. Cea mai numeroasă în taxoni s-a dovedit a fi familia Oscillatoriaceae cu 27 de specii, cantitativ predominând cele din genurile *Oscillatoria* și *Phormidium*, care produceau o biomasă de circa 40-70 g/m². Abundent se dezvoltau și speciile din genul *Anabaena*, provocând fenomenul „înflorirea” apei (Figura 5).

Familiile Homoeothrichaceae, Nodulareaceae, Rivulariaceae, Pseudonostocaceae și Schizothrichaceae includ câte o singură specie, care au o dezvoltare limitată – cu indicii de abundență „rar” și „foarte rar”. Din clasa Chroococcophyceae au fost evidențiate 13 specii, care se întâlnesc preponderent în planctonul râului Bîc. Mai numeroasă în specii s-a dovedit a fi familia Merismopediaceae (4 taxoni), iar Coelosphaeriaceae și Gomphosphaeriaceae includ câte o singură specie. Cianoprocariotele apar în comunitățile algale primăvara și se dezvoltă intens în toată perioada caldă a anului.

Cu un număr mare de specii se prezintă și filumul Euglenophyta – 19 taxoni. Majoritatea speciilor aparțin genurilor *Euglena*, *Phacus* și *Trachelomonas*. Sunt organisme exclusiv monocelulare, înzestrate cu 1-2 flageli. Majoritatea au talul monad și numai unele, amiboidal și coccoid. Se întâlnesc preponderent în apele dulci, preferând bazinele mici, bogate în substanțe organice. La majoritatea speciilor celulele sunt acoperite cu periplast flexibil și sunt lipsite de membrană rigidă (ex. *Euglena*), de aceea talul lor își modifică forma (în direcție transversală celula se umflă și se dilată, iar longitudinal se scurtează, contribuind la mișcarea lor în apă). La speciile genului *Trachelomonas*, *Strombomonas* ș.a. protoplastul celulei este inclus într-o cochilie numită lorica. Pe lorică se găsesc un șir de încrustații cu aspect de spini sau granulații cu importanță în

sistematica acestora. După modul de nutriție, euglenofitele se împart în autotrofe, mixotrofe și heterotrofe (parazite și saprotrofe).

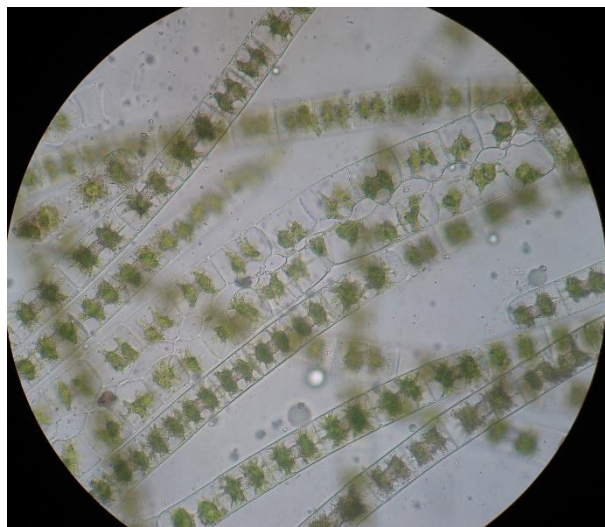


**Fig. 4. Clorofita *Zygnema* sp. (400 x)
(foto: B. Nedbaliuc)**

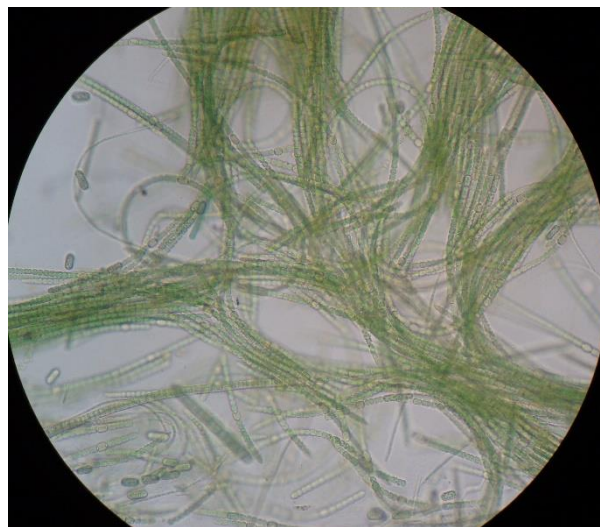


**Fig. 5. Cianobacteria *Anabaena catenula*
(400 x) (foto: B. Nedbaliuc)**

Euglenofitele împreună cu cianobacteriile formează, pe suprafața mълului (la adâncimea de 10-20 cm), colonii mari (120-200 cm², iar în unele locuri cu curgere lină – 1-3 m²), mucilaginoase, de 0,2-0,8 cm grosime, culoare albastră-verzuie. Fragmente de asemenea colonii, scoase de curenții de apă de pe suprafața mълului, se întâlnesc și printre desigurile de plante acvatice.

Xantofitele și dinofitele sunt prezente în comunitățile bentale și perifitonice ale râului Bîc cu câte 3 specii – *Chloridella neglecta* (Pasch. et Geitler) Pasch., *Tribonema affine* (Kütz.) G.S.West, *T. viride* Pasch., *Glenodinium pulvisculus* Stein., *Peridinium bipes* Stein. și *P. cinctum* (O.F.M.) Ehr. Acestea au fost evidențiate în probele studiate în perioada caldă a anului și cu indicii de abundență „rar”, de aceea au un rol neînsemnat în stabilirea parametrilor cantitativi ai algoflorei râului. Frecvent se întâlnesc numai specii din genul *Tribonema*.

Pe fundalul sporirii nivelului de poluare a apei râului Bîc, se atestă o scădere a indicilor calitativi și cantitativi a algelor oligosaprobe și betamezosaprobe cu sporirea efectivului speciilor din grupele de saprobitate alfamezosaprobe, poli-alfamezosaprobe și polisaprobe, care preferă apa poluată cu compuși organici dizolvați. Valorile indicilor de saprobitate, care a fost determinat în baza speciilor bioindicatoare din componența algocenozelor râului Bîc, pe parcursul anului variază între 2,1 (stațiile de colectare a probelor în amonte de oraș) și 2,8-3,1 (stațiile de colectare a probelor în aval de oraș), ce indică calitatea apei de clasa III, iar periodic – de clasa IV.

Concluzii

1. În comunitățile algale bentonice și perifitonice ale râului Bîc, au fost evidențiate 253 de specii și varietăți de monere și protiste autotrofe, care se dezvoltă intens, formând o biomasă de la 60 g/m² până la 2-3 kg/m², cu predominarea bacilariofitelor, clorofitelor, euglenofitelor și cianoprocariotelor.

2. În râul Bîc se dezvoltă intens specii de alge rezistente la concentrațiile sporite de substanțe organice, cum ar fi cele din genurile *Merismopedia*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Microcystis*, *Pseudanabaena*, *Navicula*, *Hantzschia*, *Nitzschia*, *Synedra*, *Carteria*, *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Euglena* ș.a., care, uneori, provoacă fenomenul „înflorirea” apei.

3. În aval de orașul Chișinău, unde apa este puternic poluată, efectivul comunităților bentonice și perifitonice este de 2-3 ori mai redus decât în amonte. A fost înregistrată majorarea efectivului speciilor de monere și protiste autotrofe alfaamezosaprobe și polisaprobe pe parcursul întregului an.

Bibliografie:

1. CAZAC, V., MIHĂILESCU, C., BEJENARI, GH., GÂLCĂ, G. *Resursele acvatice ale Republicii Moldova. Ape de suprafață*. Chișinău: Știința, 2007. 248 p.
2. DONȚU, N., ȘALARU, V., ȘALARU, V. Bîc river algal flora diversity within the area of the Chișinău city biological treatment plant. In: *Buletinul AȘM. Seria „Științe ale vieții”*. 2013, nr. 2 (320), p. 110-116.
3. MOHAN, GH., ARDELEAN, A. *Ecologie și protecția mediului. Manual preparator*. București: Scaiul, 1993. 349 p.
4. NEDBALIUC, B., CHIRIAC, E., NEDBALIUC, R. Qualitative and quantitative structure of the algal communities of the river Bîc. In: *Journal of Botany*. 2017, nr.1(14), pp. 63-68. ISSN 1857-095X.
5. RUDIC, V., COJOCARI, A., CEPOI, L. *Ficobiotehnologie – cercetări fundamentale și realizări practice*. Chișinău: Elena-V.I., 2007. 365 p.
6. ȘALARU, V., ȘALARU, V. Unele rezultate ale studierii algoflorei acvatice din Republica Moldova. In: *Revista Botanica*. 2008, nr. 1, pp. 149-159.
7. ȘALARU, V., ȘALARU, V., MELNIC, V. Fenomenul „înfloririi” apei și solului – aspecte ecologice și economice. In: *Revista Botanica*. 2011, nr. 3, pp. 20-28.
8. TROFIM, A. Dinamica sezonieră a diversității algoflorei r. Cogâlnic. *Materialele Simpozionului internațional „Conservarea diversității plantelor”*, ediția a II-a, 16-19 mai, Chișinău, 2012, pp. 195-202.
9. TROFIM, A. Importanța obținerii tulpinilor autohtone de cianobacterii și perspectiva de valorificare a acestora. In: *Revistă de proprietate intelectuală – Intellectus*. 2018, nr. 1, pp. 107-109.
10. UNGUREANU, L. Structura calitativ-cantitativă a fitoplanctonului râului Bîc. In: *Materialele Conferinței Internaționale „Managementul integrat al resurselor naturale din bazinul transfrontalier al fluviului Nistru”*. Chișinău, 2004, pp. 339-342.
11. БАРИНОВА, С.С., МЕДВЕДЕВА, Л.А., АНИСИМОВА, О.В. *Водоросли, индикаторы в оценке качества окружающей среды*. Москва: ВНИИ Природы, 2000. 150 с.
12. ВАССЕР, С.П., КОНДРАТЬЕВА, Н.В., МАСЮК, Н.П. и др. *Водоросли. Справочник* (под ред. Вассер С.П.). Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.

CZU: 502.4(478)

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p260-271

**ASOCIAȚIA *PETASITETUM HYBRIDI* IMCHENETZKY 1926
(*PETASITION HYBRIDI* SILLINGER 1933) ÎN VEGETAȚIA REPUBLICII MOLDOVA**

**ASSOCIATION *PETASITETUM HYBRIDI* IMCHENETZKY 1926
(*PETASITION HYBRIDI* SILLINGER 1933) IN THE VEGETATION
OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA**

Pînzaru Pavel, dr., conf. cercet., Grădina Botanică
Națională (Institut) „Al. Ciubotaru”, USM
Cantemir Valentina, dr., conf. cercet.
Grădina Botanică Națională (Institut) „Al. Ciubotaru”, USM

Pavel PÎNZARU, PhD. Assoc. Prof.,
"Alexandru Ciubotaru" National Botanical Garden (Institute), MSU

ORCID: 0000-0001-6016-930X

E-mail: pavel.pinzaru@gb.usm.md

Valentina CANTEMIR, PhD. Assoc. Prof.
"Alexandru Ciubotaru" National Botanical Garden (Institute), MSU

Rezumat. În prezenta lucrare sunt expuse informații noi cu privire la caracteristica și răspândirea fitocenozelor de *Petasites hybridus* de pe teritoriul Republicii Moldova, iar fitocenozele analizate sunt grupate în asociația *Petasitetum hybridus* Imchenetzky 1926. Tabelul sintetic cuprinde 35 de relevée fitocenologice efectuate în zona Codrilor.

Cuvinte-cheie: *Petasitetum hybridus* Imchenetzky 1926, caracteristica fitocenologică, ecologie, răspândire, vegetația Republicii Moldova.

Abstract. In this paper, new information is presented regarding the characteristics and distribution of *Petasites hybridus* phytocoenoses on the territory of the Republic of Moldova, and the analyzed phytocoenoses are grouped in the association *Petasitetum hybridus* Imchenetzky 1926. The synthetic table includes 35 phytocoenological surveys carried out in the Codri area.

Keywords: *Petasitetum hybridus* Imchenetzky 1926, phytocoenological characteristics, ecology, distribution, vegetation of the Republic of Moldova.

Introducere

Fitocenozele edificate de *Petasites hybridus* (L.) G. Gaertn., B. Mey. & Schreb. din Republica Moldova, anterior, au fost mai puțin studiate. Din Rezervația științifică „Codru” au fost descrise 4 relevée [23, p. 178], 3 relevée din zona Codrilor Centrali [17, p. 264], grupate în asociația *Petasitetum hybridus* (Dostal 1933) Soó 1940 și 5 relevée din Rezervația științifică „Plaiul Fagului”, atribuite asociației *Aegopodio podagrariae-Petasitetum hybridus* R. Tx. 1947 [26, p. 212].

În prezenta lucrare, ca rezultat al noilor investigații fitocenologice, efectuate de autori, se aduc noi informații cu privire la caracteristica și răspândirea fitocenozelor de *Petasites hybridus* pe teritoriul Republicii Moldova, iar fitocenozele analizate sunt grupate în asociația *Petasitetum hybridi* Imchenetzky 1926 [25, p. 36].

Materiale și metode de cercetare

Cercetările fitocenologice în teren au fost efectuate în anii 1992-1993 și 2020-2021, în zona Codrilor, raioanele Strășeni, Ungheni, Hîncești și Orhei. Au fost descrise 35 de relevee fitocenologice, suprafața releveelor de (30-50) 100 m², utilizând metodele Școlii Central-Europene [2]. Nomenclatura floristică este în conformitate cu monografia *Flora vasculară din Republica Moldova (lista speciilor și ecologia)* [24]. Temperatura medie anuală a aerului și cantitatea medie de precipitații anuale – conform atlasului *Resurse climatice ale Republicii Moldova* [21, p. 41, 75]. Noua clasificare a comunităților vegetale descrise de autorii lucrării vine ca rezultat al analizei informațiilor publicate peste hotarele republicii [3-16, 18-20, 22, 27-30].

Rezultate și discuții

Petasites hybridus (L.) G.Gaertn., B.Mey. & Schreb. prezintă plante perene, geofite, mezo-higrofile, răspândite spontan în etajele colinar și montan, mai rar – în cel subalpin din Europa, Caucaz și Iran. Ca rezultat a analizei literaturii de specialitate, s-a constatat că fitocenozele edificate de *Petasites hybridus* din Europa sunt grupate în diferite asociații, alianțe și clase. Unii cenotaxoni se suprapun atât floristic, cât și ecologic și crează probleme în acceptarea lor fără a se cunoaște întreaga informație despre aceștia. Fitocenozele dominate, de regulă, de *Petasites hybridus*, se dezvoltă toate pe soluri aluviale, umede, nisipoase sau și cu pietriș, bogate în substanțe organice, localizate de-a lungul pâraielor colinare sau montane, înconjurată de păduri, de la altitudini joase (74-200 m) până la altitudini înalte (cca 1300 m) și sunt însoțite de unele specii legate de altitudine, schimbându-și astfel compoziția floristică. La gruparea acestor comunități vegetale nu s-a ținut cont în repetate rânduri de arealul speciilor, fapt ce a dus la crearea unui număr mare de cenotaxoni. De exemplu, speciile colinar-montane: *Aegopodium podagraria*, *Lysimachia nummularia*, *Chrysosplenium alternifolium* în fitocenozele dominate de *Petasites hybridus* din Republica Moldova vegetează împreună, iar peste hotare au fost grupate în asociații diferite, ca *Aegopodio podagrariae-Petasitetum hybridi* Tx. 1949, *Chrysosplenio alternifolii-Petasitetum hybridi* Hadác et Soldán 1989, *Lysimachio nummulariae-Petasitetum hybridi* Hadác et Soldán 1989.

Pentru etajul colinar-submontan a fost acceptată, în unele lucrări, asociația *Phalarido-Petasitetum* Schickerath 1933 (original *Petasito officinalis-Phalaridetum arundinaceae* Schwickerath 1933) [5, p. 270; 4, p. 1000; 8, p. 564], care se suprapune cu asociația *Petasitetum hybridi* Imchenetzky 1926 (alt. 300-964 m), având practic aceleași specii edificatoare și constante, iar în unele fitocenoze lipsește specia *Phalaris arundinacea* [3, p. 201-204, tab. 1; 28, p. 348-350; 30, p. 359-362, tab. 3, 3], considerente pentru care unii fitocenologi dau prioritate asociației *Petasitetum hybridi* Imchenetzky 1926 [29, p. 72; 3, p. 200, tab. 1, ass. 8; 30, p. 239; 28, p. 348-350]. Specia *Phalaris arundinacea* L., de fapt, este considerată caracteristică pentru vegetația clasei *Phragmito-Magnocaricetea* Klika et Novák 1941 [1, p. 984], prezentând un geoelement circumpolar, higrofil.

Comunitățile vegetale edificate de *Petasites hybridus* din Republica Moldova sunt atribuite asociației *Petasitetum hybridi* Imchenetzky 1926, alianța *Petasition hybridi* Sillinger 1933, ordinul *Circaeo lutetianae-Stachyetalia sylvaticae* Passarge 1967, clasa EPILOBIETEA ANGUSTIFOLII Tx. et Preising ex von Rochow 1951.

Asociația Petasitetum hybridi Imchenetzky 1926; Kočí, M. in Chytrý, M. (eds.) 2009, s. 313-316, tab. 8. Ass. 5, 174 relev.; Bulokhov & al. 2016, p. 200, tab. 1, col. 8; Pashkevych & Bereznichenko, 2016, p. 580, tab. 3, relev. Nr. 32, 33; Panachenko, 2021, s. 239; Eliáš, P., 2021, p. 286, tab. 2, relev. Nr. 6; Świerkosz, K., Reczyńska, K., 2022, S. 72, tab. 1, Group 2, 59 relev.; Pînzaru P. & Cantemir V., 2023, p. 36-37.

Syn.: *Chaerophyllo hirsuti-Petasitetum hybridi* Kaiser 1926, *Petasito officinalis-Phalaridetum arundinaceae* Schwickerath 1933, *Phalarido-Petasitetum hybridi* Schickerath 1933, *Petasitetum hybridi* (Dotál 1933) Soó 1940, *Petasito hybridi-Aegopodietum podagrariae* Tüxen 1947, *Aegopodio podagrariae-Petasitetum hybridi* Tx. 1949, *Petasitetum hybridi* Oberd. 1949, *Petasitetum hybridi* Oberd. 1949 em. Kopecký 1969, *Carduo personatae-Petasitetum hybridi* Oberd. (1949) 1957, *Geranio-Petasitetum hybridi* Oberd. 1957, *Cardamino amarae-Petasitetum hybridi* Hilbig et al. 1972, *Stellario nemorae-Petasitetum hybridi* Sougnez et Dethioux 1975, *Chrysosplenio-Petasitetum hybridi* Hadác et Soldán 1989, *Lysimachio nummulariae-Petasitetum hybridi* Hadác et Soldán 1989.



Fig. 1. As. *Petasitetum hybridi* Imchenetzky 1926, 07.05.2021, Rezervația științifică „Plaiul Fagului”, comuna Rădenii Vechi, raionul Ungheni

Tabelul sintetic. Tab. 1, 35 relevee.

Stațiunea în R. Moldova. Altitudine: 74-200 m. Relief: Podișul Moldovei Centrale, prin văi intracolinare, de-a lungul pâraielor, în luminișurile din păduri. Climă temperat continentală, temperatura medie anuală a aerului 9,5-10,0°C, cantitatea medie anuală de precipitații 650-700 mm. Sol aluvial, nisipos, bogat în nutrienți.

Specii caracteristice. *Petasites hybridus*, *Chrysosplenium alternifolium*.

Specie dominantă. *Petasites hybridus*.

Specii constante (în R. Moldova). *Galium aparine* (V), *Petasites hybridus* (V), *Urtica dioica* (V) *Aegopodium podagraria* (IV), *Chrysosplenium alternifolium* (IV), *Eupatorium cannabinum* (IV), *Ficaria verna* (IV).

Specii rare pentru flora R. Moldova. *Carex pendula*, *Deschampsia caespitosa*, *Galium rivale*, *Impatiens noli-tangere*, *Neottia ovata*, *Paris quadrifolia*.

Structura pe verticală. De regulă, vara, fitocenozele relevă un singur strat bine evidențiat, înalt de cca 110-120 cm, acoperirea generală 90-100 %, format de specia dominantă *Petasites hybridus* în amestec cu *Aegopodium podagraria*, *Equisetum telmatea*, *Galium aparine*, *Rubus caesius*; speciile de talie înaltă (150-170 cm) ca: *Angelica sylvestris*, *Chaerophyllum bulbosum*, *Cirsium oleraceum*, *Eupatorium cannabinum*, *Inula helenium*, *Phragmites australis*, *Urtica dioica* formează un strat superior dispers. Primăvara, pe alocuri, formează un strat inferior speciile de talie mică (10-15 cm), ca *Chrysosplenium alternifolium*, *Ficaria verna*, în amestec cu *Glechoma hederacea*, *Lysimachia nummularia*, *Ranunculus repens*, *Potentilla reptans*, *Stellaria media*.

Compoziția floristică. În 35 de relevee au fost înregistrate 141 specii de plante vasculare, din care 16 specii sunt caracteristice alianței *Petasition hybridi* Sillinger 1933, 13 – ordinului *Circaeolutesianae-Stachyetalia sylvaticae* Passarge 1967, 21 – clasei EPILOBIETEA ANGUSTIFOLII Tx. et Preising ex von Rochow 1951, 15 – clasei PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA Klika in Klika et Novák 1941, 5 – clasei SALICETEA PURPUREAE Moor 1958, 19 – ordinului *Alno-Fraxinetalia excelsior* Passarge 1968, 32 – clasei QUERCO-FAGETEA SYLVATICAE Br.-Bl. et Vlieger in Vlieger 1937, 20 – *Variae syntaxa*.

Răspândirea locală. Fitocenozele acestei asociații se întâlnesc rar în zona Codrilor, raioanele: Ungheni (comuna Rădenii Vechi), Strășeni (satele Stejăreni și Lozova din comuna Lozova), Hîncești (satul Horodca din comuna Drăgușeni Noi), Orhei (satul Curchi din comuna Vatici și satul Lucașeuca din comuna Seliște).

Starea de protecție. Teritorial, asociația dată este ocrotită în Rezervațiile științifice „Codru” și „Plaiul Fagului”.

Răspândirea generală. Europa Centrală, de Sud, Sud-est și de Est, Turcia.

Concluzii

Fitocenozele asociației *Petasitetum hybridi* Imchenetzky 1926, pe teritoriul Republicii Moldova, ocupă suprafețe mici de la 30-50 m² până la 150 m² și se propun a fi incluse în viitoarea *Listă a asociațiilor rare din Republica Moldova*.

Asociația *Petasites hybridi* Imchenetzky 1926 este inclusă în alianța *Petasition hybridi* Sillinger 1933, se propune a fi grupată în ordinul *Circaeolutesianae-Stachyetalia sylvaticae* Passarge 1967, clasa EPILOBIETEA ANGUSTIFOLII Tx. et Preising ex von Rochow 1951.

Table 1. Ass. *Petasitetum hybridi* Imchenetzky 1926

[illegible]

Numărul relevului	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	K
<i>Epilobium hirsutum</i>	+	-	-	+	-	-	-	r	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Impatiens noli-tangere</i>	-	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Lysimachia vulgaris</i>	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	r	r	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Scirpus sylvaticus</i>	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	1	-	-	-	-	1	I
<i>Solanum dulcamara</i>	r	+	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Symphytum officinale</i>	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	r	+	r	+	-	r	-	r	I
<u>Epilobietea angustifoliae</u>																										
<i>Galium aparine</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+	+	2	+	1	1	1	1	1	1	1	1	+	2	1	+	V
<i>Urtica dioica</i>	+	1	1	1	+	+	+	1	-	1	2	1	1	2	+	+	+	1	2	1	2	+	1	2	+	V
<i>Aegopodium podagraria</i>	+	1	-	-	1	1	-	+	-	2	1	2	+	+	+	+	+	+	-	+	2	1	2	+	-	IV
<i>Eupatorium cannabinum</i>	1	-	-	+	-	r	-	r	+	+	r	+	R	r	+	+	+	+	-	-	r	-	-	-	r	IV
<i>Angelica sylvestris</i>	+	+	+	+	-	r	-	-	-	-	-	r	-	-	-	r	r	r	r	+	-	+	-	-	-	III
<i>Lysimachia nummularia</i>	1	-	1	-	2	+	+	1	-	-	-	-	+	+	+	+	1	1	1	1	-	-	-	1	1	III
<i>Ranunculus repens</i>	+	-	-	-	1	-	1	+	-	+	-	-	1	1	+	+	+	1	+	+	+	-	-	-	+	III
<i>Lycopus europaeus</i>	+	-	-	-	-	r	r	r	-	+	-	+	-	r	r	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	II
<i>Antriscus sylvestris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	+	+	-	-	-	-	-	-	r	-	+	-	-	-	-	II
<i>Equisetum palustre</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	1	1	-	-	-	-	-	-	-	II
<i>Inula helenium</i>	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	+	-	r	r	-	+	-	-	r	r	II
<i>Myosotis scorpioides</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	II
<i>Stellaria aquatica</i>	-	-	-	-	-	-	-	r	-	+	-	+	+	+	r	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	II
<i>Althaea officinalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Calystegia sepium</i>	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	I
<i>Dipsacus pilosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	I
<i>Filipendula ulmaria</i>	-	+	+	+	-	r	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Geranium phaeum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	I
<i>Humulus lupulus</i>	r	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	+	+	-	r	-	-	+	I
<i>Potentilla reptans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I

Numărul relevului	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	K
<i>Valeriana officinalis</i>	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
Phragmito-Magnocari- cetea s. l.																										
<i>Carex hirta</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	1	-	-	-	-	+	+	-	1	+	-	-	+	-	1	II
<i>Phragmites australis</i>	+	1	+	-	+	-	-	-	-	-	1	1	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	II
<i>Agrostis gigantea</i>	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Berula erecta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Bidens tripartita</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Carex acutiformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Carex riparia</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	I
<i>Carex vulpina</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Epilobium parviflorum</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Equisetum arvense</i>	-	+	+	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Juncus inflexus</i>	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Tripolium pannonicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Typha latifolia</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
Salicetea purpureae s.l.																										
<i>Rumex sanguineus</i>	-	-	-	-	-	-	r	+	+	+	-	-	-	-	-	r	+	+	-	-	-	-	-	-	-	II
<i>Viburnum opulus</i>	-	-	r	r	r	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	r	-	II
<i>Salix alba</i>	-	-	-	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Salix cinerea</i>	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Salix fragilis</i>	-	r	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	I
Alno-Fraxinetalia s. l.																										
<i>Ficaria verna</i>	-	-	-	-	-	1	2	2	1	2	1	2	2	3	1	2	2	-	+	1	-	+	2	1	2	IV
<i>Carex remota</i>	+	+	+	-	-	+	r	+	-	r	-	-	-	r	r	r	+	-	-	-	-	-	-	-	-	III
<i>Lamium maculatum</i>	-	-	-	-	-	-	r	r	-	+	-	r	+	+	r	-	-	-	+	+	+	+	r	+	+	III
<i>Cardamine impatiens</i>	-	+	r	-	-	r	+	r	+	-	-	-	-	r	r	r	-	r	-	r	-	-	r	-	-	II

Numărul relevului	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	K	
<i>Cherophyllum temulum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	+	+	+	+	r	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	II
<i>Milium effusum</i>	-	+	-	-	-	-	-	r	r	-	r	r	-	r	-	-	-	r	+	r	-	-	r	-	-	-	II
<i>Campanula trachelium</i>	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I	
<i>Fraxinus excelsior</i>	-	-	-	r	-	r	-	-	r	r	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Acer negundo</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	+	-	-	-	r	-	I
<i>Adoxa moschatellina</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	+	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	I
<i>Echinocystis lobata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	r	-	-	r	-	-	I
<i>Galeopsis speciosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	I
<i>Listera ovata</i>	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Moerhingia trinervia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Myosotis sparsiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Paris quadrifolia</i>	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Persicaria mitis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	I
<i>Sambucus nigra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	r	-	-	-	-	I
<i>Ulmus glabra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
Querco-Fagetea s.l.																											
<i>Geum urbanum</i>	+	-	-	-	r	r	-	-	r	r	r	r	+	+	-	-	+	-	+	r	+	-	r	r	-	-	III
<i>Anemonoides</i>																											
<i>ranunculoides</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	II
<i>Cardamine bulbifera</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	r	-	-	+	+	r	+	-	-	-	r	+	-	-	r	-	-	-	II
<i>Cornus sanguinea</i>	-	-	r	-	r	-	r	r	r	r	+	r	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II
<i>Geranium robertianum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	r	r	r	-	r	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	II
<i>Pulmonaria officinalis</i>	-	-	-	-	-	r	r	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	r	r	r	r	-	-	II
<i>Acer campestre</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Allium ursinum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Arum orientale</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	r	-	-	I
<i>Asarum europaeum</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	r	r	-	r	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Bromus benekenii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Carex sylvatica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Corylus avellana</i>	-	-	r	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I

Numărul relevului	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	K
<i>Dactylis glomerata</i>	-	-	-	+	r	-	-	-	-	-	r	-	-	-	+	I
<i>Euonymus europaeus</i>	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Epipactis helleborine</i>	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Galium odoratum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	I
<i>Glechoma hirsuta</i>	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	r	-	-	I
<i>Hedera helix</i>	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Hordelymus europaeus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	I
<i>Isopyrum thalictroides</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	I
<i>Lamium galeobdolon</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Lampsana communis</i>	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Ligustrum vulgare</i>	-	-	-	-	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Polygonatum hirtum</i>	-	-	r	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Ranunculus auricomus</i>	-	-	r	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	I
<i>Sanicula europaea</i>	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Scrophularia nodosa</i>	-	-	-	r	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Stellaria holostea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	I
<i>Tilia cordata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Ulmus minor</i>	-	-	-	r	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Viola reichenbachiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	I
Syntaxa variae																
<i>Stellaria media</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	1	+	2	+	+	III
<i>Chaerophyllum bulbosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	1	+	II
<i>Ajuga reptans</i>	-	-	r	-	r	-	r	-	-	-	r	-	-	-	-	II
<i>Lamium purpureum</i>	-	-	-	-	-	-	-	r	+	+	-	-	+	+	-	II
<i>Aethusa cynapium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	I
<i>Agrimonia procera</i>	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Alliaria petiolata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	I
<i>Arctium tomentosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	I
<i>Cirsium arvense</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	I

Localitatea, data, altitudinea, suprafața relieului (Tabelul 1): 1-5, satul Stejăreni, comuna Lozova, raionul Strășeni, 03-04.08.1993, alt. 130 m, S = 30, 40, 50, 30, 50 m²; 6, comuna Lozova, raionul Strășeni, 22.07.2020, 27.04.2021, alt. 143 m, S = 40 m²; 7-16, satul Horodca, comuna Drăgușenii Noi, raionul Hîncești, 23.07.2020, 11.05.2021, alt. 130-135 m, S = 30, 30, 50, 30, 50, 60, 50, 40, 40 50 m²; 17-24, satul Curchi, comuna Vatici, raionul Orhei, 22.05.2021, alt. 104-130 m, S = 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100 m²; 25-27, satul Lucășeuca, comuna Seliște, raionul Orhei, 23.05.2021, 30.07.2021, alt. 74-130 m, S = 100, 100, 100, 100 m²; 28-35, Rădenii Vechi, raionul Ungheni, 07.05.2021, alt.197-200 m, S =100, 30, 30, 100, 100, 100, 100 m².

Bibliografie:

1. AESCHIMANN, D., LAUBER, K., MOSER, D. M., THEURILLAT, J.-P. *Flora Alpina*. Bologna: Zanichelli, 2004, vol. 2. 1188 p.
2. BRAUN-BLANQUET, J. *Pflanzensoziologie*. Grundzüge der Vegetationskunde. Ed. 3. Wien: Springer Verlag, 1964. 865 p.
3. BULOKHOV, A.D., IVENKOVA, I.M., PANASENKO, N.N., SEMENISHCHENKOV, Yu.A., DAYNEKO, N.M. Anthropogenic vegetation of the Sozh-Desna interfluvium. [БУЛОХОВ, А.Д., ИВЕНКОВА, И.М., ПАНАСЕНКО, Н.Н., СЕМЕНИЩЕНКОВ, Ю.А., ДАЙНЕКО, Н.М. Синантропная растительность Сожско-Деснинского междуречья. В: *Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук*. 2016, № 5(2), с. 198-205.] [in Russian]
4. CHIFU, T., IRIMIA, I. Galio-Urticetea Passarge ex Kopecký 1969. In: CHIFU, T.(ed.). *Diversitatea fitosociologică a vegetației României*. II. *Vegetația erbacee antropizată*. Tom. 2. *Vegetația pioneră și a buruienșurilor*. Iași: Institutul European, 2014, pp. 996-1041. ISBN 978-606-24-0090-3.
5. COLDEA, Gh. Classe Galio-Urticetea Passarge ex Kopecký 1969. In: COLDEA, Gh. (éditeur). *Les associations végétales de Roumanie. Tome 2. Les associations anthropogènes*. Cluj-Napoca: Presa Universitară Clujeană, 2012, pp. 267-289. ISBN 978-073-595-372-0.
6. COLLAUD, R., FERREZ, Y., SIMLER, N., VOIRIN, M. Typologie phytosociologique des végétation agropastorales du Massif des Vosges. In: *Les Nouvelles Archives de la Flore jurassienne et du nord-est de la France*. 2016, 14, pp. 139-173.
7. COLLAUD, R., GREFFIER, B., FERREZ, Y., BAILLY, G. *Inventaire des végétations de Franche-Comté (d'après le Synopsis des groupements végétaux de Franche-Comté, FERREZ et al., 2011)*. Version avril 2020. Conservatoire Botanique National de Franche-Comté – Observatoire régional des Invertébrés. 128 p.
8. DUBYNA, D.V., DZIUBA, T.P. (eds.). *Prodrome of the vegetation of Ukraine*. (Продромус рослинності України. Київ: Naukova dumka, 2019, 783 с.) ISBN 978-966-00-1666-8. [in Ukrainian]
9. GÜNEY, K.-B. *Syntaxonomical analysis of riparian vegetation of Küre Mountain National Park (Kastamonu)*. Ph.D. Thesis. [*Küre dağları milli Parkı'nın (Kastamonu) riparian vejetasyonunun sintaksonomik analizi*. Doktora tezi.]. Ankara, 2021. 128 p.
10. ELIÁŠ, P. On the synanthropic flora and vegetation of valleys in the western part of the Vel'ká Fatra Mts. (Príspevok k synantropnej flóre a vegetácii dolín v západnej časti Vel'kej Fatry). In: *Zborník Slovevenckého Národného múzea v Martine*. Kmetianum XV, 2020, pp. 272-291.
11. FOUCAULT, B. Contribution au prodrome des végétations de France: les *Filipendulo ulmariae* – *Convolvuletea sepium* Géhu & Géhu-Franck 1987. *J. Bot. Soc. Bot. France*, 2011, 53, pp. 73-137.
12. HADAČ, E., SOLDÁN, Z. Plant communities of springs and mountain brooks in the Bukovské vrchy hills, NE Slovakia. [Rostliná společenstva pramenišť a horských potoků v Bukovských vrších na sevovýchodním Slovensku]. *Preslia*, Praha, 1989, 61, pp. 343-353.
13. HILBIG, W., HEINRICH, W., NIEMANN, E. Übersicht über die Pflanzengesellschaften des südlichen Teiles der DDR. IV. Die nitrophilen Saumgesellschaften. In: *Hercynia N. F.*, Leipzig 9, 1972, 3, pp. 229-270.
14. JAROLÍMEK, I., KLIMENT, J., VALACHOVIČ, M. The syntaxonomical revision of the riparian plant communities dominated by *Petasites hybridus* in Slovakia. In: *Biologia*. Bratislava, 2002, 57/4, pp. 471-492. ISSN 0006-3088.

15. KOČÍ, M. Svaz XDB. *Petasition hybridi* Sillinger 1933. In: M. CHYTRÝ, P. (eds.): *Vegetation of the Czech Republic. 2. Ruderal, Weed, Rock and Scree Vegetation. (Vegetace České Republiky. 2. Ruderální, pleveleva skalní a sušova vegetace)* Academia, Praha, 2009, pp. 145-147. ISBN 978-80-200-1768-7.
16. LASTRUCCI, L., GONNELLI, V., FOGGI, B. Flora e vegetazione di alcune aree umide dell'altopiano della „Pianca” nell'alta Val Marecchia (Provincia d' Arezzo, Toscana). In: *Informatore Botanico Italiano*. Firenze, 2004, 36(2), pp. 429-442. ISSN 0020-0697.
17. LAZU, Ș. *Pajiștile 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.
18. MAFTEI, D-E, MAFTEI, D-I. Research on the preservation status of the 6430 habitat (Hydrophilous tall herb fringe communities of plains and of the montane to alpine level) in the Natura 2000 ROSCI10047 NEMIRA PEAK site. In: *Studii și cercetări. Biologie*. Bacău: Universitatea „Vasile Alecsandri”. 2020, 29/1, pp. 67-71.
19. MARTINI, F., POLDINI, L. Il paesaggio vegetale del fiume Noncello nell'area urbana di Porderone. In: *Gortania. Atti Museo Friul. Storia Nat.* Udine, 1981, 2, pp. 123-156. ISSN 0391-5859.
20. MUCINA, L., BÜLTMAN, H., DIERßEN, K. et al. Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of plant, lichen and algal communities. In: *Applied Vegetation Science*. 2016, 19, pp. 3-264.
21. NEDEALCOV, M., RAILEAN, V. et al. *Atlas. Resursele climatice ale Republicii Moldova = Atlas. Climatic resources of the Republic of Moldova*. Chișinău: Î.E.P. Știința, 2013. 76 p. ISBN 978-9975-67-894-0.
22. PASHKEVYCH, N.A., BEREZNICHENKO, Yu. G. Ecological and coenotic evaluation of herbaceous communities of *Anthriscus sylvestris* (Apiaceae) in the Forest Zone of Ukraine. In: *Ukr. Bot. J.*, 2016, 73(6), pp. 579-586. [ПАШКЕВИЧ, Н.А., БЕРЕЗНИЧЕНКО, Ю.Г. Эколого-ценотический анализ трав'яних угроповань *Anthriscus sylvestris* (Apiaceae) в умовах лісової зони України. В: *Укр. ботан. журн.* 2016, 73(6), с. 579-586]. ISSN 0372-4123.[in Ukrainian]
23. PÂNZARU, P. Asociația *Petasitetum hybridi* (Dostál 1933) Soó 1940 în Rezervația de Stat „Codrii”. In: *Rezumatel lucrărilor Simpozion. Jubiliar „Rezervația naturală „Codrii” – 25 de ani. Realizări, probleme, perspective”*. 19-20 septembrie 1996. Lozova, 1996, pp. 178-180.
24. PÎNZARU, P. *Flora vasculară din Republica Moldova (lista speciilor și ecologia)*. Ed. a 3-a, rev. și compl. Vol. I. *Plante vasculare spontane*. Chișinău: [S. n.], CEP UPSC, 2023. 226 p. ISBN 978-9975-46-806-7.
25. PÎNZARU, P., CANTEMIR, V. Contribuții la studiul asociației *Petasitetum hybridi* Imchenetzky 1926 (*Petasition hybridi* Sillinger 1933) în vegetația Republicii Moldova. In: ANASTASIU, P., CARMEN-COMĂNESCU, P. (eds.). *Sesiune de Comunicări științifice „D. Brandza”, ediția a 29-a. Program, rezumate*. București: Editura Universității din București, 2023, pp. 36-37.
26. POSTOLACHE, Gh., CHIRTOACĂ, V. Vegetația. In: *Natura Rezervației „Plaiul Fagului”*. Chișinău: Universul, 2005. 432 p. ISBN 9975-944-88-4.
27. SANZ, T., VILLARET, J.-C. *Catalogue des végétations de l'Isère. Partie 2: Classification physionomique et phytosociologique avec clés de détermination*. Conservatoire botanique national alpin. Ministère de la Transition écologique et solidaire. 2018, pp. 85-528.
28. SOUGNEZ, N., DETHIOUX, M. La végétation riveraine à hautes herbes nitrophiles en Belgique. In: *Beitr. Naturk. Forsch. Südw.-Dtl. Band 34. OBERDORFER -Festschrift*. Karlsruhe, 1975, s. 345-356.
29. ŚWIERKOSZ, K., RECZYŃSKA, K. Diversity of Mulgedio-Acontetia communities in the Sudetes Mts. (SW Poland) in the Central European context. In: *Vegetation classification and Survey*. 2022, 3, pp. 67-86 [online]. Disponibil: Doi: 10.3897/VCS.70200.
30. ПАНАСЕНКО, Н.Н. *Роль инвазионных растений в современных процессах преобразования растительного покрова*. 1.5.9. – Ботаника. Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. Брянск, 2021. 390 с.

CZU: 502.3

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p272-280

EVOLUȚIA ȘI STAREA ACTUALĂ A REZERVAȚIILOR ȘTIINȚIFICE

THE EVOLUTION AND CURRENT STATUS OF SCIENTIFIC RESERVES

Postolache Gheorghe, dr. hab., prof.,
Grădina Botanică Națională (Institut) „Al. Ciubotaru”, USM

Postolache Gheorghe, Dr. Hab., prof., National Botanical
Garden (Institute) "Al. Ciubotaru", State University of Moldova

ORCID: 0009-0003-6952-0063

E-mail: ghpost@mail.ru

Rezumat. În baza publicațiilor științifice și a cercetărilor proprii, au fost generalizate realizările științifice în ceea ce privește conservarea diversității biologice în rezervațiile științifice din Republica Moldova. De la înființarea rezervațiilor științifice și până în prezent au fost evidențiate compoziția florei și vegetației, au fost elaborate și editate conspectele florei, vegetației și a arboretelor. Au fost evidențiate plantele rare și asociațiile de plante rare conform conceptului abordat de J. Braun-Blanquet (1964). Este apreciată starea actuală a protecției, schimbările din statutul rezervațiilor. Sunt analizate unele cauze care au generat starea deplorabilă a majorității rezervațiilor științifice ca deținătoare ale biodiversității.

Cuvinte-cheie: rezervație științifică, floră, vegetație, conservarea diversității plantelor, asociație.

Abstract. Based on scientific publications and our own research, the scientific achievements concerning the conservation of biological diversity in the scientific reserves of the Republic of Moldova were generalized. Since the establishment of the scientific reserves to the present, the composition of the flora and vegetation has been highlighted, and summaries of the flora, vegetation, and arborets have been elaborated and edited. Rare plants and associations of rare plants have been highlighted according to the concept approached by J. Braun-Blanquet (1964). The current state of protection, the changes in the status of the reserves are evaluated. Some causes that have resulted in the deplorable state of most scientific reserves in terms of biodiversity conservation are analyzed.

Keywords: scientific reserve, flora, vegetation, plant diversity conservation, association.

Introducere

La Simpozionul Științific Internațional consacrat aniversării a 50-ea de la fondarea Rezervației „Codrii”, la 24 septembrie 2021 am prezentat o comunicare [10, p. 294-305] în care am accentuat că a fost elaborat *Conspectul diversității biologice a Rezervației „Codrii”* [2, p. 3-158]; *Conspectul plantelor vasculare din Rezervația științifică „Plaiul Fagului”* [5, p. 41-223]; *Conspectul plantelor vasculare din Rezervația „Pădurea Domnească”* [4, p. 11-133]; *Conspectul plantelor vasculare din Rezervația „Prutul de Jos”* [6, p. 8-13]; *Conspectul plantelor vasculare din Rezervația Științifică „Iagorlâc”* [9, p. 50-114]. În toate aceste rezervații științifice au fost evidențiate speciile de plante rare, inclusiv cele din *Cartea Roșie* a Republicii Moldova (2015). S-a evaluat că starea actuală în conservarea plantelor rare este nesatisfăcătoare. S-a accentuat că, practic, nu se întreprind măsuri eficiente de monitoring în ce privește speciile de plante rare și de implementare a Convenției de la Nagoia (2010) privitor la stoparea dispariției speciilor de plante rare de pe teritoriul rezervațiilor științifice. Drept rezultat al unei astfel de atitudini, în ultimii ani au dispărut specii de plante precum

ultimul exemplar de păr de Dobrogea (*Pyrus elaeagrifolia*), foarfeca bălții (*Stratiotes aloides*), săbiuța (*Gladiolus imbricatus*), sunt pe cale de dispariție limba șarpelui (*Ophioglossum vulgatum*), bumbăcărița (*Eriophorum latifolium*). Lista plantelor care au dispărut și a celor care sunt pe cale de dispariție este mai mare. Problema rezidă în faptul că nu se întreprind măsuri eficiente pentru conservarea plantelor în general și a celor rare în special. În legătură cu aceasta, am hotărât să luăm în discuție încă o dată subiectul conservării diversității plantelor în rezervațiile științifice, unde este cel mai mare număr de plante rare și pe cale de dispariție, dar pentru a căror protecție nu sunt luate măsuri eficiente.

Materiale și metode

Diversitatea florei rezervațiilor științifice a fost cercetată prin metoda de itinerar. S-a colectat ierbar. În baza investigațiilor științifice, s-a elaborat conspectul florei vasculare pentru fiecare rezervație. Pentru unele rezervații științifice (Rezervația „Codrii”, Rezervația „Plaiul Fagului”) au fost evidențiate speciile de mușchi, licheni și ciuperci. Conspectul florei a fost elaborat prin ordonarea sistematică a familiilor, genurilor și speciilor. În conspectul florei vasculare, pentru fiecare specie, este dată denumirea științifică (în limba latină) și denumirea în limba română, bioforma, înălțimea, răspândirea generală, răspândirea în rezervație, habitatul, categoria de raritate, indicele ecologic, perioada de înflorire. Pentru speciile de plante rare, sunt indicate categoria de raritate, în conformitate cu clasificarea speciilor periclitare (IUCN, 2003), Legea privind fondul ariilor naturale protejate de stat (1998) și *Cartea Roșie a Republicii Moldova* (2002, 2015). Plantele au fost grupate după cum urmează: xerofite, xeromezofite, mezofite, mezohigrofit, higrofit, hidrofite, eurifite. Vegetația a fost cercetată conform principiilor școlii fitosociologice J. Braun-Blanquet. În baza descrierii comunităților vegetale, au fost evidențiate asociațiile vegetale și alcătuit conspectul cenotaxonomic a fiecărei rezervații. Diversitatea arboretelor a fost analizată conform Gh. Postolache, evidențiindu-se 4 categorii de arborete: natural fundamentale, parțial derivate, total derivate și artificiale. Cercetări științifice au fost efectuate și în alte categorii de arii naturale protejate [7, p. 4-207; 8, p. 5-200].

Rezultate și discuții

Conform *Legii privind fondul ariilor naturale protejate de stat*, adoptată de Parlamentul Republicii Moldova prin Hotărârea nr. 1538-XIII din 25.02.1998, în prezent există cinci rezervații științifice catalogate, cu o suprafață totală de 19643,7 hectare. Fiecare dintre aceste rezervații are o istorie distinctă de instituire. Rezervația „Codrii” a fost înființată în anul 1971, în timp ce Rezervația „Iagorlâc” a fost instituită în 1988. Rezervația „Prutul de Jos” a fost fondată în anul 1991, iar Rezervația „Plaiul Fagului” și-a primit statutul în anul 1992. Rezervația „Pădurea Domnească” a fost înființată în anul 1993. Fiecare dintre aceste arii protejate are o importanță conservativă distinctă, esențială pentru menținerea diversității biologice forestiere și protejarea mediului înconjurător.

Rezervațiile „Codrii” și „Plaiul Fagului” se evidențiază prin bogăția florei spontane, vegetația specifică, precum și prin diversitatea faunei și habitatele specifice caracteristice ecosistemelor de deal, comparabile cu cele din Centrul Europei. Pe de altă parte, Rezervațiile „Prutul de Jos” și „Pădurea Domnească” includ o floră și o vegetație acvatică și palustră tipică zonelor umede de luncă ale râurilor. Rezervația „Pădurea Domnească” este unică pentru partea de Est a Europei. În plus, Rezervația „Iagorlâc”, situată pe malul stâng al Nistrului, reprezintă unul dintre cele mai reprezentative teritorii protejate pentru stâncării.

Având în vedere importanța acestor cinci rezervații, Parlamentul Republicii Moldova, prin Hotărârea nr. 1538-XIII din 25.02.1998, le-a acordat cea mai înaltă categorisire de protecție, și anume

statutul de rezervație științifică. Conform acestei legi, ariile naturale protejate din această categorie sunt definite ca „spații biogeografice terestre sau acvatice de importanță națională, cu statut de instituție de cercetări științifice, destinată menținerii integrității obiectelor și complexelor naturale, conservării biodiversității și dezvoltării fundamentelor științifice pentru protejarea mediului”. În urma cercetărilor științifice realizate de savanții de la Grădina Botanică Națională „Alexandru Ciubotaru”, aceste rezervații științifice sunt recunoscute ca având o valoare științifică extrem de însemnată.

Una dintre cele mai prețioase rezervații științifice este „Plaiul Fagului”, în care au fost identificate un total de 720 de specii de plante vasculare, din care 115 specii sunt considerate rare, reprezentând 16% din compoziția floristică a rezervației. Aceste specii rare sunt clasificate în diferite categorii de raritate, inclusiv 14 specii critice periclitare, 19 specii periclitare, 19 specii vulnerabile, 37 specii cu risc scăzut și 37 specii insuficient cunoscute. În cadrul rezervației, se găsesc câteva specii de plante care se află la limita estică a arealului lor natural, precum papucul doamnei (*Cypripedium calceolus*), fagul (*Fagus sylvatica*) și tulichina (*Daphne mezereum*). Este posibil ca *Agrostema gitago* să fi dispărut din rezervație, iar mestecănușul (*Betula pendula*) se află într-o stare critică, cu o populație care, acum 20 de ani, număra 30 de exemplare, în prezent însă au mai rămas doar 4. Populațiile de ferigi înregistrează, de asemenea, o reducere anuală a numărului de exemplare.

În cadrul rezervației „Plaiul Fagului”, datorită gestionării necorespunzătoare, a exploatării abuzive, regenerării preponderent din lăstari și aplicării deficitare a tăierilor de îngrijire în arborete, de-a lungul timpului, proporția covârșitoare a arboretelor naturale fundamentale a scăzut, în timp ce a crescut proporția arboretelor degradate și derivate. Un exemplu concludent îl reprezintă arboretele în compoziția cărora predomină frasinul, ocupând o suprafață de aproximativ 300 de hectare. Cu câteva decenii în urmă, acestea alcătuiau arborete amestecate, în special goruneto-frăsinete, în amestec cu carpen, tei și cireș. Formarea arboretelor de frasin a avut loc ca urmare a tăierilor repetate ale speciilor edificatoare, cum a fost gorunul (*Quercus petraea*) și, în unele cazuri, stejarul pedunculat (*Quercus robur*), din compoziția arboretelor goruneto-frăsinete, ceea ce a dus practic la eliminarea speciilor de stejar. În compoziția arboretelor rămase, se regăsesc arbori cu o structură simplificată în raport cu potențialul condițiilor staționale, cum ar fi frasinul, care se usucă datorită atacurilor dăunătorilor, sporadic teiul, paltinul de câmp și carpenul. De-a lungul anilor, cercetătorii au atras atenția asupra acestor probleme și au formulat propuneri tehnologice pentru îmbunătățirea stării arboretelor, însă din cauza indiferenței, iresponsabilității și a necompetențelor profesionale, progresele în această privință au fost limitate.

În ultimii ani, în cadrul Rezervației științifice „Plaiul Fagului”, au devenit evidente procesele de uscare a fagului, carpenului și, într-o măsură mai mică, a gorunului. Aceste fenomene naturale nefaste indică o clară diminuare a numărului de exemplare din multe populații de plante vasculare în acest teritoriu.

Savanții de la Grădina Botanică au prezentat informații relevante despre starea plantelor și comunităților vegetale din Rezervația „Plaiul Fagului” în monografia intitulată *Natura Rezervației „Plaiul Fagului”* (2005) și în numeroase alte publicații. Cu toate acestea, trebuie subliniat faptul că, în ciuda dezbaterilor științifice și a multiplelor apeluri pentru conservarea și protecția diversității plantelor în această rezervație, până în prezent nu s-au întreprins acțiuni semnificative pentru a conserva plantele din stratul ierburilor și arbuștilor. În plus, tăierile de regenerare executate anual au dus la eliminarea irecuperabilă a plantelor sensibile la schimbările bruște de mediu, ceea ce a contribuit la diminuarea valorii conservării florei spontane. În ultimele decenii, volumul tăierilor anuale a înregistrat o evoluție ascendentă, astfel că la începutul anilor 2000 se extrăgeau aproximativ

7500 m³ de masă lemnoasă prin tăieri, în timp ce, conform prevederilor ultimului amenajament silvic, volumul tăierilor a crescut semnificativ, atingând peste 12000 m³ anual. Aceste volume extinse de tăieri au un impact negativ asupra plantelor din flora spontană, ducând la o diminuare drastică a efectivelor unor specii cu sensibilitate crescută, cum ar fi, de exemplu, speciile de ferigi. Este regretabil faptul că, în ciuda numeroaselor avertismente și recomandări din partea comunității științifice, administrația Rezervației „Plaiul Fagului” a desființat activitățile Secției de știință, iar lucrările de regenerare a arboretelor și de altă natură fac ca acest teritoriu să semene mai mult cu un ocol silvic decât cu o rezervație științifică.

Este cu atât mai alarmant, că în rezervație au avut loc acțiuni abuzive, care au dus la demiterea unor buni specialiști care au organizat publicarea a 3 monografii, broșuri, recomandări practice și numeroase articole științifice. În prezent, Secția de știință a rezervației se confruntă cu o lipsă de specialiști calificați cu grad științific în domeniul conservării florei, vegetației și silviculturii. Problemele legate de conservarea diversității plantelor și de optimizare a structurii arboretelor nu au fost rezolvate și nu au primit atenția cuvenită din partea administrației rezervației. În concluzie, sectorul științific al rezervației a fost afectat în mod semnificativ și trebuie să se găsească soluții pentru a remedia această situație.

În Rezervația Științifică „Codrii” s-a constatat o situație dificilă în ceea ce privește starea arboretelor. Ca urmare a utilizării unor tehnologii de regenerare neadecvate speciilor de stejar, suprafața acoperită de arboretele naturale fundamentale s-a redus cu aproximativ 30%, în timp ce suprafața acoperită de arborete degradate și arborete artificiale a crescut. Noua conducere a rezervației depune eforturi pentru a implementa tehnologii adecvate bazate pe regenerarea naturală din semințe în gestionarea arboretelor.

Tabelul 1. Rezervațiile științifice din Republica Moldova

Nr	Denumirea ariei naturale protejate	Anul instituirii	Suprafața, ha	Numărul specii de plante vasculare			Valoarea conservativă
				Total	Rare	CR	
1.	Rezervația Științifică „Codrii”	1971	5170,7	808	60	23	Foarte mare
2.	Rezervația Științifică „Plaiul Fagului”	1992	5642,0	720	115	25	Foarte mare
3.	Rezervația Științifică „Pădurea Domnească”	1993	6032,0	660	31	11	Foarte mare
4.	Rezervația Științifică „Prutul de Jos”	1991	1755,0	310	15	5	Foarte mare
5.	Rezervația Științifică „Iagorlâc”	1988	1044,0	780	76	8	Foarte mare

O situație similară s-a dezvoltat și în cadrul Rezervației Științifice „Pădurea Domnească”. Rezultatele cercetărilor efectuate de Grădina Botanică au evidențiat că flora rezervației cuprinde 660 de specii de plante vasculare, dintre care 32 sunt specii rare. Comunitățile de plante au fost atribuite la 65 de asociații vegetale. Se remarcă câteva specii, precum limba șarpelui (*Ophioglossum vulgatum*) și feriga (*Dryopteris cartusiana*), care sunt catalogate ca fiind critic periclitate. De asemenea, rezervația se confruntă cu problema plantelor invazive, cum ar fi arțarul american (*Acer negundo*), care invadează o suprafață de 176 de hectare a arboretelor din rezervație.

În cadrul Rezervației Științifice „Pădurea Domnească”, se constată degradarea arboretelor ca urmare a gestionării lor necorespunzătoare. Arboretele naturale fundamentale reprezintă aproximativ 35% din totalul arboretelor. În mod preocupant, stejarii seculari, care constituie mândria rezervației, sunt înlocuiți treptat cu jugastru, ceea ce duce la o reducere a suprafeței ocupate de stejarii seculari. Acest lucru se datorează faptului că corpul ingineresc al rezervației nu a adoptat încă tehnologiile de regenerare naturală a stejarului pedunculat, o metodă larg utilizată în Întreprinderile de Stat pentru

Silvicultură din Strășeni, Șoldănești etc. De-a lungul anilor, în această rezervație s-au instalat culturi forestiere cu specii precum nucul negru, salcâmul, arțarul american, arțarul tătăresc, părul, pinul, molidul ș.a. În multe cazuri, la plantarea culturilor forestiere, specialiștii nu au luat în considerare specificul condițiilor staționale, ceea ce a dus la uscarea prematură a acestor arborete.

În cadrul Rezervației Științifice „Pădurea Domnească”, activitățile de cercetare nu se desfășoară, deoarece administrația rezervației, la indicația Agenției pentru Silvicultură „Moldsilva”, a desființat Sectorul științific.

Una dintre problemele care necesită soluționare este starea lacului Beleu, care face parte din Rezervația Științifică „Prutul de Jos”, în prezent inclus în Rezervația Biosferică „Delta Dunării”. Lacul Beleu și zona sa înconjurătoare reprezintă o suprafață unică cu o înaltă valoare conservativă pentru menținerea biodiversității. În această zonă au fost identificate 315 specii de plante vasculare, 41 specii de mamifere, 220 specii de păsări, 7 specii de reptile, 9 specii de amfibieni și 42 specii de pești. Acest spațiu este un paradis pentru faună și floră.

Pentru a proteja această parte semnificativă a naturii și pentru a facilita studiul florei și faunei, Guvernul Republicii Moldova a creat Rezervația de Stat „Prutul de Jos”, prin Hotărârea Guvernului nr. 209 din 23 aprilie 1991, care a inclus lacul Beleu și zonele adiacente pe o suprafață de 1691 hectare. În 2001, teritoriul acestei rezervații a fost extins cu încă 64 de hectare, astfel încât suprafața totală a Rezervației de Stat „Prutul de Jos” este acum de 1755,4 hectare. În 1998, conform „Legii privind fondul ariilor naturale protejate de stat”, prin Hotărârea Parlamentului Republicii Moldova nr. 1538-XIII din 25 februarie 1998, i-a fost acordat statutul de rezervație științifică. În 2018, această rezervație a fost inclusă în cadrul Rezervației Biosferice „Delta Dunării”.

Așadar, lacul Beleu și zona sa înconjurătoare, parte a Rezervației de Stat „Prutul de Jos”, dețin în prezent statutul de Rezervație Științifică, fiind clasificată ca zonă umedă de importanță internațională, protejată în conformitate cu Convenția Ramsar și are statut de Rezervație Biosferică. Acest statut implică responsabilitate din partea autorităților de mediu solicitând măsuri imediate pentru protejarea biodiversității, a apelor și a altor componente ale naturii din zona lacului Beleu. Cu toate acestea, în realitate, aceste măsuri de protecție nu sunt puse în aplicare.

În anul 1995, Guvernul Republicii Moldova a aprobat un acord concesional cu compania americană „Redeco LTD”, care a demarat activitățile de explorare a hidrocarburilor în cadrul Rezervației „Prutul de Jos”. În lacul Beleu au fost create platforme, fiecare având o dimensiune de 40 de metri pătrați, reprezentând insule artificiale de pământ, pe care au fost instalate blocuri de beton armat, cu spații între ele. De la fiecare platformă spre uscat au fost construite drumuri de acces. Extracția petrolului s-a efectuat atât din zona strict protejată, cât și din zona de protecție a Rezervației și a fost depozitat în cisterne. Aceste operațiuni de extracție a petrolului au implicat utilizarea unor tehnologii învechite. Echipamentele utilizate pentru extracție și transport erau murdare și neacoperite, iar precipitațiile atmosferice au dus la contaminarea apei din lacul Beleu cu petrol. În pofida acestor fapte, nu au fost întreprinse măsuri eficiente pentru a proteja lacul Beleu împotriva poluării cu petrol.

La data de 25 iulie 2002, Parlamentul Republicii Moldova a adoptat o rectificare la Legea „Cu privire la fondul zonelor naturale protejate de stat”, permițând astfel companiei „Redeco” să desfășoare activități de exploatare petrolieră în rezervație. În anul 2007, drepturile petroliștilor americani au fost transferate către compania „Valiexchimp”, însă această schimbare nu a dus la ameliorarea situației ecologice din această zonă protejată. La momentul actual, în cadrul Rezervației „Prutul de Jos”, există 21 de sonde petroliere, din care 18 sunt funcționale. Lunar, acestea extrag aproximativ o mie de tone de petrol și 10-12 mii de metri cubi de gaze naturale. Un număr

semnificativ dintre aceste sonde de extracție a petrolului au fost instalate în zona strict protejată a rezervației. Câteva dintre ele sunt situate în apropierea zonelor de cuibărit a numeroase specii de păsări și alte forme de viață. În procesul de instalare a acestor sonde, au fost construite drumuri de acces și diguri, ceea ce a avut un impact negativ asupra mediului înconjurător. De asemenea, s-au adus cantități semnificative de sol care, în mare parte, au fost spălate și au ajuns în lacul Beleu. Petroliștii nu au respectat reguli elementare de protecție a mediului natural și au cauzat daune ecologice imense, vandalizând o mare porțiune din partea de nord-vest a lacului Beleu. Compania locală „Valiexchimp” nu a efectuat investiții pentru a îmbunătăți starea ecologică a Rezervației „Prutul de Jos”, iar gestionarii acestor sonde nu plătesc impozite la stat sau taxe locale către satele Slobozia Mare și Văleni.

S-a constatat că unul din principalii factori care a dus la mărirea lacului Beleu a fost procesul de colmatare. Până în anii 1935-1938, procesul de colmatare era aproape inexistent, deoarece lacul primea apă doar în timpul inundațiilor, când apa intra în lac prin intermediul gârlelor Rotaru și Nevodului. În acea perioadă, nivelul apei în lacul Beleu era de 7-8 metri. Între anii 1938 și 1944, a fost săpăta Gârla Manolescu, o lucrare inițiată de boierul care deținea acele pământuri. În anii 60 ai secolului XX, au avut loc extinderi ale gârlei Manolescu, cu scopul de a atrage mai mult pește din râul Prut în lacul Beleu. Însă, după săparea gârlei Manolescu, procesele de colmatare ale lacului s-au accentuat. Această lucrare hidrotehnică a fost factorul principal în multe schimbări semnificative în componența și structura ecosistemului acvatic al lacului Beleu. La momentul actual, lacul Beleu este aproape complet colmatat. Ca rezultat, au avut loc extinderi ale zonelor cu vegetație acvatică și sălcișuri, iar insulele plutitoare și plaurii au dispărut. Odată cu aceste insule au dispărut și multe specii de plante și animale. Procesul de degradare a lacului Beleu continuă și în prezent.

Cercetătorii științifici au constatat că, dacă procesul de colmatare nu va fi oprit, lacul Beleu va deveni complet colmatat. Tendința de reducere a suprafețelor acvatice va continua să se agraveze. Procesul de transformare a zonelor acvatice în răchitișuri și sălcișuri persistă și se va menține și în viitor, din moment ce instituțiile statului, în special Ministerul Mediului, nu au întreprins măsuri eficiente pentru a opri degradarea lacului Beleu. Această indiferență a autorităților de mediu față de starea lacului Beleu ar putea duce la dispariția acestuia. Zona ar putea fi acoperită cu răchitișuri, sălcișuri și tufișuri. Acest lucru ar duce la dispariția stufurilor, nufărului, pluticii și a multor alte specii de plante și animale specifice mediului acvatic și palustru, distrugând frumusețea acestor locuri.

Guvernului i s-au adresat locuitorii din satele Slobozia Mare și Văleni, care au atras atenția că situația ecologică a lacului Beleu este alarmantă și au solicitat cu fermitate ca instituțiile statului să elaboreze urgent un set de măsuri pentru a reduce degradarea lacului. Cu toate acestea, a trecut suficient timp fără ca să fie luate măsuri concrete în acest sens.

Din cele relatate, constatăm că în rezervațiile științifice din Republica Moldova nu se efectuează cercetări științifice conform „Legii privind fondul ariilor naturale protejate de stat din 1998”.

Articolul 88 din această lege stipulează:

1. *În rezervația științifică, precum și în alte categorii de arii naturale protejate, cercetările științifice ar trebui să fie efectuate, în mod obligatoriu, în conformitate cu programe anuale, asigurându-se astfel continuitatea monitoringului ecologic.*
2. *În rezervația științifică, cercetările științifice ar trebui să monitorizeze dezvoltarea plantelor și animalelor.*

Toate aceste grave încălcări ale legislației se datorează faptului că rezervațiile științifice și-au pierdut, de fapt, statutul. Prin suplimentul Hotărârii Guvernului Republicii Moldova la Hotărârea Guvernului nr. 569 din 10 iunie 2005, ele au fost catalogate ca rezervații naturale. Oamenii de știință speră că în noua variantă a „Legii privind fondul ariilor naturale protejate de stat”, la care lucrează autoritățile de mediu, statutul de rezervație științifică va fi restabilit. Credem că în toate rezervațiile științifice vor fi create secții de știință. Aceste încălcări și neconcordanțe de ordin juridic au fost facilitate de Agenția pentru Silvicultură „Moldsilva”, care a promovat Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 569 din 10 iunie 2005 ca măsură de implementare a „Legii privind fondul ariilor naturale protejate de stat”, prin care rezervațiile științifice au fost transferate de la statutul de rezervație științifică la cel de rezervație naturală.

Prin această acțiune, Agenția pentru Silvicultură „Moldsilva” a obținut posibilitatea de a efectua abuzuri și supraexploatare în timpul executării lucrărilor de profitare-regenerare a arboretelor, care au fost concepute exclusiv pentru a extrage masă lemnoasă din teritoriile rezervațiilor științifice, transformându-le ulterior în întreprinderi de stat bazate pe autogestiuie. De fapt, lucrările de exploatare-regenerare au fost legalizate prin amenajamente silvice care au inclus volume anuale exagerate ale arboretelor supuse tăierilor de regenerare, iar ceea ce este și mai grav, în multe cazuri, în aceste proiecte se includ și arboretele cu structuri naturale fundamentale, ceea ce este strict interzis în cazul rezervațiilor științifice. În urma executării neconforme tehnologice a lucrărilor de regenerare, s-a produs degradarea și derivarea unui șir de arborete, inclusiv tăieri ale arboretului secular de stejar, cum ar fi în cazul Rezervației Științifice „Codrii”, precum și în multe alte păduri din cadrul rezervațiilor științifice.

Starea deplorabilă a secțiilor de știință din rezervațiile științifice se datorează în mare măsură faptului că unul dintre guvernele Republicii Moldova din trecut a adoptat o Hotărâre a Guvernului menționată mai sus privind schimbarea statutului rezervațiilor științifice. Considerăm că punerea în aplicare a acestei hotărâri a reprezentat un act îndreptat împotriva conservării biodiversității și protecției mediului, ceea ce a condus la degradarea multor arboreturi și la dispariția unor populații ale speciilor de plante și animale. În legătură cu acest fapt, propunem ca într-o nouă variantă a „Legii privind fondul ariilor naturale protejate de stat”, la care lucrează Ministerul Mediului, să fie restabilit statutul de rezervație științifică al celor 5 rezervații științifice „Codrii”, „Plaiul Fagului”, „Pădurea Domnească”, „Prutul de Jos” și „Iagorlâc”. Credem că în acest fel se vor reabilita secțiile de știință în toate rezervațiile științifice, iar în consecință se vor iniția activitățile de conservare a diversității plantelor și animalelor.

Concluzii

Pe parcursul mai multor ani, a fost cercetată flora și elaborate conspectul diversității plantelor din rezervațiile științifice „Codrii”, „Plaiul Fagului”, „Pădurea Domnească”, „Prutul de Jos” și „Iagorlâc”. Au fost evidențiate speciile de plante rare, inclusiv cele care sunt în *Cartea Roșie a Republicii Moldova* (2015). Au fost descrise comunitățile vegetale și alcătuit conspectul (cenotaxonomic) asociațiilor vegetale al rezervațiilor „Plaiul Fagului”, „Pădurea Domnească”, „Prutul de Jos” și „Iagorlâc”. S-a stabilit că starea actuală a florei și vegetației din rezervațiile științifice poate fi apreciată ca nesatisfăcătoare.

Tendința generală e orientată spre dispariția unor specii de plante rare. A dispărut foarfeca bălții (*Stratiotes aloides*), nufărul galben (*Nufar lutea*) din rezervația științifică „Prutul de Jos”. S-a redus numărul de fitoindivizi în populații ca rezultat al secetelor din ultimii ani, au rămas doar 4 exemplare

de mesteacăn spontan (*Betula pendula*) în Rezervația „Plaiul Fagului”. S-a redus numărul de fitoindivizi și s-a diminuat arealul populațiilor de papucul doamnei (*Cypripedium calceolus*), bumbăcăriță (*Eriophorum latifolium*), limba șarpelui (*Ophioglossum vulgatum*) din Rezervațiile „Codrii” și „Pădurea Domnească”. Nu se întreprind măsuri eficiente de monitoring în ce privește speciile de plante rare atribuite categoriei critic periclitate, astfel nu se întreprind măsuri de implementare a Convenției de la Nagoya (2010) privitor la stoparea dispariției speciilor de plante din teritoriul rezervațiilor științifice.

Continuă deteriorarea și degradarea covorului vegetal. Prin lucrările de desecare a locurilor băltoase au fost distruse suprafețele cu comunități de plante atribuite asociațiilor: *Nymphaetum albae* Volmar 1947 și as. *Trapetum natantis* Karpati 1963 din Rezervația Științifică „Prutul de Jos”. Activitățile de extragere a petrolului în zona cu protecție integrală au un impact considerabil în conservarea unor specii de plante și animale incluse în *Cartea Roșie*. Degradează în continuare comunitățile de plante din fondul forestier. Tendința generală pentru fondul forestier este reducerea suprafețelor cu arborete natural fundamentale și creșterea procentului de arborete parțial și total derivate din cauza gestionării nechibzuite, a folosirii unor tehnologii de reconstrucție ecologică neadekvate.

Pentru a ameliora problema speciilor de plante rare este necesară organizarea unui sistem de monitoring asupra speciilor de plante rare atribuit categoriei critic periclitate. În scopul respectării prevederilor legislației de mediu naționale și internaționale, urmează să fie înăsprite măsurile de prevenire, sistare și interzicere a colectării și comercializării plantelor rare, medicinale și decorative din flora spontană a rezervațiilor științifice.

Aceste grave încălcări ale legislației se datorează faptului că rezervațiile științifice și-au pierdut, de fapt, statutul. Prin Hotărârea Guvernului Republicii Moldova la Hotărârea Guvernului nr. 569 din 10 iunie 2005, ele au fost catalogate ca rezervații naturale. Cercetătorii științifici propun ca în noua variantă a „Legii privind fondul ariilor naturale protejate de stat”, la care lucrează autoritățile de mediu, statutul de rezervație științifică să fie restabilit. Cerem ca în toate rezervațiile științifice să fie create secțiunile de știință. Aceste încălcări și neconcordanțe de ordin juridic au fost facilitate de Ministerul Mediului și Agenția pentru Silvicultură „Moldsilva”, care a promovat Hotărârea Guvernului Republicii Moldova nr. 569 din 10 iunie 2005 ca măsură de implementare a „Legii privind fondul ariilor naturale protejate de stat”, prin care rezervațiile științifice au trecut de la statutul lor la cel de rezervație naturală.

Bibliografie:

1. BRAUN-BLANQUET, J. *Pflanzensozologie Grundzuge der Vegetationskunde*. 3. Aufl. Wien-New York, 1964. 865 p.
2. MANIC Ș., NEGRU, A., JARDAN, N. et al. *Conspectul diversității biologice. Rezervația „Codrii”*. Chișinău: Știința, 2011. 327 p.
3. POSTOLACHE, Gh. *Vegetația Republicii Moldova*. Chișinău: Știința, 1995. 340 p.
4. POSTOLACHE, Gh. *Rezervația „Pădurea Domnească”*. Chișinău, 2017, pp. 11-138.
5. CHIRTOACA, T., POSTOLACHE Gh. Flora și vegetația. In: *Natura Rezervației „Plaiul Fagului”*. Rădenii Vechi, 2005, pp. 41-223.
6. POSTOLACHE, Gh., POSTOLACHE, D. Flora. Vegetația. In: *Rezervația „Prutul de Jos”*. Chișinău, 2012, pp. 8-83.

7. POSTOLACHE, Gh., BUCATEL, V., LAZU, Șt., TELEUTA, A., MIRON, A. *Ariile naturale protejate din Moldova. Pajiști și monumente de arhitectură peisajeră*. Chișinău, 2017. 178 p.
8. POSTOLACHE, Gh., LAZU, Șt. *Ariile naturale protejate din Moldova. Rezervații silvice*. Chișinău, 2018. 212 p.
9. ШАБАНОВ, Галина, ИЗВЕРСКИИ, Ирина. *Флора сосудистых растений Государственного Заповедника «Ягорлык»*. 2006, с. 50-114.
10. POSTOLACHE, Gh. Probleme actuale ale rezervațiilor științifice din Republica Moldova. In: *Simpozionul „Conservarea diversității biologice – o șansă pentru remedierea ecosistemelor”*, Chișinău, Moldova, 24-25 septembrie 2021, pp. 294-305.
11. *Legea privind fondul ariilor naturale protejate de stat*. Adoptată de către Parlamentul Republicii Moldova. Hotărârea nr. 1538-XIII din 25.02.1998.
12. *Cartea Roșie a Republicii Moldova*. Chișinău, 2015.

CZU: 504:37.04

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p281-286

PROTECȚIA MEDIULUI – COMPONENTĂ PRINCIPALĂ ÎN EDUCAREA ELEVILOR ÎN SPIRITUL SECOLULUI XXI

ENVIRONMENTAL PROTECTION – MAIN COMPONENT IN THE EDUCATION OF STUDENTS IN THE SPIRIT OF THE 21ST CENTURY

Savin Irina-Isabella, dr. ing., prof.
Colegiul Tehnic „Ioan C. Ștefănescu” Iași, România

Savin Irina-Isabella, Dr. Eng., teacher,
Technical College "Ioan C. Ștefănescu" Iasi, Romania,
E-mail: savinisabella@yahoo.com

Rezumat. Lumea de azi suferă de problema degradării mediului. Unele probleme sunt la nivel global, în timp ce altele – la nivel regional. Cele de nivel global sunt: încălzirea globală, epuizarea stratului de ozon în stratosferă, ploaia acidă, defrișările, pierderea biodiversității etc. Educația pentru mediu are importante valențe formative în dezvoltarea intelectuală, morală și fizică a elevilor, fiind o practică interactivă de învățare, care dezvoltă imaginația și deblochează creativitatea. Atunci când este integrată în curriculum, elevii sunt mai implicați în învățare, fiind încurajați să studieze, să investigheze cum și de ce se întâmplă lucrurile și să ia propriile decizii cu privire la problemele complexe de mediu. Prin dezvoltarea și îmbunătățirea competențelor de gândire critică și creativă, educația ecologică contribuie la creșterea unei noi generații, care poate fi factorul de decizie în ceea ce privește problemele de mediu cu care societatea actuală se confruntă.

Cuvinte-cheie: educație, pădure, mediu.

Abstract. Today's world suffers from the problem of environmental degradation. Some issues are global, while some are regional. Globally, the problems are: global warming, stratospheric ozone depletion, acid rain, deforestation, loss of biodiversity, etc. Environmental education has important formative values in the intellectual, moral and physical development of students, being an interactive learning practice that develops imagination and unlocks creativity. When integrated into the curriculum, students are more engaged in learning by being encouraged to study, investigate how and why things happen, and make their own decisions about complex environmental issues. By developing and improving critical and creative thinking skills, environmental education contributes to the growth of a new generation that can be the decision-maker regarding the environmental issues facing today's society.

Keywords: education, forest, environment.

Introducere

Scopul principal al educației ecologice este facilitarea dobândirii unor cunoștințe care să permită înțelegerea problemelor de mediu în profunzimea și complexitatea lor, conducând în final la luarea deciziilor pe baza unei conștiințe ecologice, precum și la promovarea oportunităților de a avea experiențe directe cu mediul natural.

În timp ce educația formală este asigurată în special de instituții educaționale – ex., Grădina Botanică „Anastasia Fătu”, Iași (Figura 1), responsabilitatea educației ecologice a fost asumată cu precădere de societatea civilă încă de la apariția sa.

Avantajul acestui fapt este că facilitează schimbarea de atitudine și apariția motivației de a lucra în favoarea soluționării problemelor de mediu.



Fig. 1. Grădina Botanică „Anastasie Fătu”, Iași

Latura negativă este generată de frecvența programelor lipsite de acuratețe științifică, care duc la dezinformarea cetățenilor și apariția unor concepții greșite, de multe ori, cu efecte nedorite asupra mediului.

Evoluția conceptelor

Într-o reprezentare schematică, evoluția conceptelor și a tendințelor în educația pentru mediul înconjurător este figurată în continuare [1], [2].

1960 Studiul naturii



Centrarea pe aspecte referitoare la plante, animale și sistemele fizice care le sprijină

Activitatea pe teren (*Fieldwork*)

Condusă de „experți” cu o pregătire academică unică – biologi, geografi etc.

1970 Educația în spațiul extra muros



Utilizarea mediului natural pentru experiențe directe (*adventure education*)

Centre de studii de teren

Centre pentru dezvoltarea competențelor și atitudinilor prin activitate practică și investigație

Educația în spiritul conservării

Abordarea unor teme relaționate cu acest subiect

Studiile urbane

Studiul mediului „construit”, activități în spațiul vieții cotidiene

1980 Educația globală



Abordarea unei viziuni mai largi asupra temelor referitoare la mediu

Educația pentru dezvoltare

Dimensiunea politică a educației pentru mediu

Educația în spiritul valorilor

Clarificarea valorilor prin experiență personală

Cercetarea-acțiune

Rezolvarea problemelor în cadrul comunității, condusă de copil și implicând activitate de teren

1990 Problematika sărăcirii



Comunicare, rezolvare de probleme și acțiuni, vizarea soluționării unor probleme sociale și de mediu

Educația pentru un viitor durabil

Acțiune participativă, demersuri relevante de schimbare a comportamentului și rezolvare a unor probleme ecologice

2000

Comunitate de parteneri

Elevi, studenți, profesori, ONG-uri, politicieni – lucrând/acționând împreună pentru identificarea și rezolvarea unor probleme socio-ecologice.

Fiecare dintre posibilele accepțiuni ale educației pentru mediu pot fi corelate cu perspectiva acordată educației. Din acest punct de vedere următoarele aspecte se evidențiază:

- educația privită ca **scop** – caz în care educația pentru mediu vizează formarea unor cetățeni responsabili;
- educația văzută ca un **proces** – educația pentru mediu reprezintă un proces permanent și interdisciplinar;
- educația ca **ansamblu de formare** – educația pentru mediu este o dimensiune educațională care trebuie să se integreze în ansamblul disciplinelor școlare.
- Din perspectiva relației educație – mediu, prezentăm în continuare trei categorii ale educației pentru mediu:
 - a. **Educația despre** mediul înconjurător, axată în principal asupra conținutului, vizând achiziția de cunoștințe despre mediul înconjurător și de abilități necesare achiziției acestor cunoștințe. În acest caz, mediul este **obiectul** studiului.
 - b. **Educația în** mediul înconjurător, reprezentând formarea în contact cu mediul. Mediul este în același timp **cadru** al formării și **resursă** didactică, stimulând investigarea și oferind elemente necesare găsirii soluțiilor.
 - c. **Educația în sprijinul** mediului, vizând rezolvarea problemelor și prevenirea acestora, dar și gestionarea resurselor. Mediul devine în acest caz **scop**.

O atenție specială este necesar a fi acordată unui concept folosit terminologic frecvent, nu întotdeauna cu precizia necesară, cel de **educație ecologică**, în sensul „educației pentru păstrarea și conservarea naturii, a echilibrelor biologice și a relațiilor dintre om și natură”.

Oamenii diferiți vor vedea frumusețea pădurii în mod diferit, când o vor privi.

Unii vor vedea **pădurea ca un întreg**. Alții vor zări doar **copacii**. Din cauza copacilor însă, nu văd și apa, și animalele, și altele.

Mai sunt oameni care vor vedea **oportunitatea**. Ei vor zări *potențialul*, ce se poate face cu aceasta pădure, ca afaceri – din copaci, animale, fructe, vegetație, dar și ca turism, drumeții, plimbări etc. În opoziție cu aceștia, se afla cei care văd greutățile, care pot apărea atunci când se dorește să se realizeze ceva pentru pădure, să fie apărată de oameni, ca să fie păstrată și pentru alte generații așa cum este ea.

Și totuși, oamenii o văd diferit. Unii vor încuraja acest lucru pentru a fi pus în practică.

Alții vor spune să fie abandonată ideea, unii vor ajuta la dezvoltarea acesteia cu argumente bune pentru a avea succes.

În cele ce urmează vom prezenta unele informații care, poate, vă vor provoca unele reacții.

Câteva curiozități interesante despre pădure [4]

• *Viața pădurii*

Cea mai înaltă zonă a unei păduri este formată din vârfurile arborilor și se numește coronament. Sub ea se află arbori mai mici și apoi tufe. Cel mai jos se află iarba, florile și buruienile, pe urmă sunt mușchii și ciupercile, pe solul pădurii. Pe lângă animalele mari, sunt mii de alte viețuitoare care trăiesc sub frunze și în solul pădurii.

• **De ce avem nevoie de păduri**

Pădurile ne oferă foarte multe lucruri. Ele oferă hrană și adăpost pentru animale și îmbogățesc atmosfera, transformând CO₂ în O₂.

Lemnul pădurilor este folosit pentru foc, la încălzire sau gătit. Se face comerț cu produsele pădurilor: lemn moale (de conifere), folosit pentru construcții și hârtie, și lemn tare (de foioase), folosit la mobilă. Alte produse sunt: fructe, uleiuri, rășini și substanțe farmaceutice naturale.

Este adevărat că:

- Înainte ca pădurile să fie tăiate pentru a se construi ferme și orașe, ele au acoperit aproape 60% din suprafața uscatului.
- 25% din păduri sunt boreale (de conifere), 21% temperate și 54% tropicale.
- Unele păduri tropicale au mai mult de 150 de arbori diferiți pe 100 m².
- În Statele Unite, au mai rămas doar 5% din pădurile originale.
- Unii arbuști, cum ar fi afinul, coacăzul, măceșul, ating vârsta de 30 de ani. Bradul și pinul trăiesc până la 400 de ani, iar stejarul poate ajunge la vârsta de 1000 de ani.
- Noaptea, frunzele de salcâm sunt orientate în jos, ziua ele stau în poziție orizontală pe crenguță, pentru a capta lumina pe toată suprafața.
- Trunchiul pinului este întotdeauna înclinat spre sud. După acest semn poți determina punctele cardinale.
- Feriga anunță ploaia. Înainte de a ploua ea își desface larg frunzele, iar dacă urmează o perioadă secetoasă frunzele ei se strâng și se răsucesc.
- Ați fost vreodată noaptea în pădure? Dacă vedeți niște luminițe, să nu vă speriați. Ciudatele luminițe sunt radiațiile luminoase emise de niște ciuperci destul de des întâlnite, care seamănă cu ghebele, cu care, de altfel, sunt și rude.
- ***Sunt necesari minimum 17 copaci pentru a face o tonă de hârtie (în funcție de tipul și calitatea hârtiei, se poate ajunge și până la un număr de 34).***
- Fotosinteza implică aproximativ șaptezeci de reacții chimice distincte.

Ocrotind pădurea, asigurăm viitorul nostru și al copiilor noștri. De aceea, trebuie să educăm copiii, precum și adulții pentru a proteja natura, implicit pădurile.

Rezultate și discuții

Obiectivele urmărite astăzi de educația ecologică urmează un proces de eliberare de sub excesiva centrare asupra cunoștințelor factice și încearcă să se apropie de realitatea ambientală actuală [3].

În atingerea acestui scop, este necesară însușirea conceptului de conservare a mediului, care pleacă de la ideea că în natură nimic nu se pierde, ci totul se conservă, că legile care guvernează fenomenele din natură trebuie descoperite prin ample și minuțioase cercetări interdisciplinare.

Ca urmare, elevii trebuie antrenați permanent în activități practice de protecție a mediului, dar și de turism ecologic pentru dezvoltarea gustului pentru frumosul și pitorescul din natură, realizare a expozițiilor de desene și produse din materiale reciclabile, fotografii, campanii și programe de îngrijire a spațiilor verzi, colecții tematice, albume filatelice, panouri ecologice, lucrări de literatură ce modelează omul contemporan și îl sensibilizează față de problemele pe care le creează chiar el din lipsa de informație și educație.

Tinerii de azi, viitorii adulți de mâine, trebuie:

- să știe că actualul echilibru dintre componentele naturii terestre, la care s-a ajuns după un timp foarte îndelungat, nu prezintă o mare rezistență, putând fi deteriorat local sau chiar regional;
- să înțeleagă că factorul om a devenit un agent modificador al naturii foarte activ;
- să conștientizeze că refacerea naturii degradate și prevenirea deteriorării sunt o necesitate vitală pentru omenire.

Privit în mișcarea sa, raportul dintre oamenii care utilizează factorii naturali în interesul lor spre a-și satisface necesitățile și natură presupune:

- a. *o latură cantitativă* – care privește scara desfășurării nevoilor omului și a extragerii din natură a ceea ce îi trebuie, lucru care își află expresia în contradicția dintre nevoile de resurse, pe de o parte, și dimensiunile resurselor oferite de natură, pe de altă parte.
- b. *o latură calitativă* – care își găsește expresia în contradicția dintre acțiunea de producție, repartiție, circulație și consum a oamenilor, ce conduce, totodată, la deșeuri, efluenți, reziduuri etc., pe care ei le aruncă în mediu, pe de o parte, și posibilitățile de asimilare pe care le are mediul natural, pe de alta.

Deși sunt indisolubil legate și chiar se întrepătrund, cele două laturi pun, în esență, probleme distincte:

- prima o ridică pe aceea a suficienței și durabilității resurselor – preocupare majoră pentru toate țările,
- a doua, pe cea a afectării echilibrului prin poluare, aceasta nefiind, în fond, altceva decât resurse ajunse la loc nepotrivit.

Procesul educațional are drept sarcină să sublinieze faptul că, în contextul actual, nu este vorba de conservarea naturii în dauna omului, ci să se asigure în primul rând bunăstarea omenirii. În această privință, cunoștințele ecologice constituie un element din ce în ce mai important în explicarea politicii de protecție a mediului înconjurător.

Cele mai multe probleme de mediu sunt complexe. Cu alte cuvinte, „mediu” ca subiect al educației pentru mediu include nu doar natura, ci și societatea, cultura, economia și politica.

Educația și activitatea de conștientizare a publicului pentru luarea deciziilor sunt componente-cheie ale oricărei strategii de conservare a naturii.

Astfel, se poate obține o susținere și o promovare a dezvoltării prin îmbunătățirea gradului de cunoaștere și înțelegere a problemelor de mediu.

De modernizarea învățământului românesc depinde posibilitatea de a alege, în viitor, între un mediu curat și sănătos, o generație de tineri informați și educați, care conștientizează rolul lor în dinamica societății sau un mediu degradat sub acțiunea antropică și o generație de tineri care ignoră și este indiferentă la aceste probleme.

Elevii, prin acțiunile derulate, vor fi mai atașați de mediu și vor ști la rândul lor să-i convingă și pe cei din jur de acestea.

Pentru reușită trebuie ca elevii să fie sprijiniți, să observe dirijat sau independent, să analizeze și să interpreteze „reacțiile” mediului la acțiunea devastatoare a poluării, să-și formeze deprinderi și convingeri privind comportamentele omului în natură, atitudini specifice omului civilizat în relațiile cu mediul înconjurător.

Educația pentru mediu trebuie să fie un proces activ, continuu, desfășurat la scară globală și în toate mediile, clasele și categoriile sociale.

Concluzii

Elevul trebuie pus permanent în situația de a face, a judeca, a coopera, a da răspunsuri, a avea păreri, a analiza răspunsurile auzite, a ajunge la identificarea răspunsurilor corecte, din care apoi descoperă cunoștințele noi.

Educația pentru mediu este o formă a educației care, printr-un sistem de acțiuni specifice, asigură formarea unei conștiințe ecologice, iar aceasta, la rândul ei, stă la baza conduitei ecologice. Trebuie să fie o educație despre mediu, prin mediu și în mediu.

Ce ne rămâne de făcut?

- Ancorarea școlii românești în secolul XXI presupune, în mod obligatoriu, utilizarea unor altfel de educații.
- Un adevărat profesionist în predare (indiferent de disciplină) va trebui să știe să adapteze demersul didactic la cerințele secolului XXI.
- Interesul elevilor crește ori de câte ori sunt implicați în activități de protejare a mediului (Figura 2).



Fig. 2. Viziunea creativă despre mediu

Bibliografie:

1. MAZILU, D. *Dreptul comunitar al mediului*. București: Lumina Lex, 2006.
2. ȚÂRCĂ, ȘT. *Dreptul mediului*. București: Lumina Lex, 2004.
3. ANDRĂȘANU, A., LITOIU, N., PALCU, D.V., PIPERCA, S. *Școala și Comunitatea locală*. București: Universitatea din București, Editura Ars Docendi, 2003.
4. ANDRĂȘANU, A., PALCU, D.V., BĂLCĂNUȚĂ, O., SUCIU, R., MUNTEANU, C., RUȘTI D. *Carte pentru Natură. Ghid de prezentare a politicilor de conservare a naturii*. București: Universitatea din București, Editura Ars Docendi, 2003.

CZU: 502.75

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p287-293

COROLOGIA UNOR PLANTE VASCULARE RARE DIN REZERVAȚIA PEISAGISTICĂ „DOBRUȘA”

THE CHOROLOGY OF SOME RARE VASCULAR PLANTS FROM THE "DOBRUȘA" LANDSCAPE RESERVE

Sfeclă Victor, drd., USM, Chișinău

Sfeclă Victor, PhD Student, Moldova State University from Chisinau,

ORCID: 0000-0003-0968-7016

E-mail: v.sfecla@gmail.com

Rezumat. Cercetarea a fost efectuată cu scopul identificării și documentării speciilor de plante vasculare rare și amenințate din Rezervația peisagistică „Dobrușa”. În urma cercetărilor, au fost înregistrate 40 de specii de plante rare. Dintre acestea, 30 sunt protejate de stat prin lege, 14 specii sunt incluse în „Cartea Roșie a Republicii Moldova”, 13 specii sunt în Lista Roșie a Plantelor Vasculare din Europa, 10 specii sunt protejate prin Convenția privind Comerțul Internațional cu Specii Periclitate de Faună și Floră Sălbatică (CITES), iar 5 specii sunt cu frecvență rară pe teritoriul Republicii Moldova și urmează a fi incluse în „Cartea Roșie a Republicii Moldova”.

Cuvinte-cheie: specii de plante rare, date corologice, Rezervația peisagistică „Dobrușa”.

Abstract. The research was carried out with the aim of identifying and documenting rare and threatened vascular plant species from the "Dobrușa" landscape reserve. As a result of the research, 40 species of rare plants were registered. Of these, 30 are protected by the state by law, 14 species are included in the Red Book of the Republic of Moldova, 13 species are in the Red List of Vascular Plants in Europe, 10 species are protected by the Convention on International Trade in Endangered Species of Fauna and Flora Wild (CITES), and 5 species are rare on the territory of the Republic of Moldova and are to be included in the Red Book of the Republic of Moldova.

Keywords: rare species of plants, chorological data, "Dobrușa" landscape reserve.

Introducere

Fondul ariilor naturale protejate de stat include obiecte și complexe naturale cu valoare primordială incontestabilă. Necesitatea formării unei rețele de arii protejate se bazează pe două principii fundamentale interdependente, precum conservarea și studiul biodiversității, care asigură stabilitatea ecologică și procesele evolutive din ecosistemele naturale. Rezervația peisagistică „Dobrușa” a fost luată sub protecția statului prin „Legea privind fondul ariilor naturale protejate de stat” (publicată în Monitorul Oficial al RM, nr. 66-68, art. 442, din 16.07.1998) [8]. Aceasta reprezintă o suprafață de pădure și are ca scop conservarea peisajelor geografice de importanță națională. Potrivit raionării geobotanice, face parte din provincia europeană a pădurilor de foioase de amestec a zonei forestiere, subprovincia Basarabia, raionul pădurilor de codru cu foioase [7].

Prin diversitatea impresionantă a habitatelor și a formelor de viață pe care le găzduiește într-un spațiu relativ restrâns (2634,0 ha) [7, 8], această arie protejată constituie un adevărat muzeu al biodiversității prin varietatea peisajelor naturale și importante situri pentru conservarea diversității biologice. Valoarea acesteia este amplificată prin vasta gamă de plante rare incluse în *Cartea Roșie a Republicii Moldova*, specii protejate de stat și *Convenții de mediu*.

Tendința diminuării rapide a numărului de specii spontane, în plan global și local, se menține în trend ascendent. Studiul populațiilor de plante rare prin prisma corologiei, viabilității, stabilității numerice, structurii ontogenetice, precum și condițiilor ecocenotice în care se dezvoltă sunt de o importanță primordială pentru înțelegerea proceselor care au loc în cadrul acestora.

Materiale și metode

Studiul este bazat pe cercetările floristice, efectuate în decursul anilor 2011-2023, în cadrul Rezervației peisagistice „Dobrușa”. Cercetările au fost realizate în conformitate cu metodologia școlii fitocenologice europene [5]. În situațiile în care efectivul numeric al populațiilor ne-a permis, unele exemplare au fost erborizate. Determinarea speciilor a fost realizată prin aplicarea metodei clasice comparativ-morfologice, utilizând literatura floristică regională [3, 9, 12]. Nomenclatura binară a speciilor este în conformitate cu lucrarea *Flora vasculară din Republica Moldova (lista speciilor și ecologia)* [10, 11].

În acest studiu au fost analizate datele corologice ale speciilor de plante vasculare rare. Statutul speciilor rare a fost analizat în conformitate cu „Legea privind fondul ariilor naturale protejate de stat” (LFAPS) [8], *Cartea Roșie a Republicii Moldova* (CRRM), ediția a 3-a, 2015 [2]; Lista Roșie a Plantelor Vasculare din Europa (LRPVE), 2011 [1]; Convenția privind Comerțul Internațional cu Specii Periclitare de Faună și Floră Sălbatică (CITES) [4], dar și unele studii recente ale cercetărilor floristice [10, 11, 13, 14, 15]. Coordonatele punctelor de creștere au fost stabilite utilizând dispozitivul GPS (model GPSMAP® 64s marca GARMIN). Harta privind răspândirea speciilor pe teritoriul Rezervației peisagistice „Dobrușa” a fost elaborată utilizând aplicația cu sursă deschisă QGIS (SIG – Sistem de Informații Geografice).

Rezultate și discuții

Pe teritoriul Rezervației peisagistice „Dobrușa”, până la moment, au fost înregistrate 40 de specii de plante rare. Dintre acestea, 30 sunt protejate de stat prin lege, 14 specii sunt incluse în *Cartea Roșie a Republicii Moldova*, 13 specii sunt în Lista Roșie a Plantelor Vasculare din Europa, 10 specii sunt protejate prin Convenția privind Comerțul Internațional cu Specii Periclitare de Faună și Floră Sălbatică (CITES), iar 5 specii cu frecvență rară pe teritoriul Republicii Moldova, conform cercetărilor, urmează a fi incluse în *Cartea Roșie a Republicii Moldova*.

Cele 40 de specii sunt reprezentanți ai 21 de familii și 33 de genuri. Studiile arată că cea mai reprezentativă este familia *Orchidaceae* cu 7 reprezentanți, urmată de familiile *Fabaceae* (3), *Liliaceae* (3), *Ranunculaceae* (3), iar familiile: *Asparagaceae*, *Brassicaceae*, *Ericaceae*, *Juncaceae*, *Melanthiaceae*, *Rosaceae*, *Scrophulariaceae* sunt reprezentate de câte 2 specii, celelalte 10 familii sunt reprezentate de câte 1 reprezentant. Lista speciilor identificate este prezentată în Tabelul 1.

Tabelul 1. Lista speciilor de plante vasculare rare identificate în Rezervația peisagistică „Dobrușa”

Nr. d/o	Denumirea științifică	Familia	Categoria de raritate conform legii	CRRM 2015	Lista Roșie Europeană 2011	Anexe le CITE S	Pânzaru 2023
1.	<i>Actaea spicata</i> L.	Ranunculaceae	VIII				
2.	<i>Adonis vernalis</i> L.	Ranunculaceae	III		LC	II	
3.	<i>Anthyllis macrocephala</i> Web.	Fabaceae	IV				
4.	<i>Asparagus officinalis</i> L.	Asparagaceae	II		LC		
5.	<i>Asparagus tenuifolius</i> Lam.	Asparagaceae	II		LC		

11th edition *International Scientific-Practical Conference*
"Training by research for a prosperous society"

Nr. d/o	Denumirea științifică	Familia	Categoria de raritate conform legii	CRRM 2015	Lista Roșie Europeană 2011	Anexe le CITE S	Pânzaru 2023
6.	Athyrium filix-femina (L.) Roth	Athyriaceae	III	VU			
7.	Caltha palustris L.	Ranunculaceae	II	EN	LC		
8.	Cardamine quinquefolia (M.Bieb.) Schmalh.	Brassicaceae	IV	EN			
9.	Carex montana L.	Cyperaceae					ra
10.	Cephalanthera damasonium (Mill.) Druce	Orchidaceae	II	VU	LC	II	
11.	Cephalanthera longifolia (L.) Fritsch	Orchidaceae		VU	LC	II	
12.	Crocus reticulatus Steven ex Adams	Iridaceae	II				
13.	Dryopteris filix-mas (L.) Schott	Dryopteridoidea e	IV	VU			
14.	Epipactis helleborine (L.) Crantz	Orchidaceae	VIII		LC	II	
15.	Epipactis leptochila (Godfery) Godfery	Orchidaceae			LC	II	rr
16.	Epipactis purpurata Smith	Orchidaceae	IV	CR	LC	II	
17.	Euonymus nanus M.Bieb.	Celastraceae		VU			
18.	Fritillaria montana Hoppe	Liliaceae	IV	VU	DD	I	
19.	Galanthus nivalis L.	Amaryllidaceae	III	VU	NT	II	
20.	Genista elata (Moench) Wender.	Fabaceae	VIII				
21.	Lathyrus venetus (Mill.) Wohlf.	Fabaceae	IV				
22.	Lilium martagon L.	Liliaceae	VIII				
23.	Lunaria annua L.	Brassicaceae	III				
24.	Luzula campestris (L.) DC.	Juncaceae	IV				
25.	Luzula multiflora (Ehrh) Lej.	Juncaceae		VU			
26.	Monotropa hypophegea Wallr.	Ericaceae		CR			
27.	Monotropa hypopitys L.	Ericaceae		CR			
28.	Neottia nidus-avis (L.) Rich.	Orchidaceae	VIII		LC	II	
29.	Paris quadrifolia L.	Melanthiaceae	II				
30.	Platanthera bifolia (L.) Rich.	Orchidaceae	II		LC	II	
31.	Potentilla alba L.	Rosaceae					ra
32.	Scleranthus uncinatus Schur.	Caryophyllaceae					dd
33.	Scopolia carniolica Jacq.	Solanaceae	IV	VU			
34.	Scrophularia umbrosa Dumort.	Scrophulariaceae	IV				
35.	Scrophularia vernalis L.	Scrophulariaceae	IV				
36.	Selinum carvifolia (L.) L.	Apiaceae					dd
37.	Sorbus torminalis (L.) Crantz	Rosaceae	VIII				
38.	Tulipa biebersteiniana var. biebersteiniana Schult. et Schult.f.	Liliaceae	IV				
39.	Veratrum nigrum L.	Melanthiaceae	II				
40.	Vinca minor L.	Apocynaceae	II				

Analizând datele din tabelul de mai sus, constatăm că cei 30 de taxoni rari protejați de legislația Republicii Moldova [8], se încadrează în următoarele categorii de raritate conform prevederilor legii:

- ❖ **9 specii se încadrează în categoria a II-a – Specii periclitare** – *Vinca minor* L.; *Asparagus officinalis* L.; *Asparagus tenuifolius* Lam.; *Crocus reticulatus* Steven ex Adams; *Paris quadrifolia* L.; *Veratrum nigrum* L.; *Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce; *Platanthera bifolia* (L.) Rich.; *Caltha palustris* L.;
- ❖ **4 specii se încadrează în categoria a III-a – Specii vulnerabile** – *Galanthus nivalis* L.; *Athyrium filix-femina* (L.) Roth; *Lunaria annua* L.; *Adonis vernalis* L.;
- ❖ **11 specii se încadrează în categoria a IV-a – Specii rare** – *Cardamine quinquefolia* (M. Bieb.) Schmalh.; *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott; *Anthyllis macrocephala* Web.; *Lathyrus venetus* (Mill.) Wohlf.; *Luzula campestris* (L.) DC.; *Fritillaria montana* Hoppe; *Tulipa biebersteiniana* var. *biebersreiniiana* Schult. et Schult.f.; *Epipactis purpurata* Smith; *Scrophularia umbrosa* Dumort.; *Scrophularia vernalis* L.; *Scopolia carniolica* Jacq.;
- ❖ **6 specii se încadrează în categoria a VIII-a – Specii nepericlitare** – *Genista elata* (Moench) Wender.; *Lilium martagon* L.; *Epipactis helleborine* (L.) Crantz; *Neottia nidus-avis* (L.) Rich.; *Actaea spicata* L.; *Sorbus torminalis* (L.) Crantz.

Paisprezece cele mai rare și mai valoroase specii sunt incluse în *Cartea Roșie a Republicii Moldova*, ediția a 3-a [2]: 3 dintre acestea sunt specii **critic periclitare (CR)** – *Monotropa hypophegea* Wallr.; *Monotropa hypopitys* L.; *Epipactis purpurata* Smith. (figura 4); 2 sunt specii **periclitare (EN)** – *Cardamine quinquefolia* (M.Bieb.) Schmalh.; *Caltha palustris* L.; 9 sunt specii **vulnerabile (VU)** – *Galanthus nivalis* L. (Figura 2); *Athyrium filix-femina* (L.) Roth; *Euonymus nanus* M. Bieb.; *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott; *Luzula multiflora* (Ehrh) Lej.; *Fritillaria montana* Hoppe (Figura 1); *Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce; *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch; *Scopolia carniolica* Jacq. (Figura 3).



Fig. 1. *Fritillaria montana* Hoppe



Fig. 2. *Galanthus nivalis* L.



Fig. 3. *Scopolia carniolica* Jacq.



Fig. 4. *Epipactis purpurata* Smith

Treisprezece specii sunt dintre cele protejate prin Lista Roșie a Plantelor Vasculare din Europa [1], după cum urmează: 1 specie în categoria **potențial amenințată cu dispariția (NT)** – *Galanthus nivalis* L.; 11 specii în categoria **cu probabilitate mică de dispariție (LC)** – *Adonis vernalis* L.; *Asparagus officinalis* L.; *Asparagus tenuifolius* Lam.; *Caltha palustris* L.; *Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce; *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch; *Epipactis helleborine* (L.) Crantz; *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery; *Epipactis purpurata* Smith; *Neottia nidus-avis* (L.) Rich.; *Platanthera bifolia* (L.) Rich.; 1 specie în categoria **date insuficiente (DD)** – *Fritillaria montana* Hoppe.

Specia *Fritillaria montana* Hoppe este inclusă în Anexa I a *Convenției privind Comerțul Internațional cu Specii Periclitare de Faună și Floră Sălbatică (CITES)*, 9 specii – în Anexa II (*Galanthus nivalis* L.; *Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce; *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch; *Epipactis helleborine* (L.) Crantz; *Epipactis purpurata* Smith; *Neottia nidus-avis* (L.) Rich.; *Platanthera bifolia* (L.) Rich.; *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery; *Adonis vernalis* (L.)

Un interes aparte prezintă arealele de răspândire ale speciilor de plante din *Cartea Roșie a Republicii Moldova*. Astfel, aspecte de răspândire a acestor specii identificate în aria protejată „Dobrușa” au fost cartografiate pe harta spațială a rezervației și se prezintă în Figura 5.

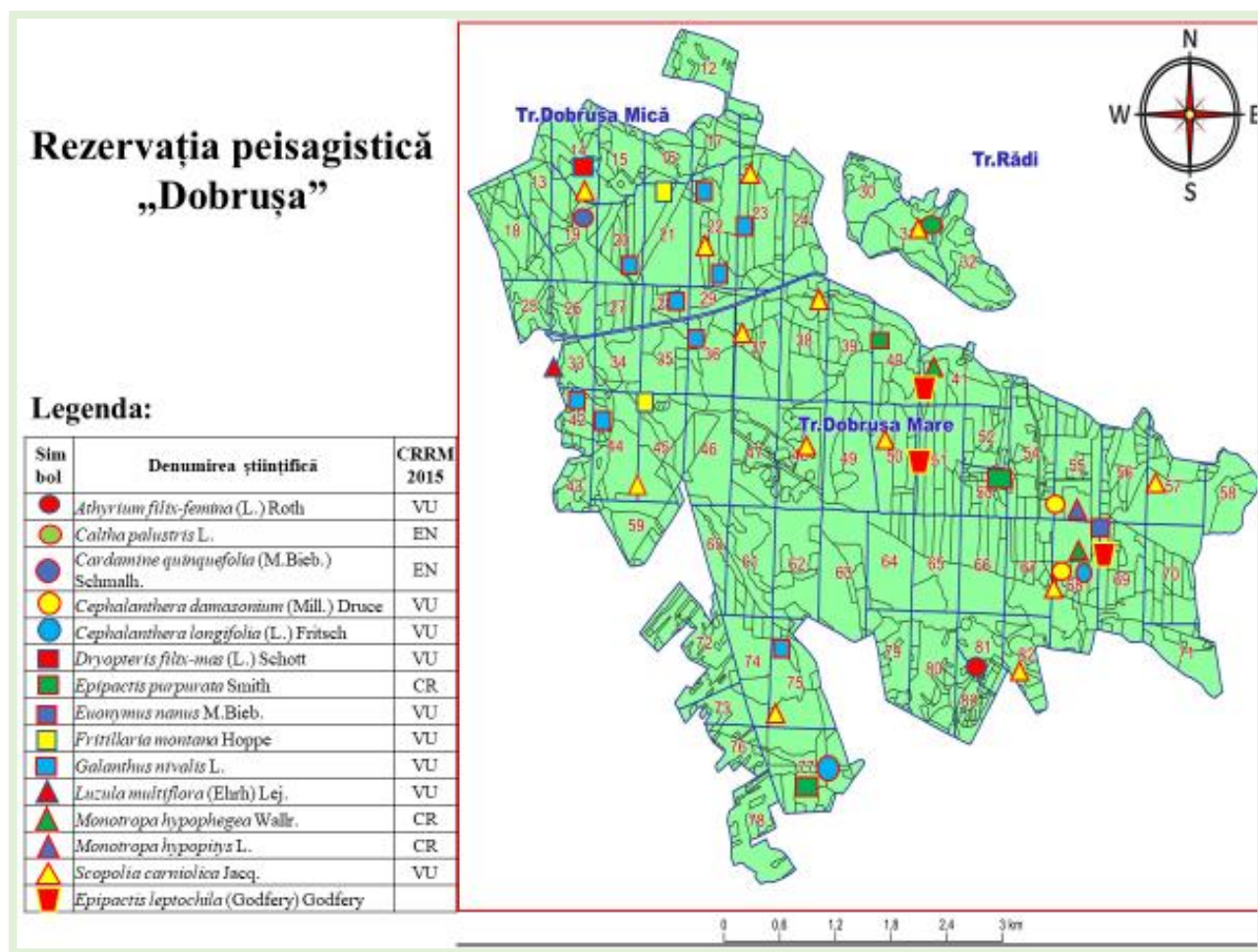


Fig. 5. Corologia speciilor incluse în *Cartea Roșie a Republicii Moldova* în Rezervația peisagistică „Dobrușa”

Concluzii

- ✓ Teritoriile din cadrul Rezervației peisagistice „Dobrușa” și cele adiacente prezintă habitate favorabile creșterii și dezvoltării speciilor rare de plante vasculare.
- ✓ Flora vasculară rară înregistrată în cadrul ariei protejate „Dobrușa” constituie 40 de specii, din 21 de familii și 33 de genuri. Dintre acestea, 14 cele mai rare și mai valoroase specii sunt incluse în *Cartea Roșie a Republicii Moldova*, ediția a 3-a, 2015.
- ✓ Datele corologice prezentate în această lucrare reprezintă o bază valoroasă pentru o mai bună înțelegere a distribuției plantelor vasculare rare, precum și pentru stabilirea rețelei de monitorizare, în perspectivă, a stării de sănătate și a evoluției populațiilor.

Bibliografie:

1. BILZ, M., KELL, S.P., MAXTED, N., LANSDOWN, R.V. *European Red List of Vascular Plants*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011. 130 p. ISBN 978-92-79-20199-8.
2. *Cartea Roșie a Republicii Moldova*. Ediția a 3-a. MM, AȘM. Chișinău: Știința, 2015. 492 p. ISBN 978-9975-67-998-5.
3. CIOCĂRLAN, V. *Flora ilustrată a României: Pteridophyta et Spermatophyta*. București: Ceres, 2009. 1141 p. ISBN 978-973-40-0817-9.
4. CITES [online] [accesat 09.02.2024]. Disponibil: <https://checklist.cites.org/#/en>.

5. CRISTEA, V., GAFTA, D., PEDROTTI, F. *Fitosociologie*. Cluj-Napoca: Presa Universitară Clujeană, 2004. 394 p. ISBN 973-610-192-4.
6. GHENDOV, Veaceslav, IZVERSCAIA, Tatiana, ȘABANOVA, Galina. Pre-identified red list of vascular plants in the flora of Republic of Moldova. In: *Buletin științific. Revista de etnografie, științele naturii și muzeologie (Serie nouă)*. 2012, nr. 16(29), pp. 12-14. ISSN 1857-0054.
7. *Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice (ICAS): Amenajamentul Ocolului Silvic Olișcani*. Vol. I. Chișinău, 2017. 295 p.
8. *Legea nr. 1538 din 25-02-1998 privind fondul ariilor naturale protejate de stat* [online] [accesat 08.02.2024]. Disponibil: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=141074&lang=ro
9. NEGRU, A. *Determinator de plante din flora Republicii Moldova*. Chișinău: Universul, 2007. 391 p. ISBN 978-9975-47-007-0.
10. PÎNZARU, P. *Flora vasculară din Republica Moldova (lista speciilor și ecologia)*. Ed. a 3-a, rev. și compl. Vol. I. Plante vasculare spontane. Chișinău: [S. n.], CEP UPSC, 2023. 226 p. ISBN 978-9975-46-806-7.
11. PÎNZARU, P. *Plante rare ale raionului Florești din Republica Moldova*. Chișinău: S.n., 2017. 118 p. ISBN 978-9975-76-194-9.
12. SÂRBU, I., ȘTEFAN, N., OPREA, A. *Plante vasculare din România: determinator ilustrat de teren*. București: Victor B Victor, 2013. 1320 p. ISBN 978-606-8149-08-0.
13. SCORTESCO, Florentin, SFECLĂ, Victor, IZVERSCAIA, Tatiana, GHENDOV, Veaceslav. Rare vascular plants in the „Dobrușa” landscape reserve. In: *Revista botanică*. 2020, nr. 2(21), pp. 150-151. ISSN 1857-2367 [online]. Disponibil: DOI: [https://doi.org/10.52240/1857-2367.2020.2\(21\).30](https://doi.org/10.52240/1857-2367.2020.2(21).30).
14. SFECLĂ, Victor, SFECLĂ, Irina, GHENDOV, Veaceslav. *Epipactis leptochila* (Godfery) Godfery (Orchidaceae) – specie nouă pentru flora Republicii Moldova. In: *Revista pădurilor*. 2023, nr. 138(2), pp. 37-48. ISSN 1583-7890; ISSN (online) 2067-1962.
15. SFECLĂ, Victor, PÎNZARU, Pavel. Floristic notes of the “Dobrușa” landscape reserve of the Republic of Moldova. In: *Integrated Management of Environmental Resources*. Ed. 6, 23-24 noiembrie 2023, Suceava: ”Ștefan cel Mare” University Suceava, 2023, p. 71.

CZU: 599.322/.324

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p294-298

**UNELE ASPECTE ALE DINAMICII DENSITĂȚII RELATIVE A ROZĂTOARELOR
MICI DIN DIVERSE TIPURI DE BIOTOPURI**

**SOME ASPECTS OF THE DYNAMICS OF THE RELATIVE DENSITY
OF SMALL RODENTS IN DIFFERENT TYPES OF BIOTOPES**

Sîtnic Veaceslav, dr., cercet. conf.,

USM, Institutul de Zoologie

Nistreanu Victoria, dr., cercet.conf.,

USM, Institutul de Zoologie

Caraman Natalia, USM, Institutul de Zoologie

Sîtnic Veaceslav, PhD, associate professor,

State University of Moldova, Institute of Zoology

ORCID ID: 0000-0003-3919-9232

E-mail: sitnicv@gmail.com

Nistreanu Victoria, PhD, associate professor,

State University of Moldova, Institute of Zoology

ORCID ID: 0000-0002-9726-9684

E-mail: vicnistreanu@gmail.com

Caraman Natalia, State University of Moldova, Institute of Zoology

ORCID ID: 0000-0002-2506-3556

E-mail: CNatusea@yahoo.com

Abstract. The research was carried out in various biotopes during the years 1975-2023. The highest values of the relative density of small rodents were recorded in the wheat field 30% and alfalfa 24.6% in the autumn period, followed by the agroecotone with the forest – 23.1% and the forest canopy with 19.9%. An increase in the value of the Simpson diversity index from April (0.38) to June (0.52) was determined for the rodent community in the winter wheat field and a decrease in the forest coenosis from April (0.54) up to 0.46 in June. In September, for the corn field, the value of the diversity index is 0.48, and for the forest ecosystem - 0.4, with a decrease compared to June.

Keywords: communities, structure, rodents, relative density.

Introducere

Pentru elucidarea particularităților ecologice ale speciilor de vertebrate terestre, în special ale rozătoarelor, o mare importanță are studiul dinamicii densității lor relative. O influență deosebită asupra acestui proces o au factorii antropici și modificările climatice [2, p. 144]. Din cele mai vechi timpuri, speciile de rozătoare la faza de vârf a densității numerice au perturbat activitatea economică a speciei *homo sapiens*, în special a lucrărilor agricole, afectând culturile pe care le cultiva, dar și rezervele de cereale depozitate. Totodată, specia umană, trecând de la modul nomad la cel sedentar de viață în localități, a fost afectată de multe maladii transmise de speciile de rozătoare. În special, a sporit mortalitatea infantilă, ce nu se manifesta când oamenii erau dispersați. Dar sunt și unele specii

de rozătoare, care trebuie să fie protejate, deoarece devin tot mai rare, iar arealul lor s-a redus considerabil [4, p. 95]. O deosebită importanță prezintă înțelegerea de către specia umană a fenomenelor de adaptare a tuturor speciilor de animale la condițiile mediului ambiant și a conservării diversității tuturor organismelor vii [3, p. 62-63]. Astfel, scopul cercetărilor noastre a fost evaluarea oscilației densității relative a rozătoarelor în cenozele naturale, dar și în agrobiocenoze.

Materiale și metode

Au fost prelucrate datele colectate pe parcursul anilor 1975-2022. Au fost folosite metode de evidență a numărului de mamifere [1, p. 28-33]. Efectivul populațiilor speciilor studiate a fost exprimat ca număr de indivizi raportat la unitatea de suprafață pentru microtine, iar densitatea relativă a fost estimată, reieșind din numărul de capcane instalate raportate la 100. Pentru caracteristica distribuției biotopice a speciilor a fost utilizat indicele frecvenței $F = 100 \cdot p/P$, unde P este numărul de probe, p – probele în care este prezentă specia și dominantă speciei $D = 100 \cdot n/N$, unde n este numărul de indivizi ai speciei în proba, N – numărul total de indivizi, ambii indici sunt exprimați procentual. Diversitatea comunităților după Simpson a fost determinată conform formulei $D = 1 - \sum (n_i/N)^2$, unde n_i – ponderea fiecărei specii, N – suma ponderii speciilor.

Rezultate și discuții

Schimbările climatice din ultimele decenii au condiționat o diminuare a densității relative a speciilor genului *Rodentia*. Vremea pe parcursul iernilor a fost variabilă, de cele mai multe ori, fără precipitații sub formă de zăpadă. Precipitații semnificative de acest tip s-au înregistrat în anul curent. O fază de vârf mai pronunțată s-a semnalat în anul 1988, când densitatea microtinelor a fost de 400-500 indivizi la hectar de culturi graminee. În perioada de primăvară, valori ridicate ale densității relative a rozătoarelor mici au fost înregistrate în câmpul de grâu și a constituit 12%, valori similare s-au înregistrat în câmpul de lucernă și perdeaua forestieră (11%), precum și în biotopul liziera pădurii (10%), cele mai mici valori au fost înregistrate în pădure și pajiște, respectiv 1% și 2% (Tabelul 1). Cele mai mari valori ale densității relative s-au înregistrat în câmpul de grâu 30% și lucernă 24,6% în perioada de toamnă, urmează ecotonul agrocenoză cu pădurea – 23,1% și perdeaua forestieră cu 19,9%. În câmpul de porumb, densitatea relativă maximală era de 28%, iar cele mai scăzute valori s-au semnalat în pădure – 13,1%. În perioada de toamnă, valori ridicate ale densității relative au fost înregistrate în toate biotopurile studiate. Cea mai mare valoare a fost semnalată în câmpul de grâu, constituind 48%, în biotopul lucernă – 39,2%, în perdeaua forestieră – 35,9% (Tabelul 1). În perioada de toamnă, densitatea relativă a rozătoarelor a oscilat de la 5,6% la ecoton la 13,3% în păduricea de pin cu arbuști de măceș. În fâșia de protecție de la marginea câmpului neprelucrat, parametrul menționat a fost de 10%. În pârlăoagă s-a înregistrat o densitate de 11% cu o dominanță egală, de 33,3%, pentru cele trei specii capturate: *M.spicilegus*, *A.sylvaticus* și *A.uralensis*. O densitate destul de mare (11,2%) a fost semnalată la marginea câmpului de porumb, unde a fost stabilită următoarea componență a comunității: *A.sylvaticus* (50%), *A.flavicollis* (40%) și *A.uralensis* (10%). În ultimii ani, terenurile cu ierburi furajere ocupă suprafețe destul de mici. Ele nu reprezintă habitate, în care să fie înregistrată o creștere substanțială a densității relative a speciilor plantivore de microtine, care s-au adaptat și se reproduc pe parcursul perioadei de toamnă în culturile de porumb sau la ecotonul ecosistemelor silvice cu terenurile agricole.

**Tabelul 1. Dinamica densității relative (%) a rozătoarelor mici
din diverse tipuri de biotopuri**

Anul	Grâu		Lucernă		Porumb		Pădure		Ecoton pădure		Pajiște		Perdea forestieră	
	Primăvara	Toamna	Primăvara	Toamna	Primăvara	Toamna	Primăvara	Toamna	Primăvara	Toamna	Primăvara	Toamna	Primăvara	Toamna
1975	8,3	29,6	3,4	12,1	3,8	2,8	0,1	12,4	2,4	21,5	1,5	4,6	0,2	15,0
1976	9,7	28,6	2,1	15,3	3,9	5,8	0,5	10,2	0,7	14,3	0,3	2,4	0,4	11,0
1977	10,1	39,2	6,8	37,2	0,3	2,6	0,3	9,8	9,0	11,5	0,1	1,9	0,1	15,2
1978	6,4	35,2	5,3	11,0	0,1	4,8	0,4	7,4	0,5	35,2	0,1	0,7	0,3	13,3
1979	2,1	26,0	2,1	13,2	0	6,6	4,3	5,1	1,7	14,8	-	1,2	0,8	13,8
1980	3,3	32,0	10,1	15,9	0,4	7,2	0,7	8,2	2,3	18,7	-	0,7	0,8	15,1
1981	7,2	32,0	5,4	18,4	-	18,3	7,5	6,1	0,5	12,9	-	0,2	0,2	10,2
1982	5,5	26,0	3,2	11,3	0,4	19,2	2,5	3,2	0,6	10,0	-	0,8	2,3	12,3
1983	9,4	35,8	8,3	12,0	0,9	14,8	3,4	6,2	0,2	-	0,3	0,5	1,6	35,8
1984	2,3	22,0	5,2	13,0	0,7	18,7	2,1	1,5	0,1	5,3	0,1	0,8	2,5	22,5
1985	1,5	14,0	1,2	15,0	0,1	12,9	7,9	5,2	0,4	15,4	-	0,4	7,5	17,5
1986	2,3	29,0	3,6	14,8	-	10,0	5,1	6,6	0,8	20,1	-	0,4	0,4	10,4
1987	4,7	30,0	4,0	17,3	0	16,9	0,1	4,7	2,8	26,9	-	0,1	5,0	15,0
1988	12,0	48,0	11	32,1	0	5,3	1	42,6	10	5,4	2	0,1	1,0	11,0
1989	14,0	34,0	13,1	27,1	0,4	-	0,1	14,2	1,1	16,7	-	0,8	5,2	15,2
1990	2,0	20,0	0,8	2,4	0,4	20,1	1,5	4,6	1,2	17,1	-	0,3	3,3	13,3
1991	4,0	16,0	2,1	3,5	1,1	-	0,3	2,3	0,5	9,4	0,5	0,3	5,7	15,7
1992	3,0	15,0	4,5	5,5	0,2	5,4	0,3	8,9	0,5	10,6	-	0,3	8,8	12,7
1993	5,0	11,0	3,6	15,3	0	16,7	9,5	-	1,2	14,9	-	-	6,8	15,6
1994	6,0	8,0	6,9	8,0	-	17,1	2,1	8,3	0,9	0,51	-	-	12,9	12,9
1995	4,0	12,0	7,5	9,4	0	9,4	3,4	20,1	0	12,2	-	-	11,2	11,2
1996	2,0	10,0	-	1,1	-	10,6	0,4	14,7	-	10,3	-	-	12,2	12,3
1998	4,0	18,0	-	2,5	0	14,9	1,2	13,2	0	5,3	-	-	-	13,4
2011	6,0	12,0	5,9	3,6	0	0,51	1,3	2,1	0,9	4,2	1,2	2,8	5,6	-
2012	2,0	10,0	1,4	-	-	12,2	0,9	-	1,2	5,0	2,4	3,5	7,1	-
2013	3,0	7,0	3,2	-	0	10,3	3,5	4,1	1,4	-	-	-	1,8	-
2014	8,0	-	-	-	0,2	5,3	5,8	12,5	0	10,1	-	-	2,8	-
2015	5,0	7,0	-	2,0	-	4,2	1,2	6,5	0,4	13,8	1,5	4,2	3,8	-
2016	4,0	6,0	4,3	3,1	-	5,0	2,7	5,6	0,3	-	2,7	3,1	4,3	14,8
2017	3,0	-	0,8	-	0	-	10,8	5,2	1,04	16,2	1,9	-	8,3	-
2018	-	3,0	0,3	-	0	10,1	4,5	2,9	1,4	14,8	0,7	-	7,2	-
2019	-	5,0	-	-	-	-	13,0	4,6	3,0	21,5	2,8	3,7	9,2	19,4
2020	2,0	6,0	-	-	0	13,4	5,8	3,8	-	11,5	3,5	-	7,6	12,1
2021	13,0	1,0	-	-	-	16,2	3,2	2,7	0	13,8	1,9	-	8,1	15,6
2022	1,0	3,0	-	-	0	14,8	7,1	7,4	0	10,0	2,4	4,5	-	11,1
2023	0,3	6	-	-	-	1,4	1,4	8,7	2,0	9,7	3	5	-	-

A fost efectuată o analiză a indicelui de diversitate Simpson a comunităților de rozătoare studiate în agrocenoză și cenoza silvică (Figura 1). S-a determinat o creștere a valorii acestui indice din luna aprilie (0,38) până în luna iunie (0,52) pentru comunitatea de rozătoare din agrobiocenoză și o descreștere în cenoza silvică din luna aprilie (0,54) până la 0,46 în luna iunie. În luna septembrie,

pentru agrocenoză valoarea indicelui de diversitate este 0,48, iar pentru ecosistemul silvic – 0,4, cu o descreștere comparativ cu luna iunie. Diversitatea conform acestui indice este cu atât mai mare cu cât valoarea lui este mai mică, el oscilând de la 0 la 1.

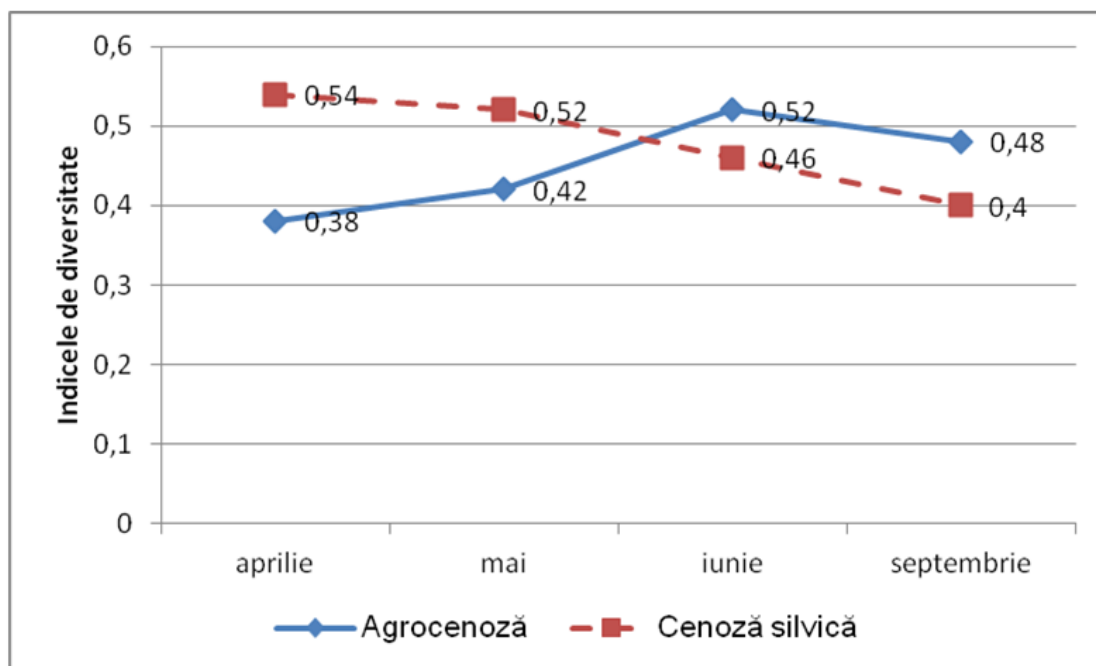


Fig. 1. Indicele sezonier de diversitate Simpson a comunităților de rozătoare în agrocenoză și cenoza silvică

Concluzii

În perioada de primăvară, valori ridicate ale densității relative a rozătoarelor mici au fost înregistrate în câmpul de grâu și a constituit 12%, valori similare s-au înregistrat în câmpul de lucernă și perdeaua forestieră (11%), precum și în biotopul liziera pădurii (10%).

Cele mai mari valori ale densității relative în perioada de toamnă s-au înregistrat în câmpul de grâu 30% și lucernă 24,6%, urmează ecotonul agrocenoză cu pădurea – 23,1% și perdeaua forestieră cu 19,9%.

S-a determinat o creștere a valorii indicelui de diversitate Simpson din luna aprilie (0,38) până în luna iunie (0,52) pentru comunitatea de rozătoare din câmpul de grâu de toamnă și o descreștere în cenoza silvică din luna aprilie (0,54) până la 0,46 în luna iunie. În luna septembrie, pentru câmpul de porumb valoarea indicelui de diversitate este 0,48, iar pentru ecosistemul silvic – 0,4, cu o descreștere comparativ cu luna iunie.

Lucrarea a fost efectuată în cadrul subprogramului „Evaluarea structurii și funcționării lumii animale și ecosistemelor acvatice sub influența factorilor biotici și abiotici în contextul asigurării securității ecologice și bunăstării populației”. Codul subprogramului: 010701.

Bibliografie:

1. NISTREANU, V., SAVIN, A., ȚURCAN, V., LARION, A., PALADI, V., SÎTNIC, V. *Metode de cercetare în teren a faunei de vertebrate terestre. Indicație metodică*. Chișinău, 2021. 64 p. ISBN 978-5-88554-038-4.
2. MUNTEANU, A., SITNIC, V. *Spatial-behavioral structure of rodent populations by switching from colonial to solitary phase and vice versa. The Annual Zoological Congress of „Grigore Antipa” Museum*. Bucharest, 2017, p.144. ISBN 978-606-92462-7-6.
3. SÎTNIC, V. *The number fluctuation of Microtus arvalis Pall and Microtus rossiaemeridionalis Ogn. Populations (Rodentia, Cricetidae) in agrocenosis from the Republic of Moldova*. The materials of International Conference of Zoologists „Actual problems of protection and sustainable use of animal world diversity” in celebration of the 50th anniversary of its fundation. Chisinau, 2011, pp. 62-63. ISBN 978-9975-4248-2-0.
4. ȚURCAN, V., MUNTEANU, A., ZUBCOV, N., BOGDEA, L., BUCIUCEANU, L., NISTREANU, V., SAVIN, A., SÎTNIC, V., LARION, A. *Fauna Rezervației „Plaiul Fagului”. Vertebrate Terestre*. Red. șt. V. Nisteanu. Chișinău: F.E.-P. „Tipografia Centrală”, 2022. 160 p. ISBN 978-5-88554-059-9.

CZU: 577.112:613.2

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p299-303

PROTEINELE – PARTENERI ESENȚIALI ÎN CONTROLUL GREUTĂȚII

PROTEINS – ESSENTIAL PARTNERS IN WEIGHT CONTROL

„Cel mai eficient mod de a preveni obezitatea este de a ne îndrăgosti de alimente sănătoase și de un stil de viață activ.”

Stupac Nicoleta, elevă, grupa academică 206, calificarea asistent farmacist, Specialitatea farmacie, CEMF „Raisa Pacalo”

ORCID: 0009-0005-2755-135X

Barnaciuc Violeta, prof. biochimia generală, grad didactic I, CEMF „Raisa Pacalo”

ORCID: 0009-0000-5079-8792

Rezumat. Proteinele posedă un rol major în controlul greutății și menținerea unei stări de sănătate optime. Prin adoptarea unei abordări echilibrate și conștiente față de consumul de proteine, putem sprijini eforturile de pierdere în greutate și menținere a unei mase corporale constante. Este recomandat să se consulte un specialist în nutriție sau medicul specialist pentru a obține sfaturi personalizate înainte de a face schimbări semnificative în regimul alimentar. În ansamblu, proteinele rămân parteneri esențiali în călătoria către un control eficient al greutății și o stare generală de sănătate.

Cuvinte-cheie: obezitate, proteine, calorii, digestie, masă corporală, surse alimentare.

Abstract. Protein plays a major role in weight control and maintaining optimal health. By taking a balanced and conscious approach to protein consumption, we can support efforts to lose weight and maintain a lean body mass. It is recommended to consult a nutritionist or specialist doctor for personalized advice before making any significant changes to your diet. Overall, protein remains essential partners in the journey to effective weight management and overall health.

Keywords: obesity, protein, calories, digestion, body mass, food sources.

Introducere

Obezitatea, o problemă globală în creștere accelerată, reprezintă una dintre cele mai semnificative provocări de sănătate publică ale secolului XXI.

Conform Organizației Mondiale a Sănătății (OMS), numărul persoanelor supraponderale și obeze a crescut dramatic în ultimele decenii, devenind o „epidemie” la nivel mondial. Această creștere alarmantă a prevalenței obezității este asociată cu numeroase consecințe asupra sănătății, dar și impact semnificativ asupra sistemelor de sănătate și economiilor naționale.

În conținutul expus mai jos vor fi abordate variate aspecte ale supraponderabilității, oferind perspective asupra stilului în care individul, comunitatea și factorii de mediu contribuie la această realitate complexă.

Prin explorarea teoretică a acestui subiect, ne propunem să oferim în prim-plan informații esențiale despre beneficii și surse sănătoase de proteine, sfaturi practice pentru implementarea în viața de zi cu zi și soluții posibile pentru a aborda și a contracara acest fenomen global, deoarece obezitatea și surplusul ponderal nu sunt doar cifre în ascensiune în statistici, ci și provocări serioase pentru societate.

Rezultate și discuții

La nivel mondial, supraponderabilitatea include mai mult de un miliard de persoane, cu o distribuire a categoriilor de vârstă după cum urmează: adulți – 650 milioane, adolescenți – 340 milioane, copii – 39 milioane.

Statisticile realizate în anul 2020 au demonstrat faptul că cel mai mare nivel al obezității din Europa este atins, la ora actuală, în Anglia, urmând Franța, Germania, Spania și Suedia.

„Epidemia de obezitate” din Marea Britanie (24,9% din populație) s-a accentuat în ultimii 30 de ani, iar specialiștii estimează că, până în anul 2050, peste jumătate din populația Angliei va suferi de obezitate. În celelalte țări, procentual, situația se prezintă astfel: Irlanda (24,5%), Spania (24,1%), Portugalia (21,6%), Germania (21,3%), Belgia (19,1%), Austria (18,3%), Italia (17,2%), Suedia (16,6%), Franța (15,6%) (Figura 1).

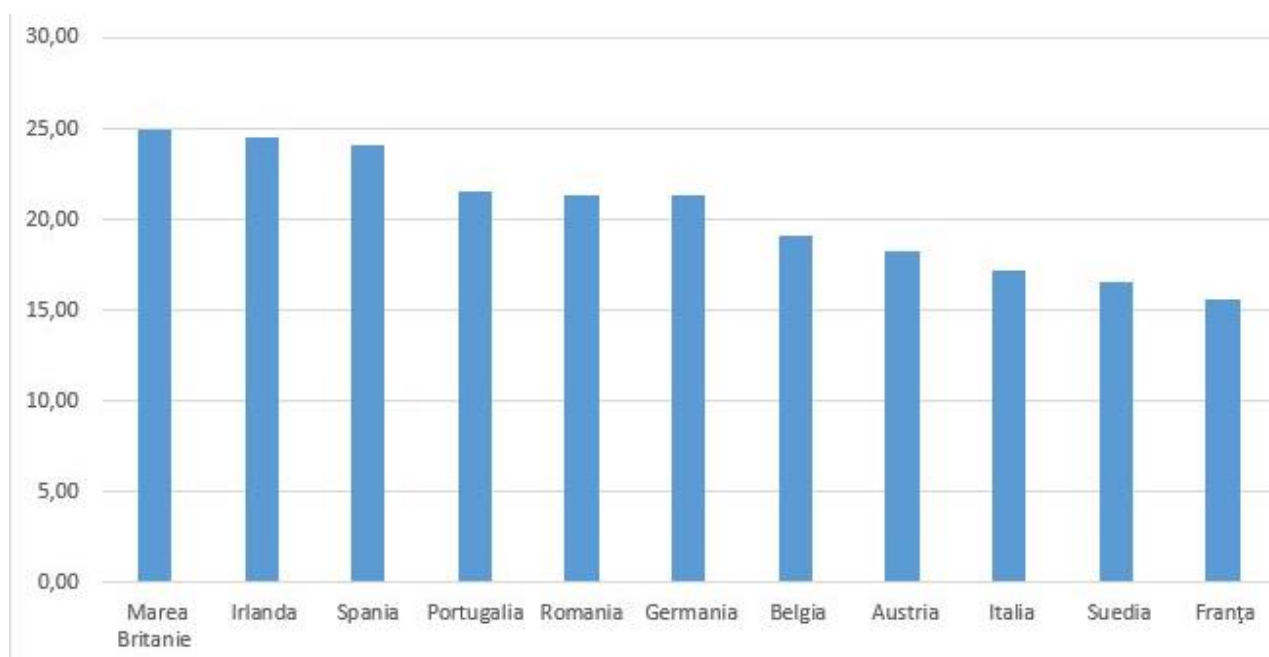


Fig. 1. Rata obezității în Europa

Rezultatele cercetărilor privind excesul ponderal în rândul copiilor reliefează o frecvență mai mare în rândul băieților (29% dintre băieți, 27% dintre fete), iar categoria de vârstă care se confruntă cel mai mult cu obezitatea este între 7 și 9 ani.

Consecințele pe termen lung pot deveni evidente în unele cazuri numai la etapa de maturitate și constau în supraponderabilitate sau obezitate, cu manifestări metabolice și cardiovasculare asociate. *Un aspect important este faptul că 60% dintre copiii care suferă de obezitate ajung să devină adulți obezi.*

Studiile ce abordează incidența supraponderabilității în Republica Moldova pentru anul 2021 relevă faptul că genul feminin predomină la toate categoriile de vârstă.

În contextul studiului, cel mai mare procent al persoanelor obeze de ambele genuri se înregistrează în grupurile de vârste 45-54 ani (29% femei și 20% bărbați) și pentru vârsta 55-64 ani, respectiv 29% femei și 22% bărbați. Astfel, 50% din persoane cu vârsta peste 18 ani sunt supraponderale sau obeze, cu o pondere mai mare în mediul urban, ce crește proporțional vârstei, de la 1% (18-24 de ani) până la 25% (45-65 ani) [4].

În ultimii ani, cercetările științifice au denotat contribuția semnificativă pe care proteinele, fiind cunoscute ca fiind combinații responsabile de creșterea masei musculare, sunt și aliați esențiali în promovarea pierderii în greutate și menținerea unei compoziții corporale sănătoase.

Proteinele reprezintă grupuri de macronutrienți cu structură complexă, constituite din aminoacizi uniți între ei prin intermediul legăturilor peptidice, cu rol structural și reglator, contribuind la funcționarea optimă a organismelor vii. Există mai mult de zece mii de tipuri de proteine, distribuite neuniform în diverse organe, țesuturi musculare, oase, piele, păr etc.

Proteinele sunt macronutrienți cu rol esențial în numeroase procese fiziologice, iar consumul lor adecvat aduce numeroase beneficii pentru sănătate: *constituirea și regenerarea țesuturilor, sinteza biocatalizatorilor și a hormonilor, transportul substanțelor în sânge, susținerea sistemului imunitar, furnizarea de energie, menținerea sănătății oaselor* etc.

Un aport prodigios la menținerea sau pierderea în greutate îl constituie consumul adecvat de proteine, care se poate perinda prin diverse mecanisme:

- **Promovarea sațietății.** Proteinele au un efect de sațietate mai mare decât carbohidrații sau grăsimile. Conținutul de proteină este direct proporțional cu conținutul de hormoni ai sațietății și invers proporțional cu conținutul de grelină (hormonul foamei sau al poftei de mâncare). Aceste modificări hormonale reduc semnificativ senzația de foame, asigurând o stare de *sațietate cu efect prolongat*, care este un factor important în timpul procesului de pierdere în greutate.
- **Arderea calorilor în timpul digestiei.** Procesul de digestie a proteinelor necesită mai multă energie decât cel a carbohidraților sau a grăsimilor. Acest fenomen, cunoscut sub numele de „efect termic al alimentelor” sau „efect termogen”, produce arderea unor calorii suplimentare și poate contribui la controlul greutateii. Conform rezultatelor cercetării specialiștilor canadieni din 2020, **creșterea proporției de proteine la 30%** a determinat o **scădere a aportului zilnic cu peste 400 calorii**.

Specialiștii olandezi din domeniul nutriției în anul 2019 au efectuat cercetări în scopul evaluării efectelor nutrienților asupra termogenezei și conform rezultatelor **efectul termic al proteinelor este de până la 20-30%**, în timp ce pentru carbohidrați este doar de 5-10%, iar pentru grăsimi 0-3% [6].

Studiile demonstrează că metabolismul persoanelor care înlocuiesc carbohidrații și grăsimile nesănătoase cu proteine ard cu 20-35% mai multe calorii decât al celor care nu au produs această schimbare în alimentație.

- **Menținerea masei musculare.** Proteinele asigură organismele vii cu aminoacizi esențiali (*leucina, izoleucina, valina, treonina, metionina, triptofan, fenilalanina, lizina, histidina*) și sunt importante pentru menținerea și creșterea masei musculare. Cu cât conținutul de masă musculară este mai mare, cu atât rata metabolică bazală este mai mare. Prin urmare, proteinele sunt responsabile de menținerea unei mase corporale ponderale și la prevenirea pierderii musculare în timpul procesului de pierdere în greutate.

Cercetările din domeniu au confirmat că absorbția proteinelor are un efect pozitiv asupra ajustării frecvenței metabolice. Varianta optimă pentru diminuarea conținutului de grăsimi, dar cu menținerea masei musculare, reprezintă includerea în planul de antrenament și exercițiile de forță.

- **Controlul glicemiei.** Consumul echilibrat de proteine poate contribui la menținerea nivelului constant de glucoză în sânge, evitând creșteri accelerate ale conținutului de insulină. Nivelul ridicat de insulină poate favoriza stocarea grăsimilor, iar proteinele pot

menține un echilibru în acest sens, aspect important pentru controlul sațietății și pentru menținerea nivelului energetic stabil pe parcursul zilei.

- **Pierdere în greutate durabilă.** Meniul cu conținut crescut de proteine este considerat ca fiind un element imperativ în atingerea și menținerea unei greutăți sănătoase pe termen lung.

Este relevant să subliniem că o alimentație sănătoasă nu ar trebui să se concentreze exclusiv pe proteine, dar necesită să fie armonios echilibrată cu toate grupurile alimentare, inclusiv hidrați de carbon, lipide, vitamine și minerale, care sunt esențiale pentru obținerea unei nutriții care să furnizeze organismului o varietate adecvată de nutrienți esențiali în cantități corespunzătoare pentru menținerea sănătății și a unei stări generale de bine.

Consultarea la un profesionist în domeniul nutriției sau cu medicul poate facilita elaborarea unei diete/plan alimentar personalizat, adaptat nevoilor specifice ale fiecărui individ în parte, ținând cont de variabile: vârstă, gen, grad de efort fizic, obiective de sănătate.

Se recomandă ca necesarul zilnic de calorii obținute din proteine să fie cuprins în limitele 10%-35% (Tabelul 1).

Tabelul 1. Cantitățile necesare de proteină în funcție de categoriile de vârstă

<i>Nr./o</i>	<i>Grupuri de vârste</i>	<i>Cantitatea de proteină recom. /zi</i>
1.	Copiii sub vârsta de 4 ani	13 g
2.	Copiii cu vârste 4-8 ani	19 g
3.	Copiii cu vârste 9-13 ani	34 g
4.	Adolescente 14 +	46 g
5.	Adolescenți 14 +	52 g
6.	Tineri (sex masculin) 19 +	56 g

Pentru a ilustra practic rolul proteinelor în combaterea obezității, experții în nutriție au elaborat algoritmi de implementare în dieta zilnică a macronutrientului în contextul menținerii unei mase corporale sănătoase.

Un exemplu practic recomandat de specialiști îl expunem în continuare:

- mic dejun cu un aport semnificativ de proteine;
- gustări echilibrate, bogate în substanțe proteice;
- mese echilibrate cu conținut redus de grăsimi;
- consum adecvat de lichide;
- activități fizice combinate cu un consum de proteine înainte și după antrenament;
- monitorizare și ajustare adaptată necesităților individuale.

Produsele de origine animalieră oferă surse de proteine de cea mai înaltă calitate. Suplimentar, sursele de proteine de proveniență zoologică furnizează o gamă completă de aminoacizi și alți nutrienți importanți: vitamine (unele vitamine din grupul B), minerale (calciu și zinc), acizi grași (omega-3) etc.

Surse proteice calitative de origine animalieră sunt: *ouă; pește și fructe de mare: somon, sardine, macrou, păstrăv, biban, creveți, midii; carne slabă de vită, porc; carne de pasăre: curcan, pui, pasăre de curte; produse lactate: lapte, iaurt, brânză.*

Există și o varietate de surse eficiente de proteine de origine vegetală: *amarant, chia, drojdie, fasole, linte, mazăre, grâu, hrișcă, nuci, migdale, alune, caju, arahide, unt de arahide, orez, produse din soia: tofu, tempeh și edamame (soia verde), quinoa.*

Amarantul, quinoa, hrișca, soia, drojdia și semințele de chia conțin toți cei 9 aminoacizi esențiali, ceea ce înseamnă că sunt surse complete de proteine.

Concluzii

Proteinele reprezintă unul dintre pilonii esențiali pentru funcționarea optimă a organismului uman. Aceste substanțe chimice fundamentale nu doar oferă o bază structurală pentru celule, țesuturi și organe, ci posedă un rol substanțial pentru o varietate de funcții biologice vitale.

Însă, pe lângă rolurile lor biologice esențiale, proteinele au un impact semnificativ asupra controlului greutății. Această relație nu se rezumă doar la furnizarea unei senzații de sațietate, ci include și influențarea metabolismului, menținerea masei musculare și chiar contribuția la arderea caloriilor.

Studiile au evidențiat că proteinele devin aliați în eforturile noastre în a gestiona greutatea, influența pofta de mâncare și metabolismul și contribuie la modelarea unei diete echilibrate și sustenabile, astfel importanța proteinelor în controlul greutății nu poate fi subestimată, devenind parteneri esențiali în eforturile de menținere sau pierdere a kilogramelor în plus. Este important să abordăm consumul de proteine echilibrat, alegând surse variate.

În contextul actual, în care preocupările privind sănătatea și bunăstarea sunt din ce în ce mai accentuate, perceperea avantajelor aduse de proteine în controlul greutății devine esențială pentru adoptarea unui stil de viață sănătos și echilibrat.

Prin conștientizarea complexității acestui fenomen, ne-am propus să contribuim la constatarea și combaterea acestei probleme care afectează tot mai multe persoane în societatea modernă.

Înainte de a începe orice modificare semnificativă în alimentație, este recomandat să consultăm un specialist în nutriție sau medicul pentru a ne asigura că planul alimentar este adaptat obiectivelor, nevoilor individuale și sănătății generale.

Integrarea conștientă a proteinelor într-un stil de viață sănătos prin selectarea inteligentă, diversificarea surselor, controlul porțiilor alimentare, exercițiile fizice și educarea continuă pot contribui la atingerea și menținerea unei greutăți optime, aducând beneficii pe termen lung sănătății noastre.

Bibliografie:

1. MIHAI, B., BOTNARIU, G., POPESCU, R., LĂCĂTUȘU, C. *Ghid pentru alimentația sănătoasă*. Iași: Editura Performantica, 2006. ISBN 978-973-730-204-5.
2. ISPAS, A., Munteanu, D. Efectele unei diete bogate în proteine asupra compoziției corporale și metabolismului energetic. In: *Revista de medicină și farmacie* (Oradea). 2018.
3. VEREJAN, S. *Obezitatea și principiile alimentației corecte* [online]. Disponibil: https://repository.usmf.md/bitstream/20.500.12710/3093/1/Obezitatea_si_principiile_alimentatiei_corecte.pdf
4. TOMA, M. *Obezitatea – problemă socială în Republica Moldova*. [online]. Disponibil: https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/123413
5. <http://www.diperia.ro/2008/04/01/importanta-micului-dejun/>
6. <http://www.diperia.ro/2008/04/01/fibrele-alimentare/>
7. <https://gymbeam.ro/blog/proteinele-si-pierdere-in-greutate/>
8. <https://bodyline.ro/obezitatea-rolul-nutritiei-si-promovarea-sanatatii/>
9. <https://amt-centru.md/2023/03/06/ce-este-obezitatea-si-cum-ne-afecteaza-sanatatea/>
10. <https://medpark.md/noutati/nutritie-news/obezitatea-la-copii-o-problema/>

CZU: 574.62(498)

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p304-309

OBSERVAȚII ASUPRA IHTIOFAUNEI DIN PARCUL NATURAL „BALTA MICĂ A BRĂILEI”

OBSERVATIONS ON THE ICHTHYOFAUNA OF „BALTA MICĂ A BRĂILEI” NATURE PARK

Tudor Alina-Adriana, prof. de biologie,
Școala Gimnazială „Vasile Alecsandri”, Brăila, România

Tudor Alina-Adriana, biology teacher
Vasile Alecsandri Secondary School, Braila, Romania

ORCID: 0009-0007-0486-0402

E-mail: alina.tudor@vasilealecsandribraila.ro

Rezumat. Această lucrare examinează ihtiofauna din Parcul Natural „Balta Mică a Brăilei”, un ecosistem vital pentru conservarea biodiversității și menținerea echilibrului ecologic. În contextul importanței globale a ecosistemelor acvatice, acest studiu se concentrează pe rolul ihtiofaunei în menținerea sănătății acestui habitat. Investigarea ihtiofaunei din acest parc natural este esențială pentru înțelegerea biodiversității locale și pentru identificarea măsurilor necesare pentru conservarea și protejarea acesteia. Analiza este realizată într-un cadru geografic și ecologic specific, acoperind aspecte legate de distribuția speciilor, interacțiunile ecologice și impactul activităților umane asupra populațiilor de pești și a habitatelor lor. În lumina schimbărilor climatice și a presiunii antropice crescânde, este crucială gestionarea și protejarea adecvată a resurselor naturale din parc pentru conservarea biodiversității și menținerea echilibrului ecologic. Rezultatele și concluziile acestui studiu oferă perspective importante pentru gestionarea durabilă a ihtiofaunei și a ecosistemului acvatic din Parcul Natural „Balta Mică a Brăilei”, subliniind necesitatea unor acțiuni concertate și responsabile pentru protejarea acestui habitat valoros și a speciilor sale asociate.

Cuvinte-cheie: ihtiofaună, Parcul Natural „Balta Mică a Brăilei”, conservare, biodiversitate, echilibru ecologic.

Abstract. This paper examines the ichthyofauna of Balta Mică a Brăilei Natural Park, an essential ecosystem for biodiversity conservation and ecological balance. The study focuses on the role of ichthyofauna in maintaining the health of this habitat within the global context of the importance of aquatic ecosystems. Investigating the fish species of this natural park is crucial for understanding local biodiversity and identifying measures for its conservation and protection. The analysis is conducted within a specific geographic and ecological framework, covering aspects related to species distribution, ecological interactions, and the impact of human activities on fish populations and their habitats. Given the impact of climate change and growing anthropogenic pressure, it is essential to manage and protect natural resources in the park to ensure biodiversity conservation and ecological balance. The study's results and conclusions offer valuable insights into the sustainable management of ichthyofauna and the aquatic ecosystem of Balta Mică a Brăilei Natural Park. They emphasise the need for concerted and responsible actions to safeguard this valuable habitat and its associated species.

Keywords: ichthyofauna, Balta Mică a Brăilei Natural Park, conservation, biodiversity, ecological balance.

Introducere

Parcurile naturale reprezintă ecosisteme protejate de o importanță deosebită pentru conservarea biodiversității și menținerea echilibrului ecologic [1]. În cadrul acestor arii protejate, studiul biodiversității și al interacțiunilor dintre speciile de plante și animale reprezintă o preocupare majoră pentru cercetători [2, 3].

Ecosistemele acvatice sunt de o importanță vitală la nivel global. Acestea contribuie la menținerea biodiversității și la furnizarea de servicii ecosistemice esențiale pentru omenire [4, 5, 2]. În acest context, ihtiofauna, adică diversitatea speciilor de pești, joacă un rol crucial. Pe lângă valoarea lor ecologică, peștii sunt o sursă importantă de hrană pentru comunitățile umane și contribuie la echilibrul global al ecosistemelor acvatice [6-8].

Un exemplu remarcabil în acest sens este Parcul Natural „Balta Mică a Brăilei”. Aici ihtiofauna reprezintă un subiect de interes deosebit. Studiul acesteia nu doar că oferă o înțelegere mai profundă a biodiversității locale, ci și ajută la identificarea măsurilor necesare pentru conservarea și protejarea acestuia. Prin urmare, investigarea și protejarea ihtiofaunei din acest parc natural devin aspecte esențiale pentru menținerea echilibrului ecologic și pentru asigurarea sustenabilității acestui ecosistem valoros.

„Balta Mică a Brăilei” este situată în sud-estul României, pe cursul inferior al Dunării. Pe brațul vestic al Dunării [9], apele se despart în mai multe cursuri secundare, care delimitează în interior un teritoriu inundabil, cunoscut sub numele de Balta Mică a Brăilei. Aceasta ocupă o suprafață mult mai mică decât Insula Mare, întinzându-se între cursul principal și brațele Dunării, la cotele maxime de inundație (Figura 1) [10].

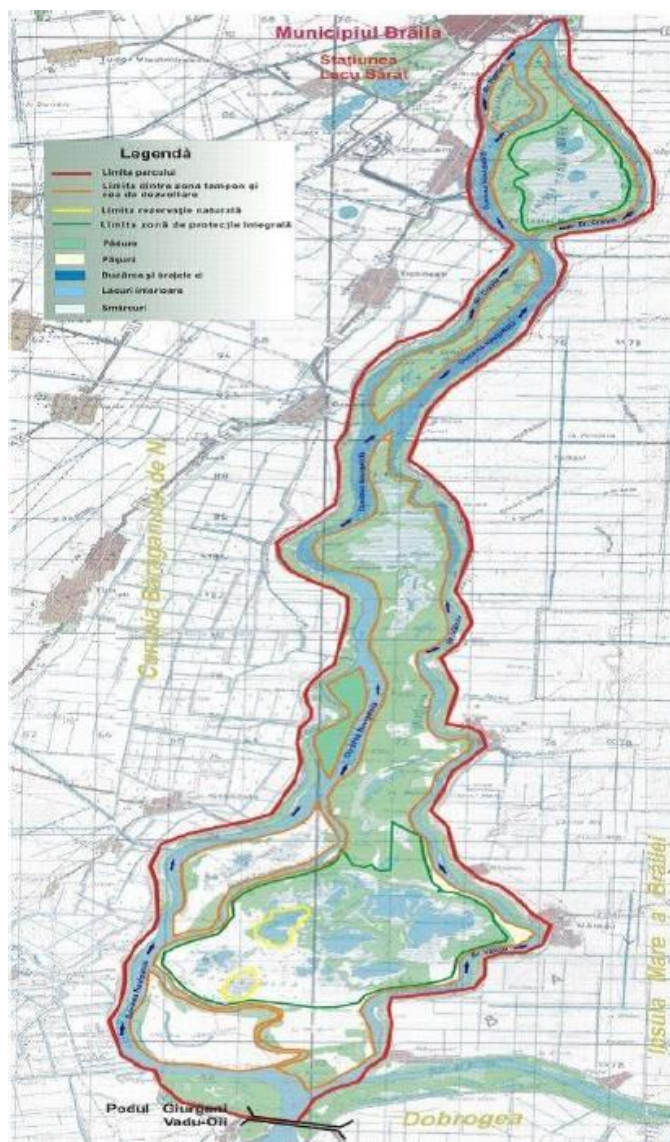


Fig. 1. Localizarea Parcului Natural „Balta Mică a Brăilei” [10]

În interiorul acestui teritoriu se găsesc ostroave sau insule, aflate la sud de Brăila și până la podul de la Giurgeni – Vadul Oii. Printre acestea se numără Insula Harapului, Insula Fundul Mare, Insula Calia, Insula Mică a Brăilei, Insula Chiciul Orbului, Insula Crăcănel și insula Vărsăturii. Aceste insule sunt înconjurată de brațele Dunării precum Brațul Harapu, Brațul Calia, Brațul Pasca, Brațul Cremenea, Brațul Mănușoaia, Brațul Vâlcu și Brațul Cravia. Suprafața totală a zonei este de aproximativ 15.000 de hectare [9].

Relieful din zona Baltei Mici a Brăilei este rezultatul complex al proceselor de eroziune laterală, transport și acumulare aluvionară influențate de cursul Dunării. Aceste procese sunt mai evidente pe brațele Cremenea și Vâlcu [11] și creează un model de relief care cuprinde un lanț de 7 insule cu o suprafață totală de 15.000 hectare. Este remarcabil faptul că aceste insule, menționate încă din 1912 de Grigore Antipa [12], prezintă încă aceeași configurație, sugerând stabilitatea reliefului în zona inundabilă.

Aspectele de microrelief din Balta Mică a Brăilei, studiate în detaliu începând cu anii 1910 și continuând până în prezent, includ forme pozitive precum grinduri de mal, grinduri de prival, grinduri interioare și depresiuni proeminente înspre bălți, dar și forme negative de relief cum ar fi gârlele, privalele, japșele și lacurile permanente sau periodice [10].

Procesele active de eroziune și acumulare care au loc pe tot parcursul anului generează modificări semnificative în microrelieful zonei. Acestea sunt vizibile în timpul inundațiilor, când cantități mari de material aluvial sunt depuse în zone joase peste grinduri sau depresiuni, afectând astfel aspectul reliefului. Aceste procese sunt posibile datorită tipurilor de sol întâlnite, care includ protosoluri aluviale și lacustre, formate sub influența excesului de umiditate, și soluri aluviale și protosoluri de grind.

În ultimele trei decenii, pe teritoriul Parcului „Balta Mică a Brăilei”, s-a observat o tendință de aridizare a microclimatului de luncă [13]. Măsurătorile efectuate în centrul Insulei Mari a Brăilei au arătat o creștere a temperaturilor cu aproximativ 2 grade Celsius, conform cercetărilor realizate de specialiștii de la Stațiunea de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Brăila [14]. Aceste schimbări sunt asociate cu modificări în vegetația locală și sunt influențate de factori climatici globali și de interacțiunea maselor de aer în regiune. Temperatura apei are un impact direct asupra biodiversității din ecosistemele acvatice, iar curenții de aer sunt esențiali pentru circulația apei și distribuția substanțelor nutritive în habitat. Aceste schimbări pot afecta semnificativ procesele biologice și ciclurile de viață ale organismelor din zonă.

Rețeaua hidrografică a Baltei Mici a Brăilei este compusă din brațele Dunării și privaluri care conectează sistemul de lacuri, bălți și mlaștini. Alimentarea acestei rețele hidrografice este asigurată în principal de fluviul Dunărea și, în mod particular, de precipitații [10].

În mod obișnuit, primăvara, odată cu topirea zăpezii din regiunile montane, debitul fluviului crește semnificativ, provocând viituri care duc la inundarea malurilor și acoperirea întregii suprafețe a Baltei Mici a Brăilei. Apele stagnează pentru o perioadă de timp, în funcție de temperatura verii, uneori chiar până toamna târziu sau chiar iarna [10].

Cu toate acestea, au existat și excepții, în anii 2002 și 2003, când regimul hidrologic al Dunării nu a dus la inundații vernală, iar bălțile și lacurile nu au fost alimentate cu apă pentru o perioadă îndelungată. Aceste fenomene au cauzat dereglări mari în echilibrul dinamic al habitatelor acvatice, afectând flora și fauna.

Seceta puternică, caracterizată prin deficitul major între precipitații și evapotranspirație, din aceiași ani 2002 și 2003, a redus în mod semnificativ regimul hidric al solului, determinând habitatele să-și piardă caracterul de zonă umedă [15].

Rezultate și discuții

Studiile asupra compoziției ichtiofaunei din Parcul Natural „Balta Mică a Brăilei” au identificat 65 de specii de pești, dintre care 19 sunt protejate [16].

Majoritatea speciilor de pești din zonele inundabile sunt euriterme, adică pot tolera variații largi ale temperaturii apei, între 0°C și 30-35°C. În timpul iernii, activitatea biologică a acestora este redusă sau intră în hibernare, iar primăvara își intensifică activitatea odată cu creșterea temperaturii apei.

Ihtiofauna din Balta Mică a Brăilei prezintă diverse strategii de reproducere și de obicei este grupată în funcție de modul de reproducere, troficitate și migrație. Aceasta include specii migratoare anadrome marine, specii semimigratoare, specii reofile și specii stagnofile, fiecare având preferințe specifice de biotop pentru depunerea pontei.

Reproducerea în cele 52 de lacuri și bălți interioare este susținută de fitocenozele bine dezvoltate, care oferă hrană pentru speciile fitofage și contribuie la menținerea echilibrului ecologic. Totuși, din studiile recente, începând din anii 1980, s-a observat o reducere a numărului de specii înregistrate, cauzată probabil de intervenția antropică, precum îndiguirile și amenajările hidrologice care au modificat habitatele și au dus la colmatarea lacurilor.

Chiar dacă se iau măsuri de protecție în cadrul Parcului Natural Balta Mică a Brăilei, populațiile de pești sunt afectate de activitățile de pe cursul fluviului, în afara perimetrului protejat. Astfel, este necesară o analiză corectă a ihtiofaunei, luând în considerare datele oferite de mai multe surse și efectele factorilor antropici asupra habitatelor și populațiilor de pești.

Există două situații deosebite în ceea ce privește speciile de pești din fluviul Dunărea. Pe de o parte, anumite specii pătrund periodic în fluviu din afluenții săi, numărându-se în total douăsprezece specii. Pe de altă parte, au fost introduse în mod accidental specii străine. Între anii 1962-1970, patru specii de ciprinide chinezești, cu o valoare economică însemnată pentru acvacultura românească, au fost introduse în România sub formă de icre embrionate la Stațiunea de Cercetări Piscicole Nucet. Acestea au fost *Ctenopharyngodon idella*, *Mylopharyngodon piceus*, *Hypophthalmichthys molitrix* și *Aristichthys nobilis*. În mod accidental, odată cu aceste specii, au fost introduse și două specii de dimensiuni mici și fără valoare economică, dintre care doar una s-a adaptat la noile condiții din România: *Pseudorasbora parva*. Această specie, fiind de talie mică, a ajuns în râul Ilfov și s-a răspândit apoi în Dâmbovița și în bazinele Argeșului, Ialomiței și Dunării Inferioare.

După anul 1960, au avut loc mai multe revizuirii ale listei de specii de pești întâlnite în apele fluviului Dunărea, unele dintre ele fiind de interes economic și protejate în prezent. Aceste modificări au fost influențate de intervenția tot mai accentuată a factorului antropic, guvernată de explozia demografică, dezvoltarea agriculturii și a industriei, care au determinat schimbări la nivelul biotopului ecosistemelor din regiune.

Ihtiofauna din regiunea Parcului Natural „Balta Mică a Brăilei” cuprinde specii care sunt conectate între ele în principal prin troficitate și reproducere. Hrănirea presupune chiar forme de prădătorism, parazitism, comensalism. Pe baza relațiilor prădător-pradă, la peștii prădători se perfecționează adaptări pentru capturarea prăzii și asimilarea ei, iar la peștii pradă se elaborează în mod corespunzător diferite mijloace de apărare. Parazitismul și comensalismul sunt fenomene rare între speciile de pești din zonă. Relații extrem de complicate există însă între speciile de pești pe baza nutriției cu o hrană asemănătoare.

Grupa speciilor planctivore, reprezentată de 7 specii, deține o pondere de 27,9%, plătică, obleț, cosac cu bot turtit, babușcă. Celelalte 3 specii (novac, sânger, caracudă) dețin sub 1%.

Grupa speciilor bentivore este reprezentată prin 16 specii ce dețin ~27%, carasul, crapul, văduvița, mreana, cega, batca, restul speciilor având sub 1%.

Grupa speciilor piscivore deține o pondere de 7,28%, excepție făcând scrumbia, care deține singură o pondere foarte mare, de 37,31%. Numărul speciilor piscivore este de 5, somnul, avatul, șalaul, știuca, morunul.

Grupa speciilor fitovore deține 0,38%, fiind reprezentată de 2 specii: roșioara și cosașul.

Speciile care domină sunt: plătica (16,1%), carasul (15,42%), oblețul (5,46%). Acestea sunt specii cu creșterea productivității piscicole, deci interesante pentru ecosistem. Crapul (3,85%), somnul (3,24%), cosacul cu bot turtit (2,63%), babușca (2,6%), avatul (2,26%) și văduvița (2,12%) sunt specii subdominante. Patru specii sunt recedente, restul, 17 specii, cu valori ale dominanței între 0,01% și 0,96%, specii subrecedente. Specia care deține cel mai mare procent al constanței este carasul (55,43%), încadrându-se în clasa speciilor constante, ceea ce ne arată că această specie este cel mai bine adaptată ecosistemului. Dintre speciile listate în tabele, 6 sunt accesorii: somn (47,36%), crap (46,51%), plătică (39,29%), mreană (35,78%), văduviță (31,92%) și șalău (30,17%), 23 specii apar accidental (0,35% și 19,64%).

Activitatea umană afectează diferitele componente ale mediului, inclusiv peisajele, solul, apa, flora, fauna, parcurile și rezervațiile, adică întreaga biosferă. În Parcul Natural „Balta Mică a Brăilei” (PN-BmB), administrația a identificat patru categorii principale de amenințări pentru fauna din zonă:

1. Utilizarea abuzivă a resurselor naturale, inclusiv braconajul piscicol și recoltarea ilegală a altor elemente din flora și fauna parcului. Aceste activități ilegale afectează negativ populațiile de pești și alte specii.

2. Accesul inechitabil la resursele naturale în comunitățile locale adiacente poate genera nemulțumiri și conflicte sociale.

3. Poluarea, în special cea a apelor, poate avea efecte devastatoare asupra ecosistemelor acvatice, fie din surse interne din România, fie transfrontaliere, precum deversările accidentale sau poluarea radioactivă.

4. Agricultură din zonele învecinate poate duce la drenarea luncilor umede, reducând habitatul și resursele disponibile pentru pești, precum și la utilizarea de fertilizatori, care pot ajunge în apele habitatelor piscicole și pot provoca intoxicații.

Alte amenințări includ drenarea apelor din zonele umede, schimbarea regimului hidric, îndepărtarea stufărișului și turismul necontrolat în apropierea malurilor, care pot deranja speciile în perioada de reproducere. Este importantă gestionarea și protejarea adecvată a acestor resurse naturale pentru conservarea biodiversității și menținerea echilibrului ecologic în parc.

Concluzii

Concluzionând referitor la ihtiofauna din Parcul Natural „Balta Mică a Brăilei”, putem evidenția următoarele aspecte:

1. Diversitatea și importanța ihtiofaunei în ecosistemul acvatic al parcului sunt semnificative, oferind o sursă vitală de hrană pentru alte specii și contribuind la menținerea echilibrului ecologic.

2. Presiunea exercitată de activitățile umane, cum ar fi pescuitul ilegal și poluarea, reprezintă amenințări serioase pentru populațiile de pești din zonă, punând în pericol biodiversitatea și stabilitatea ecosistemului acvatic.

3. Introducerea accidentală sau intenționată a unor specii străine de pești poate avea efecte negative asupra ihtiofaunei native și a ecosistemului în ansamblu, dezechilibrând lanțurile trofice și conducând la pierderea biodiversității.

4. Gestionarea și monitorizarea atentă a pescuitului și a altor activități umane în parc sunt esențiale pentru protejarea ihtiofaunei și menținerea integrității ecosistemului acvatic.

În concluzie, protejarea și conservarea ihtiofaunei din Parcul Natural „Balta Mică a Brăilei” necesită eforturi susținute pentru gestionarea durabilă a resurselor acvatice și pentru combaterea amenințărilor provocate de intervenția umană și schimbările mediului.

Bibliografie:

1. SHAFER, Craig L. National park and reserve planning to protect biological diversity: some basic elements. In: *Landscape and Urban Planning*. 1999, nr. 2-3, pp. 123-153 [online] [accesat 01.02.2024]. Disponibil: DOI 10.1016/S0169-2046(98)00115-7 (IF: 9.1).
2. ORLIKOWSKA, Ewa H. et al. Gaps in ecological research on the world's largest internationally coordinated network of protected areas: A review of Natura 2000. In: *Biological Conservation*. 2016, Aug., pp. 216-227 [online] [accesat 15.01.2024]. Disponibil: DOI 10.1016/j.biocon.2016.06.015 (IF: 5.9).
3. BLANCO, Julien et al. Interface processes between protected and unprotected areas: A global review and ways forward. In: *Global Change Biology*. 2020, mart., nr. 3, pp. 1138-1154 [online] [accesat 07.01.2024]. Disponibil: DOI 10.1111/gcb.14865 (IF: 11.6).
4. BIGGS, J., VON FUMETTI, S., KELLY-QUINN, M. The importance of small waterbodies for biodiversity and ecosystem services: implications for policy makers. In: *Hydrobiologia*. 2017, nr. 1, pp. 3-39 [online] [accesat 01.02.2024]. Disponibil: DOI 10.1007/s10750-016-3007-0 (IF: 2.6).
5. MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (PROGRAM) (ed.). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis: a report of the Millennium Ecosystem Assessment*. Washington, DC : World Resources Institute, 2005. ISBN 978-1-56973-597-8.
6. MOYLE, Peter B., LEIDY, Robert A. Loss of Biodiversity in Aquatic Ecosystems: Evidence from Fish Faunas. In: FIEDLER, Peggy L., JAIN, Subodh K. (ed.), *Conservation Biology*. 1992, Springer, pp. 127-169 [online] [accesat 01.02.2024]. Disponibil: DOI 10.1007/978-1-4684-6426-9_6.
7. FIEDLER, Peggy Lee, JAIN, Subodh K. (ed.). *Conservation biology : the theory and practice of nature conservation, preservation and management*. Springer, 2013. ISBN 978-1-4684-6428-3.
8. VILLÉGER, Sébastien et al. Functional ecology of fish: current approaches and future challenges. In: *Aquatic Sciences*. 2017, nr. 4, pp. 783-801 [online] [accesat 01.02.2024]. Disponibil: DOI 10.1007/s00027-017-0546-z (IF: 2.7).
9. ONEA, Nicolae. *Ecologia și etologia păsărilor de apă din Insula Mică a Brăilei*. Brăila : Editura Istros, Muzeul Brăilei, 2002.
10. ANDRONACHE, Ion, MOISEI, Radu. Parcul Natural Balta Mică a Brăilei. In: *Terra*. 2009, Vol. XXXVIII-XXXIX, pp. 194-198.
11. POSEA, Grigore. *Geomorfologia României: relief – tipuri, geneză, evoluție, regionale*. Ediția a 2-a. Revăzută și adăugită. București : Editura Fundației „România de Măine”, 2005. ISBN 978-973-725-213-5.
12. ANTIPA, Grigore. Regiunea inundabilă a Dunării. Starea ei actuală și mijloacele de punere a ei în valoare. In: *Analele Institutului Geologic Român*. 1912, vol. 4, nr. 2, pp. 67-149.
13. CUCULEANU, V., BĂLTEANU, D. Modificarea climei în România în context global. In: GIURGIU, V. (ed.), *Silvologie*, vol. IV A. [S. l.] : Editura Academiei Române, 2005, pp. 50-56.
14. VIȘINESCU, I. et al. *Seceta – caracteristici, particularități și ciclicitate în condițiile agroclimatului din Câmpia Română de Nord-Est*. [S. l.] : A.S.A.S., I.C.-D.A. Fundulea, S.C.-D.A. Brăila, 2003. 104 p.
15. CIOBOTARU, Ana-Maria, ANDRONACHE, Ion. Schimbări ale caracteristicilor fizico-chimice ale solurilor din Balta Brăilei în urma lucrărilor de îmbunătățiri funciare. In: *Repere Geografice*. 2014, vol. 9, nr. 2, pp. 68-74.
16. FLOREA, L. *Contribuții la studiul distribuției populațiilor piscicole din Insula Mică a Brăilei, indicator de apreciere al stării generale a hidrosistemului*. [S. l.] : Teză de doctorat, Universitatea Dunărea de Jos, Galați, 1998.

CZU: 633.8

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p310-315

CIMBRUL (*THYMUS VULGARIS*) ÎN TRATAREA AFECȚIUNILOR SISTEMULUI NERVOS ȘI RESPIRATOR

THYME (*THYMUS VULGARIS*) IN THE TREATMENT OF DISEASES OF THE NERVOUS AND RESPIRATORY SYSTEM

Țurcan Valeria, grupa 207, Specialitatea farmacie,
calificarea asistent farmacist, CEMF „Raisa Pacalo”, Chișinău

Ivancov Ludmila prof. botanica farmaceutică,
grad didactic superior, CEMF „Raisa Pacalo”, Chișinău

ORCID: 0009-0007-2567-7199

Rezumat: Cimbrul (*Thymus vulgaris*) este o plantă din familia Lamiaceae, cunoscută ca și cimbru-de-grădină, cimbru bun, cimbru adevărat, cimbru mirositor, iarba-cucului, iarba-de-lămâioară. În trecut, cimbrul se numea și lămâiță, respectiv lămâioară, și era deosebit de apreciat în Evul Mediu, mai ales în bucătăriile de pe lângă așezămintele monahale. Originar din zona mediteraneană, crește spontan în Spania, Franța, Portugalia, Maroc, Siberia, la altitudini mari. Se cultivă în România, Elvetia, America de Nord și în Republica Moldova, în scopuri medicinale și aromatice. Se utilizează din Antichitate ca plantă medicinală, mai târziu, și ca plantă condimentară. Cunoscută și cultivată de către geto-daci. Crește pe aproape orice tip de sol, rezistă la ploi abundente, dar și la secetă. Cele mai aromatice frunze se recoltează în perioada când plantele au început să înflorească. Produsul medicinal este *Thymi vulgaris herba* – părțile aeriene de cimbru. Ramurile tinere nelignificate se recoltează în perioada deschiderii primelor flori. Orice întârziere este legată nu doar de scăderea conținutului în ulei volatil, dar și de reducerea și deprecierea calității masei vegetative, prin pierderea a celei mai mari părți din frunze. Se usucă la umbră sau în uscătorii la 35°C. *Thymi herba* se întrebuițează sub formă de infuzie, extract fluid, în tuse, bronșite și tuse convulsivă, datorită proprietăților antiseptice și calmante, asigurate în primul rând de timol, carvacrol și alte fracțiuni volatile.

Cuvinte-cheie: *Thymus vulgaris*, plantă medicinală, produs medicinal, indicații terapeutice.

Summary: Thyme (*Thymus vulgaris*) is a plant of the Lamiaceae family, known as garden thyme, good thyme, true thyme, fragrant thyme, cuckoo grass, lemon grass. In the past, thyme was also called lemon or lemongrass and was particularly appreciated in the Middle Ages, especially in kitchens near monastic settlements. Originally from the Mediterranean area, it grows spontaneously in Spain, France, Portugal, Morocco, Siberia, at high altitudes. It is grown in Romania, Switzerland, North America and the Republic of Moldova for medicinal and aromatic purposes. It has been used since Antiquity as a medicinal plant, later also as a spice plant. Known and cultivated by the Geto-Dacians. It grows on almost any type of soil, withstands heavy rains, but also drought. The most aromatic leaves are harvested when the plants have started to bloom. The medicinal product is *Thymi vulgaris herba* - the aerial parts of thyme. Young non-lignified branches are harvested during the opening of the first flowers. Any delay is related not only to the decrease in volatile oil content, but also to the reduction and deterioration of the quality of the vegetative mass, through the loss of a large part of the leaves. Dry in the shade or in dryers at 35°C. *Thymia* is used in the form of infusion, fluid extract in bronchial coughs and whooping cough, thanks to the herbs antiseptic and calming properties, provided primarily by thymol, carvacrol and other volatile fractions.

Keywords: *Thymus vulgaris* medicinal plant, medicinal product, therapeutic indications.



Fig. 1. *Thymus vulgaris*

Actualitatea subiectului

Cimbrul (*Thymus vulgaris*) (Figura 1), este un subarbust peren, care formează o tufă mică, aproape semisferică, cu frunze mereu verzi. Rădăcina, în primul an, este pivotantă, lignificată, puternic ramificată și lungă de aproximativ 20 cm, iar în anii următori se dezvoltă într-un sistem radicular puternic fasciculat. Din colet pornesc anual o mulțime de ramificații, care dau plantei un aspect globulos. Tulpina și numeroasele ramificații sunt lignificate la bază și acoperite de un suber de culoare cenușie sau roșiatică, ramificațiile tinere sunt lungi de până la 30-40 cm și au o grosime de 2-3 mm. Planta are frunze mici, de formă alungită romboidală, ovată sau lanceolată. Florile sunt mici, pentamere, colorate în violaceu-roz și au corola bilabiata colorată în roz, grupate în pseudovercile așezate la subsuora frunzelor din vârful tulpinilor, creând impresia unei inflorescențe spiciforme. Caliciul este tubular. Înflorește în perioada mai-iunie, iar în cazul rezoltării

de doua ori în același an, înflorește din nou în perioada septembrie-octombrie. Fructele sunt nucule elipsoidale, mici, grupate câte 4 la baza caliciului persistent.

Produsul medicinal. Se valorifică partea aeriană nelignificată (*Herba Thymi*), care are miros aromat și un gust pregnant, asemănător camforului.

Compoziția chimică. În scopuri medicinale se întrebuințează părțile aeriene de cimbru (*Thymi vulgaris herba*). Produsul vegetal conține 0,8-1,2% ulei volatil (*Oleum Thymi*), format în proporție de 20-45% din timol, la care se adaugă: timol-metil-eter, carvacrol, terpinen, cineol, cimol, pinen, linalool, borneol, geraniol, sesquiterpenoida cariofilena, alături de tanin, acid cafeic, flavonozide, un principiu amar, precum și triterpenoide reprezentate prin acizii ursolic și oleanolic.

Fiind specie originară dintr-o zonă caldă, are cerințe deosebite față de regimul termic. În schimb, cerințele față de umiditate sunt reduse, fiind considerată o specie rezistentă la secetă. Cimbrul poate fi înmulțit atât pe cale vegetativă prin producerea răsadului și despărțirea tufelor, cât și pe cale generativă, prin seminte.

Maximum de ulei volatil se acumulează în frunze în faza deschiderii primelor flori. Recoltatul se execută cu cositoarea de fân, iar în cazul suprafețelor mai mici, manual, cu secera. Recolta se va transporta imediat pentru uscarea, atât pe cale naturală la umbră în șoproane, poduri, pe rame, cât și artificial, în uscătorii la temperatura maximă de 30-35°C. Începând cu al doilea an de vegetație, se pot obține cel puțin două recolte. În cazul folosirii masei vegetative pentru obținerea de ulei volatil, aceasta va fi transportată și prelucrată urgent.

Scopul cercetării. Studiarea proprietăților farmacologice la Cimbru (*Thymus vulgaris*) în tratarea afecțiunilor sistemului nervos.

Obiectivele cercetării:

1. descrierea organografică a plantei medicinale *Thymus vulgaris*;
2. studiarea compoziției chimice a plantei medicinale *Thymus vulgaris*;
3. utilizarea rațională a produsului vegetal de la planta medicinală *Thymus vulgaris*.

Materiale și metode

Pentru realizarea scopului și a obiectivelor propuse, au fost utilizate următoarele metode: studiul literaturii de specialitate privind descrierea organografică a plantei *Thymus vulgaris*, analiza atlaselor morfologice, ierbarelor, analiza microscopică conform monografiilor farmaceutice, analiza datelor în timp, obținute prin sondaj.

Rezultatele obținute

Activitatea de cercetare s-a desfășurat în intervalul de timp iunie-iulie 2023. În perioada menționată, doritori de a participa la chestionare au fost în număr de 47. În urma chestionării, putem urmări următorul grafic:

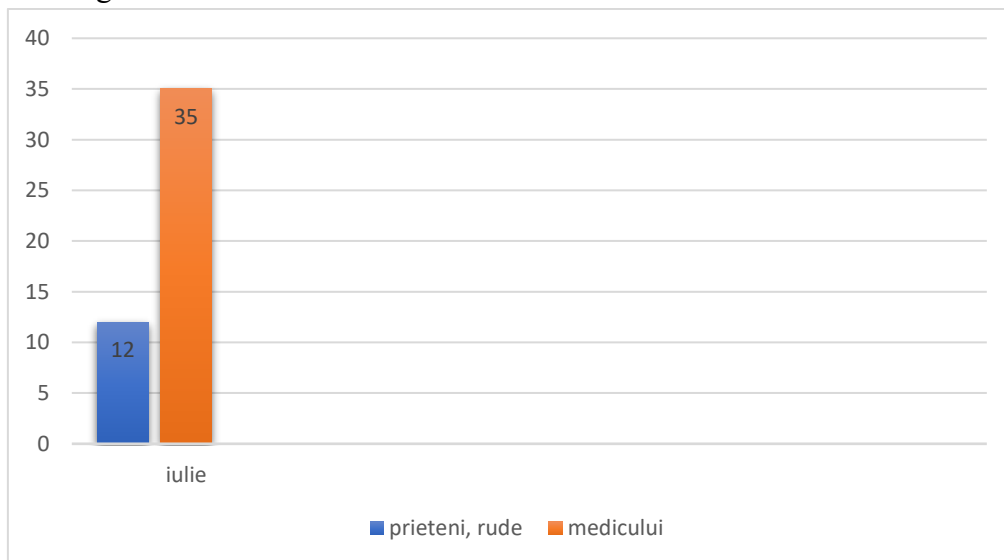


Fig. 2. Administrarea produsului vegetal (PV) de *Thymus vulgaris*: din 47 de respondenți, 35 administrează la indicația medicului, iar 12 respondenți la indicația rudelor și a prietenilor

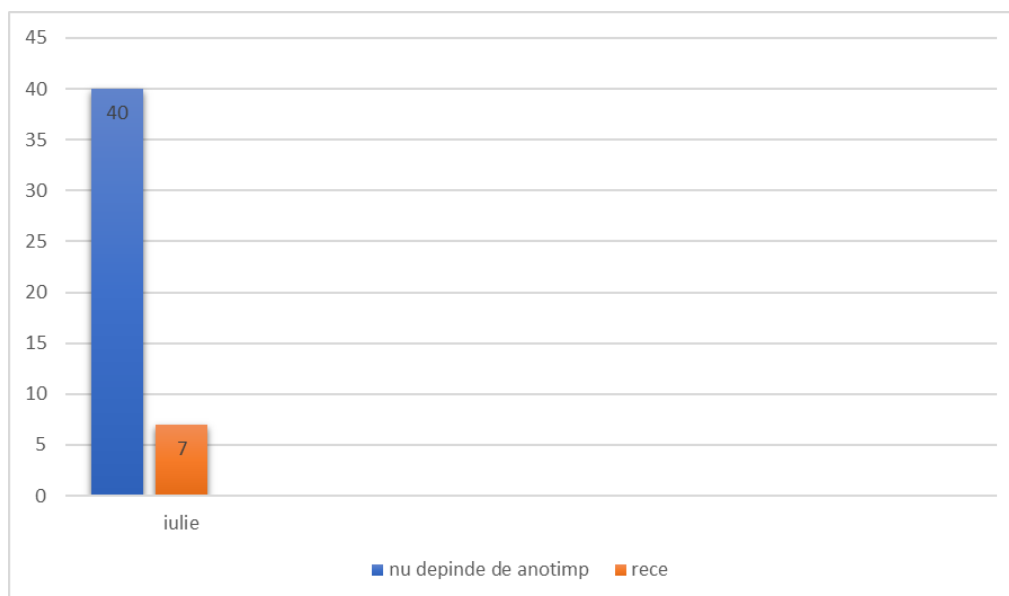


Fig. 3. Anotimpul în care este utilizat PV de *Thymus vulgaris* cel mai des: din 47 respondenți, 7 administrează în sezonul rece al anului, 37 respondenți - în orice anotimp al anului

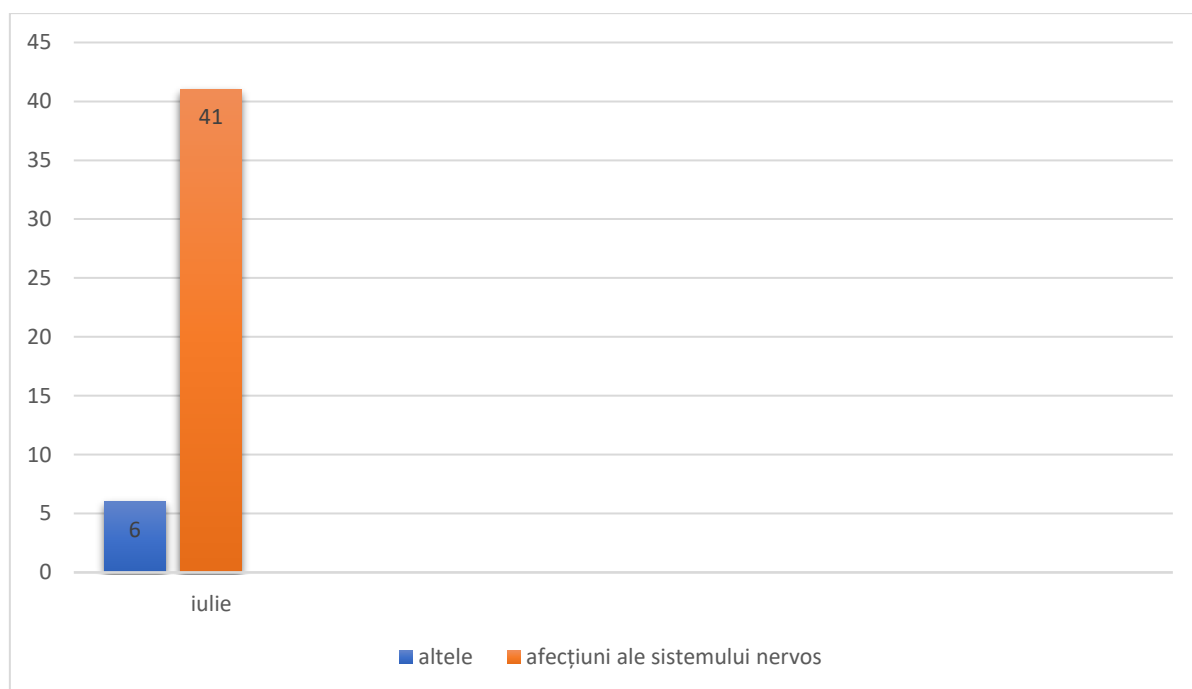


Fig. 4. Afecțiunile tratate cu ajutorul PV de *Thymus vulgaris*: din 47 respondenți, 41 tratează afecțiunile sistemului nervos, 6 respondenți - alte afecțiuni

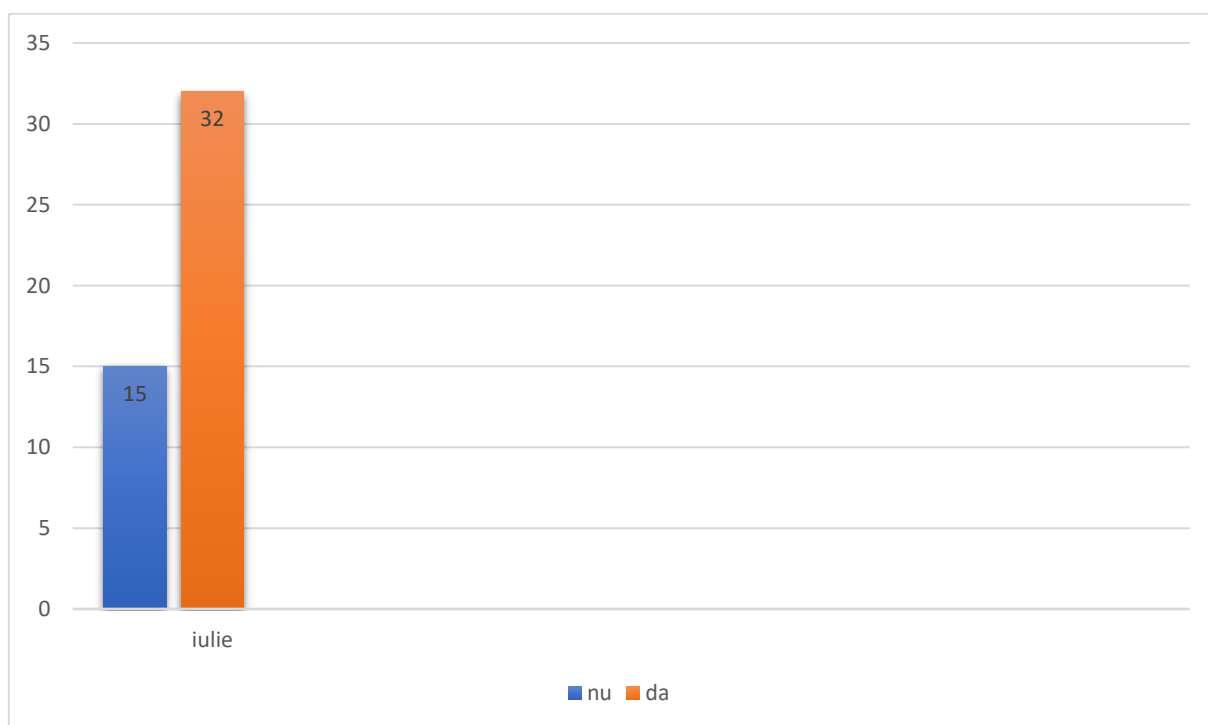


Fig. 5. Atenționări despre contraindicațiile existente la PV de *Thymus vulgaris*: din 47 respondenți, 32 au fost atenționați despre precauțiile și contraindicațiile produsului, 15 nu au fost atenționați

Utilizare în medicină. Compoziția chimică completă și specifică conferă proprietăți expectorante, calmând spasmele căilor respiratorii, cimbrul fiind indicat în tratamentul tusei convulsive, tusei astmatice, bronșitelor și răgușelii. Datorită prezenței timolului, are proprietăți

coleretice, antihelmintice și antiseptice. Se mai recomandă în afecțiunile reumatismale. Intră în compoziția unor forme medicamentoase utilizate în procesele infecțioase digestive, uretro-vezicale, în tratarea diareii acute și cronice și în cazul stărilor de iritabilitate nervoasă. Este un stimulent al metabolismului, un bun vermifug și, de asemenea, un absorbant al gazelor intestinale.

Extrakte din *Thymus vulgaris* intră în compoziția unor comprimate filmate și ca sirop **BRONCHIPRET** – utilizat pentru tratamentul afecțiunilor inflamatorii ale căilor respiratorii cu acțiune expectorantă și de calmare a tusei sau a altor preparate cu proprietăți calmante în asociere cu alte extracte vegetale: **THYMO SPRAY** – spray cu proprietăți antiseptice, anti- inflamatoare, expectorante, ameliorează răgușeala și durerile de gât, **IMUNOTUS** – capsule indicate pentru fluidizarea secrețiilor mucoase și favorizarea expectorației, **STEPPER** – aerosol cu proprietăți antibacteriene, fungicide, aseptice, calmante și protectoare, **CERVIRON** – ovule cu proprietăți astringente, reepitelizante, protectoare pentru mucoasa vaginală lezată care poate fi utilizat ca adjuvant în tratamentul afecțiunilor ginecologice, **ASPECTON** – sirop pentru ameliorarea simptomelor legate de apariția unui mucus dens în tractul respirator asociat răcelii obișnuite, dar și pentru ameliorarea simptomelor în bronșita acută, **IARBĂ DE CIMBRIȘOR** – ceai, **LACTACYD** – loțiuni intimă antibacteriană, contribuie la inhibarea dezvoltării bacteriilor și la prevenirea infecțiilor, **CARMOL FLU** – loțiune pentru corp cu efect împotriva manifestărilor neplăcute cauzate de gripă și răceală, **BALONIX** – comprimate, care se recomandă în cazul disconfortului abdominal cauzat de excesul gazelor intestinale, **CEDRU ALTAIC** – ulei cu efect antiseboreic, antiseptic, antispasmodic, tonic, astringent, diuretic, expectorant și sedativ.

Preparatele din părți aeriene de *Thymus vulgaris* au fost utilizate încă din antichitate în caz de contracții uterine, colici, dureri de cap, tuse, tuberculoză, retenții urinare, deranjament stomacal. Stimulează funcțiile hepatice și renale. Se aplică în amestecuri pentru băile copiilor. Tusea convulsivă se tratează cu un amestec de ceaiuri format din cimbru, patlagină și rădăcină de toporaș. Florile și frunzele, în stare proaspătă și uscată, sunt folosite la aromatizarea unor bucate în prepararea mâncărurilor, aromatizării oțetului de plante, prepararea sosurilor, fripturilor. Se utilizează în parfumerie datorită proprietăților antiseptice și deodorante pe care le posedă.

Administrare

Ceai – 3 lingurițe de plantă mărunțită la o ceașcă de apă clocotită, se lasă să se infuzeze acoperită 10-15 minute, apoi se bea de 2-3 ori pe zi. Se recomandă în afecțiunile reumatice.

Suc – cimbrul amestecat în proporție de 1:7 cu sirop de zahăr poate trata cu succes tusea convulsivă. Se administrează câte o lingură la fiecare oră.

Observații! Folosit în mod abuziv și supradozat, ceaiul provoacă tulburări gastrointestinale și are efect excitant al sistemului nervos, reacții alergice, grețuri, stări depresive. Uleiul volatil este contraindicat în hipertensiunea arterială.

Concluzii

Deși, în general, cimbrul de grădină se folosește ca și condiment pentru a da savoare preparatelor alimentare, putem folosi planta și în diferite afecțiuni.

Fitoterapia modernă a evoluat și s-a dezvoltat odată cu noile descoperiri științifice, ajungându-se la existența unor produse terapeutice valoroase, cu o putere de acțiune foarte bună. Procesul de tipizare a substanțelor active din plante oferă o mai bună siguranță și un mai bun control al efectului terapeutic al plantelor. În viziunea fitoterapeuților, boala survine ca rezultat al unui dezechilibru provocat de incapacitatea organismului de a se adapta la diferite condiții de mediu. Fitoterapia are un câmp mare de acțiune, în scop curativ sau preventiv, atât asupra minții, cât și a corpului, stimulând organismul să lupte împotriva factorilor nocivi.

Bibliografie:

1. <https://library.usmf.md/ro/library/farmacognozie-si-botanica-farmaceutica/calalb-t-bodrug-m-botanica-farmaceutica>
2. <https://www.doc.ro/sanatate/valeriana-beneficii-si-reactii-adverse>
3. VICTOR, GHICAVÎL. *Medicamentele – baza farmacoterapiei raționale*. Chișinău: Tipografia Centrală, 2013. 1399 p. ISBN 9789975531740.
4. STĂNESCU, Ursula ș.a. *Plante medicinale de la A la Z: monografii ale produselor de interes terapeutic*. Vol. II. Iași: Editura Gr. T. Popa, 2004. 663 p. ISBN 9737906713.

CZU: 631.811.98

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p316-320

PREPARATELE BIOLOGICE CARBECOL ȘI FUNECOL ÎN ASPECT COMPARATIV ECONOMIC CU PREPARATUL CHIMIC PENCOZEB

THE BIOLOGICAL PREPARATIONS CARBECOL AND FUNECOL IN ECONOMIC COMPARISON WITH THE CHEMICAL PREPARATION PENCOZEB

Zubcu Ion, drd., *Institutul de Genetică, Fiziologie și
Protecția Plantelor, USM, Chișinău*
ORCID: 0009-0003-1283-1714
E-mail: zubcu.ion1983@mail.ru

Rezumat. *Tematica de studiu prezentată în lucrare include fungicidele biologice, carbecol și funecol prezentate în aspect economic comparativ cu preparatul chimic clasic Pencozeb. Aceste două preparate au aplicabilitate inofensivă pentru componentele de mediu și sănătatea populației, prezintă o elaborare biotehnologică pentru agricultura ecologică ca domeniu separat în știință. Ca rezultat final, în lucrare se prezintă date cumulative bianuale, pentru perioada 2022-2023.*

Cuvinte-cheie: *preparate biologice Carbecol, Funecol, comparație economică, produs chimic Pencozeb, aplicabilitate inofensivă.*

Abstract. *The study topic presented in the paper includes the biological fungicides, carbecol and funecol presented in economic aspect compared to the classical chemical product Pencozeb. These 2 products have harmless applicability for environmental components and population health, present a biotechnological elaboration for ecological agriculture as a separate field in science. As a final result, in the paper are presented biannual cumulative data, for the period 2022-2023.*

Keywords: *biological products Carbecol, Funecol, economic comparison, chemical product Pencozeb, harmless applicability.*

Introducere

În perspectiva prevenirii reducerii efectului de poluare a componentelor agrobiocenotice și mediului ambiant în general, an de an sunt aplicate cercetări asupra testării aplicării preparatelor biologice cu un mecanism de acțiune orientat contra organismelor fitopatogene (ciuperci, bacterii, insecte, nematozi etc.), cu statut de producere a diverselor afecțiuni în faza de creștere a plantelor cultivate. Această orientare este abordată ca un concept modern al agriculturii ecologice și implică enumerarea avantajelor preparatelor biologice la nivel de inofensivitate și eficacitate economică în comparație cu preparatele chimice (fungicide, insecticide) clasice utilizate în agricultura intensivă. Fundamentată ca domeniu în știința națională, agricultura ecologică încadrează o gamă largă de procedee tehnologice cu scop de menținere sub control a organismelor și mediului agricol în folosul naturii și umanității, cu orientare spre cultivare și producere a produselor agricole finale fără folosirea substanțelor chimice de sinteză și a organismelor modificate genetic. Astfel, rezultatul final enumeră: produse agricole de calitate încadrate în comercializare, asigurarea, păstrarea și dezvoltarea agroecosistemelor dinamice și durabile, obținerea unor indicatori cu acțiuni pozitive în agroecozee etc. În protecția plantelor, accentul devine insistent pe înlocuirea tratamentelor chimice cu alte metode alternative, inofensive pentru mediu. Folosirea preparatelor biologice pe anumite suprafețe implică producerea lor industrială și o realizare ușoară în raport tehnologic. De aici derivă caracteristicile generale: a) este necesar ca preparatul să își mențină un timp îndelungat proprietățile de reducere a patogenității organismului, b) să posede un preț accesibil pentru aplicația practică comparativ cu

preparatele chimice, la care de obicei sunt mai mari, c) să se răspândească ușor și să își mențină rezistența la fluctuațiile condițiilor climaterice, c) să posedă o specificitate bună a ingredientului activ, d) componentele constiuente să fie permisibile în schema de evaluare, e) să cuprindă o gamă largă de organisme fitopatogene pe care le poate influența prin minimalizarea ciclului biologic de dezvoltare etc. [8, p 1-309].

În cadrul plantațiilor pomicole, când se urmăresc aspectele de protecție a acestora contra unui complex de agenți fitopatogeni și insecte dăunătoare, se constată o tendință de ecologizare a producției de fructe, în special diminuarea reziduurilor toxice, care rezultă de la utilizarea pesticidelor în acțiunile de fitoprotecție. Această orientare este impusă de consumatori și de cerințele de protecție a mediului ambiant. În vederea realizării acestui deziderat sunt întreprinse diverse acțiuni de cercetare în vederea îmbunătățirii parametrilor funcționali în domeniul agricol [4, p. 67-75].

În lucrare este desfășurat studiul general asupra a două preparate biologice, *Carbecol* și *Funecol*, folosite contra agenților fitopatogeni de natură micotică. I. Carbecol (PB *Carbecol*) reprezintă un preparat biologic, constituit din bicarbonat de sodiu, pe rol de fungicid. În practică poate fi aplicat la culturile de: prun, viță-de-vie, plante de tomate, contra organismelor: făinării viței-de-vie (*Uncinula necator*), fitoftoroza/mana tomatelor (*Phytophthora infestans*), clasterosporioza sâmburoaselor (*Clasterosporium carpophilum*), polistigmoza sâmburoaselor (*polystigma rubrum*), monilioze din grupul *Monilinia* sp. Din testările realizate în anul 2022 în plantație de prun, preparatul a demonstrat o eficacitate biologică destul de accentuată – 85% la clasterosporioză și polistigmoză [9, p. 556-562]. O altă experimentare este datată din 2020-2021, pe vița-de-vie soiul Cardinal, împotriva făinării. Rezultatul evaluării a fost obținut prin 75% pe frunze și 78% pe struguri. Cu excepția tratamentelor, acest preparat are și un efect direct asupra parametrilor fiziologici ai plantelor, adică se manifestă o îmbunătățire integrală, observată în fenologia de creștere [5, p. 107-110]. Tratamentele aplicate la cultura de tomate în mod separat sau în combinație cu substanțe humice Ecolit, cu adaos de helat de zinc și cu tratări de Funecol, au asigurat o stare fiziologică bună la tomate, productivitatea fiind net superioară valorii planificate inițial [6, p. 484-489]. II. Funecol (PB *Funecol SL*), cu substanța activă sulfat de cupru, este destinat pentru combaterea bolilor culturilor agricole: pentru tomate și castraveți în spațiu protejat, prun, măr în câmp deschis – pătarea brună a tomatelor, mana castraveților, mana viței-de-vie, polistigmoza pe frunzele și fructele de prun, clasterosporioza, bășicarea frunzelor de piersic, rapănul la măr. Este ușor degradabil și menține corespunderea cerințelor agriculturii ecologice [7, p. 133; 1]. Reieșind din estimarea eficacității biologice, s-au observat unele schimbări vizavi de staționarea patogenilor menționați în lista organismelor care pot pot fi reduse în acțiune. Ca exemplu, petele de clasterosporioză pe frunze au manifestat o descreștere semnificativă. Acest aspect denotă comportamentul plantelor ca o acțiune reieșind din mecanismul de apărare. Intensitatea petelor pe foliole s-a încadrat în valori infime, o exprimare rezultativă bună. Înregistrările pentru polistigmoză au indicat o eficacitate biologică de peste 80%. *Funecol* posedă acțiune de diminuare și asupra grupului de ciuperci care provoacă monilioza pe fructe (un tip de putregai moale cu pubescență haotică și/sau inelară). La intensitate au arătat valori destul de infime: 0,37 și 0,26, iar la eficacitate biologică s-a înregistrat valoarea de 89,55% [9, p. 556-562].

Plecând de la aceste tendințe și reieșind din planul anual de cercetare, în capitolul **Rezultate** urmează desfășurarea unor aspecte comparative la nivel economic cu referiri practice la utilizarea produselor biologice *Carbecol*, *Funecol* și a preparatului chimic clasic *Pencozeb*.

Material și metodă

Testarea produselor biologice *Carbecol* și *Funecol* s-a realizat în perioada anilor 2022-2023. În calitate de etalon, a fost utilizat preparatul chimic *Pencozeb*. Experiențele de câmp au fost stabilite în zona de centru, r-l Nisporeni, în plantația de prun a gospodăriilor țărănești: GȚ Zubcu Ion și GȚ Maria Ciorici. În calitate de suport metodologic au servit lucrările de specialitate [2, p. 44-51; 3, p 1-286].

Rezultate și discuții

(I) Pașii estimativi de urmărire a criteriilor ce denotă caracteristica acțiunii produsului asupra patogenului. Atât pentru preparatul chimic *Pencozeb*, cât și pentru produsele biologice, în urmărirea și stabilirea efectului lucrativ a acestora, la finele testărilor sunt trasate niște cerințe-caracteristici, în baza cărora se poate valida eficacitatea biologică așteptată. Aplicarea lor se practică în conexiune cu un martor, cu un etalon (care poate fi un pesticid clasic, în schema de aplicare a produsului biologic și invers), în 3 repetiții, din care se extrage o medie a abordării statistice. (i) Primul parametru de apreciere este *punctajul*, prin care se face o înscriere per sector a gradului de atac al patogenului stabilit în cercetare. Punctajul este format dintr-o scară de la 0 la 4 puncte (cu numere ordinare) sau prin valori procentuale de la 0 - 1% la depășire de 50%. (ii) Următorul parametru este *răspândirea*, altfel denumită *frecvența*. Acesta ne orientează spre a înțelege mai bine starea de extindere a fitopatogenului pe sectorul testat și analizat după numărul de organe afectate, raportat la numărul total de plante analizate. (iii) Parametrul *intensitatea atacului* arată repartitia bolii pe planta sau organul plantei controlate, la fel fiind exprimat în valoare procentuală. (iiii) Parametrul final urmărit este *eficacitatea biologică*. Prin aceasta se înțelege reducerea gradului de afecțiune a plantei față de un anumit patogen la aplicarea unui produs sau metodă biologică.

(II) Evaluarea economică în aspect comparativ. Este o opțiune a furnizării informației pentru elaborarea unei politici bugetare bazate pe proces, timp, volum, calitate, transparență, validitate, stabilind într-un final eficiența acțiunilor urmărite. Pentru stabilirea valorilor fiecărui produs folosit în combaterea bolilor specifice la cultura de prun în perioada sezonieră, accentuarea cheltuielilor și a venitului net, au fost definite structural aspectele economice în mod separat, în Tabelul 1.

Tabelul 1. Analiza economică a produselor biologice în comparație cu preparatul chimic Pencozeb

Denumirea produsului	Unitatea de masura	Pret, lei	Norma de consum a preparatului, kg/ha, l/ha	Consumul soluției de lucru, l/ha	Numărul de tratamente pe 1 an	Costul preparatului la 1 ha/lei	Productivitatea de prun la 1 ha/tona	Preț de realizare a prunelor, lei/kg	Valoarea producției, lei	Costul producției (preparatului pe 1 an) lei
Carbecol	kg	100	4	700	4	433,6	17,3	4	69200	1734,40
Funecol SL	litri	140	3	700	4	453,6	18	4	72000	1814,40
Pencozeb 75WG (etalon)	kg	255,6	2,5	700	4	672,6	17,6	4	70400	2690,40

Notă: Prețurile preparatelor indicate în tabel sunt selectate din Lista de prețuri a instituției Fertilitatea S.A. (cu referire la preparatul chimic *Pencozeb*) și a Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor (cu referire la produsele biologice *Carbecol* și *Funecol*).

Analizând varianta martor, se observă că din cauza patogenilor s-a pierdut 50% din recolta planificată. După venitul final obținut din vânzarea prunelor, pentru preparatele biologice sunt

definite valori care stimulează aplicarea fungicidelor bioecologice și pentru anii viitori. Rezultate bune sunt prezentate și de preparatul chimic Pencozeb. Productivitatea atingând 17,6 tone de prune la 1 ha, venitul de 70400 lei acoperă cheltuielile de 2690,4 lei. Analizând produsul biologic Funecol, se observă că s-a obținut cel mai mare venit – 72000 lei, sumă din care reiese că Funecol este cea mai rentabilă aplicare practică.

Tabelul 2. Valoarea procentuală a rentabilității

Denumirea produsului	Costul unitar, lei/tona	Profitul, lei	Profitul unitar, lei/tona	Rentabilitatea producției, %
Carbecol	100,25	67465,60	3899,75	3,89
Funecol SL	100,80	70185,60	3899,20	3,87
Pencozeb 75WG (etalon)	152,86	67709,60	3847,14	2,52

Cuantificarea valorii rentabilității exprimă raționalizarea organizatorică a cheltuielilor, etapelor de protecție, obținerea producției și totalizarea venitului final. Acest proces depinde de serviciul care este tranzacționat pe piață, de componenta valorii măsurată, în cazul dat fiind costul produselor aplicate, de argumentarea aplicabilității produselor, ca exemplu fiind diminuarea fitopatogenilor și planificarea obținerii unui volum de recoltă calitativă, ca o viitoare opțiune pentru acoperirea cheltuielilor avute. În corelație cu obținerea unei recolte, se ia în considerare și respectarea legității sistemului agricol ecologic, care prevede aplicarea produselor biologice inofensive pentru componentele mediului și care pot oferi o producție cu limită minimă de reziduuri. După indicele economic: profitul unitar lei/tonă, se observă că preparatul chimic Pencozeb atinge valori mai mici comparativ cu preparatele biologice, dar după alți indici se menține în liniarizare stabilă. În cazul cercetat și expus în lucrare, adăugător momentului economic de comparare între utilitatea preparatelor și a găsirii celei mai oportune aplicabilități, în evaluarea economică se mai include și proiectul de investiții, care se prezintă ca o etapă de: analiză-cost-beneficiu-risc în raport cu ecosistemul agricol și influențele naturale corelative.

Așadar, în condițiile Republicii Moldova, aplicarea produselor biologice *Carbecol* și *Funecol* ating valori prin care se poate determina, într-un oarecare mod, înlocuirea preparatului chimic în procesul agricol tehnologic. Astfel, domeniul biotehnologic devine complementar și accesibil pentru agricultorii autohtoni în ideea de a susține agricultura ecologică și a minimaliza poluarea componentelor de mediu.

Concluzii

1. Cercetările de studiu s-au realizat în zona de centru, r-l Nisporeni, în livezile de prun a 2 puncte: GȚ Zubcu Ion și GȚ Maria Ciorici. Pentru fiecare punct au fost stabilite sectoare separate marcate cu etichetă pentru fiecare component testat.

2. În perioada anilor 2022-2023, au fost realizate testări ale produselor biologice *Carbecol* și *Funecol* în comparație cu preparatul chimic Pencozeb. Ca rezultat, economic se observă că toate 3 produse au atins o productivitate a recoltei de prun peste 15 tone/ha.

3. Cel mai bun rezultat l-a demonstrat fungicidul biologic *Funecol* – roada obținută a atins valoarea de 18 tone/ha. Destul de eficient a fost și fungicidul *Carbecol* – 17,3 tone/ha. Comparativ cu preparatul chimic Pencozeb, produsele biologice nu sunt în scădere economică, ci din contra arată un tablou valoric de punct de referință pentru testări continue.

4. Preparatul chimic *Pencozeb*, chiar dacă atestă un preț de sinecost mai mare decât produsele biologice, oricum, prin roada obținută și suma venitului final, cheltuielile pot fi răscumpărate pe deplin.

5. Testările realizate indică niște premise de armonizare a principiilor economice și ecologice cu identificarea produsului eficient și a stabilirii procesului de evaluare a zonei economice a mediului, în care procesele ecologice prezintă un subiect de studiu al sistemului economic.

Bibliografie:

1. CRIVOI, L. Ce insecticide și metode de protecție împotriva bolilor și dăunătorilor pot fi aplicate în agricultura ecologică. In: *Agroeco*. 2019, 21 iun. [online] [accesat 01.02.2024]. Disponibil: <https://agrobiznes.md>.
2. GULII V., PAMUJAC N. Protecția integrată a plantelor. Chișinău: Univeristas, 1994, pp. 44-51.
3. LAZARI, I. *Îndrumări metodice pentru testarea produselor chimice și biologice de protecție a plantelor de dăunători, boli și buruieni în Republica Moldova*. Chișinău, 2002, pp. 1-286.
4. OLTEAN, I., APOSTOL, C.O., VARGA M., FLORIAN, T. Rezultate privind testarea eficacității biologice a produselor feromonale în combaterea moliei pielitei fructelor, *Adoxophyes reticulana* HBN. In: *Agrobuletin* (Timișoara). 2013, nr. 1 (15), mart.-mai, pp. 67-75.
5. POPA A., TODIRAȘ V., TRETIACOVA T., GUȘAN A., SAVRANSCHI, D. Studiu privind eficacitatea biologică a fungicidului Carbecol în prevenirea și combaterea făinării (*Uncinula necator*) la vița-de-vie. In: *Știința în nordul Republicii Moldova: realizări, problem, perspective*, ediția 6, 2022. Bălți, Republica Moldova, 20-21 mai, 2022, pp. 107-110.
6. ROTARU, V. Evaluarea impactului tratamentelor ecologice de protecție a plantelor asupra productivității fructelor de tomate. In: *Simpozionul Științific Internațional: Protecția plantelor – realizări și perspective*, Chișinău, 2-3 octombrie. 2023, nr. 58, pp. 484-489.
7. TODIRAȘ, V., TRETIACOVA, T. Preparate noi bioraționale pentru agricultura ecologică. In: *Simpozionul biotehnologii avansate în agricultură – realizări și perspective*, ediția III, Chișinău, Republica Moldova 24-25 octombrie, 2013, p. 133.
8. WILLER, H., LERNOUD, J. *The World of Organic Agriculture*. Statistics and Emerging Trends. FiBL, IFOAM. 2015, pp. 1-309.
9. ZUBCU, I., TODIRAȘ, V. Eficacitatea preparatelor Carbecol și Funecol în diminuarea afecțiunilor unor patogeni de natură micotică în plantația pomicolă de prun. In: *Simpozionul Științific Internațional: Protecția plantelor – realizări și perspective*, Chișinău, 2-3 octombrie, 2023, nr. 58, pp. 556-562.

CZU: 635.9+582.572.225(478)

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p321-327

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ *ALLIUM L.* В ОЗЕЛЕНЕНИИ

PROSPECTS FOR USING *ALLIUM L.* IN GREENING

Войняк Ина, др. биол. наук, ведущий науч. сотрудник, конференциар МГУ,
Национальный Ботанический сад (Институт) „Александру Чуботару”, Кишинев

Voineac Ina, dr. of biology, leading researcher, conferentiar Moldova State
University, "Alexandru Ciubotaru" National Botanical Garden (Institute), Kishinev

ORCID 0009-0007-6025-3199

E-mail: inna0566@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of studying the biological characteristics and adaptive abilities of species of the genus *Allium L.*, as representatives of the natural flora, in the conditions of the National Botanical Garden (Institute) "Alexandru Ciubotaru". The phenological phases, morphological indicators, belonging to a certain group in relation to the lifeform, decorativeness and duration of flowering, methods of reproduction of the studied *Allium L.* species in our conditions were determined. Based on the research results, their characteristics were identified that are promising for use in landscaping.

Keywords: *Allium*, adaptive ability, bioecological features, distribution, promising species, flowering dynamics.

Rezumat. Lucrarea prezintă rezultatele studierii caracteristicilor biologice și abilităților adaptive ale speciilor din genul *Allium L.* ca reprezentanți ai florei spontane în arealul Grădinii Botanice Naționale (Institut) „Alexadru Ciubotaru”. Au fost determinate fazele fenologice, indicatorii morfologici, apartenența la un anumit grup în raport cu forma de viață, decorativitatea și durata înfloririi, metodele de reproducere a speciilor *Allium L.* studiate în condițiile de la noi. Pe baza rezultatelor cercetării, au fost obținute caracteristicile acestora și au fost identificate specii de *Allium L.* care sunt promițătoare pentru utilizarea în amenajările peisagistice.

Введение

В Национальном Ботаническом саду (Институте) «Александра Чуботару» Государственного Университета Молдовы собраны и изучаются обширные коллекции декоративных растений. Одним из представителей природной флоры являются виды семейства луковые (*Alliaceae J. Agarh —Alliaceae*). Среди большого разнообразия растений природной флоры большой интерес представляют виды рода *Allium L.*, яркие представители целого комплекса полезных свойств – лекарственных, пищевых, медоносных, витаминных и декоративных. Луки в разные времена использовали как пищевые и лекарственные растения, их применяли при лечении ран, проказы, кишечных заболеваний, как противоядие при различных отравлениях. Многовековой опыт свидетельствует о несомненной их пользе, кроме того, многие виды заслуживают внимания и как декоративные растения [1, 5]. Различные виды *Allium L.* были интродуцированы в Молдову из коллекций Ботанических садов Украины, России, Беларуси, Румынии, Германии, Венгрии еще в 70-х- 90-х годах прошлого столетия. На данный момент, в коллекции насчитывается 25 видов луков, детальное изучение которых было возобновлено с 2011 года. В 2020-2021 гг., по делектусу из Австрии, Германии, Венгрии, Польши, Росси, стран Балтии было получено и посеяно 20 новых видов луков декоративных,

которые дополнили нашу коллекцию. Способность приспосабливаться к новым климатическим условиям позволяет большинство из них вводить в практику озеленения. Целью наших исследований являлось изучение адаптивных и биоэкологических особенностей видов луков декоративных и определение направления их использования в озеленении.

Материал и методы исследований

Объектами исследований послужили 10 видов *Allium L.* из коллекции декоративных луковичных растений. Исследования проводились на опытном участке лаборатории декоративных растений, с применением методик: Черемушкиной (2004), Павловой (2010), методики фенологических наблюдений в Ботанических садах (1979).

Результаты и обсуждения

Род *Allium L.* (семейство-*Alliaceae*) – один из крупнейших родов подкласса *Liliidae*, класса однодольных. По литературным данным, род объединяет 750-800 видов [8, 9], распространенных в Северном полушарии [7]. В России встречается около 200 видов, в Молдове около 15 видов, 6 из которых занесены в *Красную книгу* [4, 5]. Название рода происходит от древнего кельтского слова *all*, что означает «жгучий». Первые изображения лука относятся к 2700-3200 гг. до нашей эры. Упоминания о популярности лука встречаются в Римской империи, Древнем Египте, Древней Греции. Все луки отличаются высоким содержанием витамина С. В их листьях содержатся каротин, витамины В1, В2, РР. Они известны и как лекарственные растения, в современной медицине используют более 10 препаратов, изготовленных из различных видов лука [1].

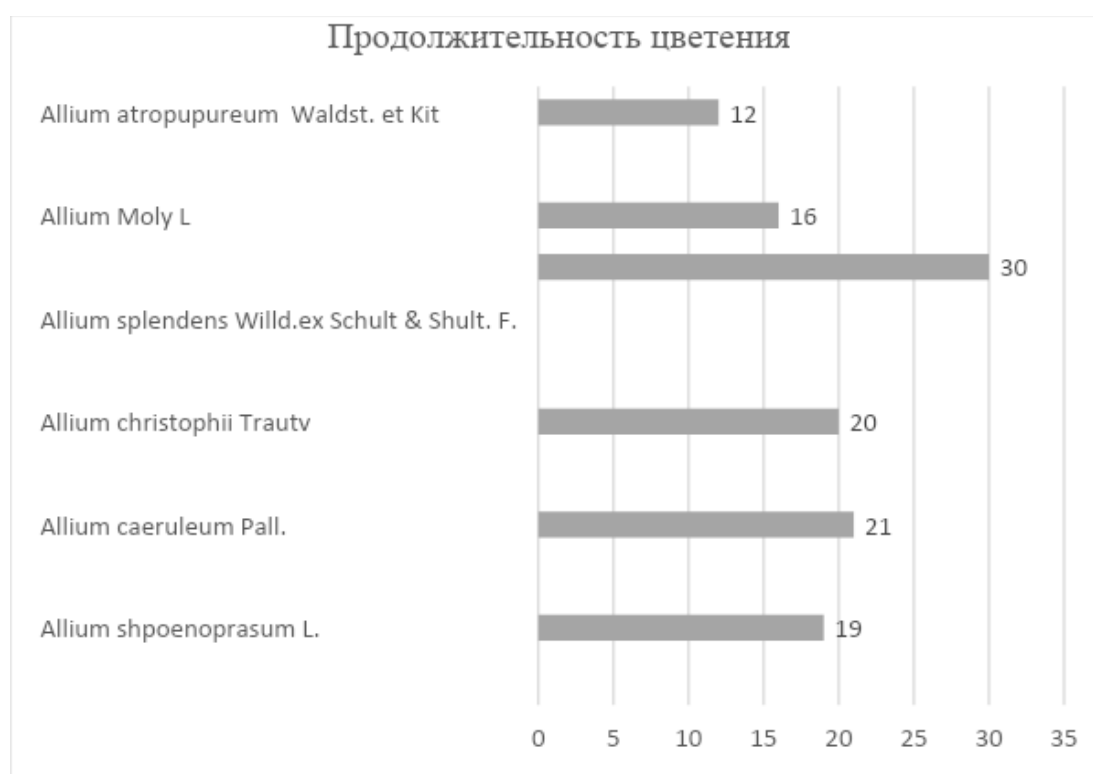
Лук – многолетнее травянистое луковичное или корневищное растение. Для видов рода *Allium L.* характерно формирование метаморфозных побегов: луковички, корневища и столоны [7]. Луковички яйцевидные или шарообразные различного диаметра до 12-18 см. Корневище у большинства видов компактное, короткое, выполняющее функцию запаса питательных веществ. Стебли крупные – от 20-30 см и до 1,8 м высотой. Листья прикорневые, сочные, трубчатые, со специфическим ароматом, длиной до 50 см, обладают фитонцидными свойствами. Побег возобновления заканчивается соцветием. Цветки белые, розовые, пурпурные, желтые, лиловые, фиолетовые собраны в зонтиковидное соцветие разнообразной формы: шаровидное, полушаровидное, пучковое и др. Семена с эндоспермом, который занимает почти весь объём семени и со всех сторон окружает зародыш [3, 6, 7].

Растут луки на открытых солнечных местах с умеренным увлажнением. Разнообразие условий обитания луков способствовало выработке у них особых механизмов, позволяющих адаптироваться к современным условиям существования и создать устойчивые ценопопуляции. Экологические условия обитания луков разнообразны. Их отношение к таким факторам среды, как тепло обеспеченность, освещенность и характер субстрата, неоднозначно. По нашим наблюдениям, луки неприхотливы, не требуют особого ухода. Однако для успешного их культивирования необходимо учитывать биологические особенности растений и условия произрастания в природе. Они предпочитают солнечные места, но выносят и полутень, а некоторые растут даже в тени. К почвам не требовательны, но не переносят застоя воды, так как могут загнить луковички. Большинство луков засухоустойчивы и холодостойки. Основной способ размножения луков – вегетативный (делением лукович, луковичками детками, делением куста-корневища, воздушными

луковичками). Также лук размножается и генеративно, но это процесс более длительный, так как сеянцы зацветают на 3-4 год.

Большинство декоративных луков цветет в мае-июле, но существуют и осенне цветущие разновидности. Цветение некоторых видов может продолжаться довольно долго. Продолжительность цветения – важный фактор при оценке декоративности и определении направления использования. В процессе наблюдений за сезонным развитием луков, проводились фенологические наблюдения. Отмечали следующие фенофазы: начало отрастания; появление бутонов; начало цветения; массовое цветение или полное цветение; окончание цветения; созревание плодов; полное созревание семян; конец вегетации; фаза относительного покоя. На Рис. 1, представлены результаты динамики цветения некоторых видов луков.

Рис. 1. Динамика цветения некоторых видов *Allium* L. (дней)



Из которых видно, что наиболее продолжительное цветение, в наших условиях, наблюдается у *Allium splendens* Willd.ex Shult – 30 и более дней, меньше всех цветет *Allium atropurpureum* Waldst.et Kit – 12-14 дней, у всех остальных видов продолжительность цветения примерно одинаковая, от 16 до 25 дней.

По результатам фенологических наблюдений, был составлен спектр, изучаемых видов луков декоративных. По нашим данным, со второй декады февраля начинают вегетировать *Allium caeruleum* Pall и *Allium atropurpureum* Waldst. et Kit. Позже всех наблюдаются всходы у *Allium Moly* L., который растет и развивается до фазы цветения всего 3 недели, 2 недели цветет и через 10-15 дней после окончания цветения вызревают семена, а полный цикл от всходов и до вызревания семян протекает в среднем за 74,5 дней. Затем наступает период покоя до наступления вегетативной фазы в следующем году. *Allium atropurpureum* Waldst. et Kit всходит во второй половине февраля-начале марта, 59 дней уходит на закладку бутонов, 12 дней длится цветение и через 20 дней после окончания цветения созревают семена, затем у лука наступает

длительный период покоя. А полный цикл роста и развития от всходов до полного созревания семян – 120 дней. По сравнению другими видами луков у этих видов наиболее короткие периоды вегетации, т.к. они относятся к эфемероидам, которые после окончания цветения заканчивают свою вегетацию. Исключение составляет *Allium caeruleum* Pall, у которого довольно короткий период покоя всего 1 месяц, по окончании его, снова наблюдается рост листьев еще до наступления устойчивых заморозков. По сравнению с другими видами, самое непродолжительное цветение, на основании данных, приведенных в Таблице 1, наблюдается у *Allium atropurpureum* Waldst. et Kit, всего 12-14 дней. А самый не продолжительный период бутонизации – у *Allium shoenoprasum* L. и у *Allium Moly* L.

Декоративные виды луков выращиваются в садах и парках Европы уже более 300 лет. [3, 6]. И в последнее время в Европе возрос интерес к лукам декоративным как к срезочной и ландшафтной культуре. Выдвинута даже дизайнерская концепция «лукового сада» (*Allium garden*) где луки играют основную роль в композиции. В нашей стране луки декоративные не были особенно популярны, но в связи с изменениями тенденций в озеленении, в последнее время стали представлять интерес как культура представитель природной флоры. Разнообразие условий обитания луков способствовало выработке у их особей механизмов, позволяющих адаптироваться к современным условиям существования и создавать устойчивые ценопопуляции. Их способность приспосабливаться к различным стрессовым условиям климата, позволяет большинство видов вводить в практику озеленения. В результате наших исследований были отобраны наиболее декоративные виды *Allium* L., перспективные для использования в озеленении, краткая характеристика которых представлена в Таблице 1.

Таблица 1. Краткая характеристика различных видов *Allium* L.

Название вида	Время цветения	Продолжительность цветения (дней)	Окраска соцветия	Диаметр соцветия (см)	Высота цветоносного побега (см)
<i>Allium giganteum</i> Regel	IV-V	22±3	Сиреневая	7-12	100-120
<i>Allium aflatunense</i> B.Tedtsch	V-VI	20±2	Светло-фиолетовая	8-12	80-100
<i>Allium spledens</i> L.	VI-VIII	30±4	Бледно-розовая	5-6	45-60
<i>Allium Schoenoprasum</i> L.	V-VI	19±3	Розовая, лилово-розовая	3	35-50
<i>Allium chistophii</i> Trautv.	V-VI	20±4	Фиолетовая	7-23	50-60
<i>Allium moly</i> L.	VI	21±5	Ярко-желтая	3-4	20-30
<i>Allium sphaerocephalon</i> L.	VI-VII	18±5	Пурпурная	3-4	70-80
<i>Allium atropurpureum</i> Waldst. Et Kit	V-VI	19±3	Темно-пурпурная	4-6	70-80
<i>Allium caeruleum</i> Pall	VI	21±5	Сине-голубая	4-6	70-80
<i>Allium odorum</i> L.	VIII-IX	35±3	белая	4-5	30-60

Использование представителей рода *Allium* L. в озеленении садов и парков, ландшафтном дизайне может быть самым разнообразным. Например: высокие луки, такие как *A. giganteum* Regel, *A. aflatunense* B. Tedsch, *A. caeruleum* Pall, *Allium chistophii* Trautv. и др., рекомендуется высаживать в миксбордер вблизи кустарников в сочетании с другими многолетниками (Фото 1) или отдельными группами на открытом газоне. Невысокие и низкие луки, как например *Allium moly* L. (Фото 2) можно применять для создания рабаток, в одиночных посадках, на каменистых горках, для создания ковриков.



Фото 1. *Allium chistophii* Trautv. в миксбордере



Фото 2. *Allium moly* L.

Allium moly L. подходит для высаживания на передний план в групповых композициях и очень хорошо смотрится на альпийских горках. Благодаря своей неприхотливости многие декоративные луки с успехом выращивают на дачах и приусадебных участках, в клумбах различного назначения, комбинированных цветниках (Фото 3), в альпийских горках и рокариях.



Фото 3. *Allium shoenoпрasum* L. в комбинированном цветнике

На Фото 3, *Allium shoenoпрasum* L. представлен в композиции с *Nepeta transcaucasica* Grossch., *Sedum spectabile*, *Mentha x piperita* L. Но и куртинки *Allium shoenoпрasum* L. прекрасно смотрятся и как солитер (Фото 4).



Фото 4. Куртина *Allium shoenoпрasum* L.

Луковичные луки обычно высаживаются между другими растениями, которые прикрывают их засохшие листья после окончания вегетации. Посадка луков на разную глубину позволит

продлить период цветения. Крепкие цветоносы луков переносят непогоду, не ломаются. Хороши они и в качестве срезочных растений, так как соцветия в срезе стоят более трех недель, в течение которых распускаются все бутоны в соцветиях. Яркие соцветия можно засушить, при этом они сохраняют естественную окраску и вполне пригодны для зимних композиций и букетов. В последние годы в моду входят аллярии – цветники, составленные, главным образом из разных видов луков. Такие композиции могут оставаться декоративными, на протяжении всего периода вегетации луков, при правильном их подборе и размещении. Многие виды луков корневищных не теряют своей привлекательности и после цветения, благодаря долго вегетирующим листьям.

Выводы:

1. Луки декоративные – культура, не требующая особого ухода, однако для успешного их культивирования необходимо учитывать биологические особенности растений и условия произрастания в природе.
2. Большинство видов луков засухоустойчивы и холодостойки. Они предпочитают солнечные места, но выносят и полутень, а некоторые растут даже в тени.
3. Из изучаемых нами луков, 7 видов являются луковичными (*Allium giganteum* Regel, *Allium aflatunense* B.Tedtsch, *Allium chistophii* Trautv., *Allium moly* L., *Allium sphaerocephalon* L., *Allium atropurpureum* Waldst. Et Kit, *Allium caeruleum* Pall) и 3 корневищно-луковичные (*Allium spledens* L., *Allium Schoenoprasum* L., *Allium odorum* L.).
4. По результатам изучения динамики цветения различных видов *Allium* L., мы пришли к выводу, что у корневищно-луковичных видов цветение более продолжительное, по сравнению с луковичными.
5. Все, выращенные нами виды луков в условиях Национального Ботанического сада (Института) «Александру Чуботару», проходят полный цикл развития, цветут и размножаются, что характеризует их устойчивость в культуре.
6. Такие виды как *Allium giganteum* Regel, *Allium aflatunense* B.Tedtsch, *Allium chistophii* Trautv., *Allium moly* L., *Allium sphaerocephalon* L., *Allium atropurpureum* Waldst. Et Kit, *Allium caeruleum* Pall, *Allium spledens* L., *Allium Schoenoprasum* L., *Allium odorum* L. перспективны для выращивания в декоративных цветниках, для групповых посадок на газонах, рабаток, альпинариев и рокариев, на срез.

Библиография:

1. ВОРОНЦОВА, В.В., ЕВСЮКОВА Т.В. *Луковичные цветы*. Москва, 2002. 176 с. ISBN 5-93457-043-09.
2. КОКОРЕВА, В. Цветущий лук среди камней. In: *Флора*. 1998, № 3, с. 24-28.
3. *Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР*. ГБС АН ССР, 1979. Выпуск 113, с. 3-8.
4. NEGRU, A. *Determinator de plante din flora Republicii Moldova*. Chişinău, 2007. 391 p. ISBN 978-9975-47-007-0.
5. ПАВЛОВА, М.А. *Декоративные луки для использования в ландшафтном дизайне: рекомендации*. Под общ. ред. А.З. Глухова. – Донецк: Б.и., 2010. 16 с. УДК: 635.93:712.4.
6. СОРОКОЛЕТОВА, Е., СОРОКОПУДОВА, О. Декоративные луки. In: *Цветоводство*. 2009, № 3, с. 12-14.
7. ЧЕРЕМУШКИНА, В.А. *Биология луков*. Новосибирск, 2004. 245 с. ISBN 5-02-032094.
8. HANELT P., FRITSCH R. Notes on some infragenetic taxa in *Allium* L. In: *Kew Bulletin*. 1994. № 3, pp. 559-564.
9. STEARN W.T. How many species of *Allium* are known? In: *The Kew bot. magazine*. 1992. Vol. 9, pt. 4, pp. 180-182.

CZU: 582.66:58.006

DOI: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024.p328-333

**КОЛЛЕКЦИЯ РОДА *RHIPSALIS* GARHT В НАЦИОНАЛЬНОМ
БОТАНИЧЕСКОМ САДУ им. "А.А. ЧУБОТАРУ" В СВЕТЕ ПОДРОДОВОЙ
КЛАССИФИКАЦИИ А. КАЛЬВЕНТЕ**

**COLLECTION OF THE GENUS *RHIPSALIS* GARHT IN THE NATIONAL BOTANICAL
GARDEN IN THE LIGHT OF SUBGENERIC CLASSIFICATION A. CALVENTE**

Тодираш Наталья, dr., cercet. coord.,
Grădina Botanică Națională (Institut), USM
Поляков Антон, cercet. stagiar
Grădina Botanică Națională (Institut), USM

Todiras Natalia, PhD, leading researcher
National Botanical Garden (Institute), Moldova State University
ORCID: 0009-0003-6968-5546
E-mail: nataliatodiras57@gmail.com
Polyakov Anton, junior researcher
National Botanical Garden (Institute), Moldova State University
ORCID: 0009-0003-6166-1013
E-mail: anton.plkv@gmail.com

Abstract. In the presented article, the genus *Rhipsalis* Gaertn of the *Cactaceae* family was characterized based on the classification proposed by A. Calvente (2011) and the divisions into sections of the subgenus *Rhipsalis* represented by Backeberg. (1979). The dynamics of development of the collection of the genus *Rhipsalis* in the National Botanical Garden named after. F Chubotaru. The results of the systematization, revision and identification of collection species were presented.

Keywords: *Cactaceae*, genus *Rhipsalis*, introduction, classification, identification, subgen.

Rezumat. În articol sunt examinate caracteristicile genului *Rhipsalis* Gaertn din familia *Cactaceae* în lumina clasificării propuse de A. Calvente (2011) și divizarea în secțiuni a subgenului *Rhipsalis* prezentată de Backeberg. (1979). Sunt prezentate rezultatele sistematizării, revizuirii și identificării speciilor din colecție.

Cuvinte-cheie: *Cactaceae*, genul *Rhipsalis*, introducere, clasificare, identificare, subgen.

Введение

Род *Rhipsalis* Gaertn. насчитывает до 67 видов эпифитных кустарничков, отличающихся многообразной формой побегов – листовидной, цилиндрической либо ребристой. Стебли сильно разветвленные до 1 м длинны с воздушными корнями. Листья редуцированы до мелких чешуек. Ареолы маленькие, без колючек, с мягкими щетинками. Цветки одиночные, реже собранные по несколько. Украшением рипсалисов нередко являются плоды – маленькие сочные ягоды различной окраски от белых, зеленоватых до темно красных (Бакеберг, с. 387). Ранее считалось, что ареал распространения видов рода – это влажные тропические области Центральной и Южной Америки и лишь один вид встречается в Африке и на Шри Ланке – *Rhipsalis cassutha* Gaertn. В настоящее время уже обнаружены 5 видов встречаются на острове

Мадагаскар и тропических областях африканского континента. Это *Rhipsalis coralloides* Rauh, *Rhipsalis horrida* Bak., *Rhipsalis erythrocarpa* K. Schum., *Rhipsalis madagascariensis* Web., *Rhipsalis prizmatica* (Lem.) Ruml. [1, с. 389-393]. *Rhipsalis mauritania* (DC) Barthlott [6]. Абсолютное большинство видов рода являются эпифитами и литофитами. Произрастают в полустенных глубоких каньонах и расщелинах скал на высоте 3000-3500м над уровнем моря, поселяясь на отвесных склонах, цепляясь за выступы камней и ветви деревьев [3, с. 68]. В связи с малой изученностью представителей рода виды рипсалиса трудно идентифицировать, а подродовая классификация остается спорной.

С 1837 года по 1995, для рода *Rhipsalis* было разработано 8 классификаций. Первая была предложена еще Альфонсом де Кандолем в 1828 году. Далее свои классификации рода предлагали Pfeiffer 1837, Salm-dyck 1850, Schumann 1899, Britton & Rose 1923, Buxbaum 1970, Barthlott 1987, Hant 2006. Близкие роду *Rhipsalis* рода *Hatiora* Br.&Rose, *Lepismium* Pfeiff., *Erythrorhipsalis* Berg. и *Pseudorhipsalis* Br.&Rose в разных классификациях то объединялись в одну систематическую единицу в разных вариациях, то объявлялись отдельными родами. И виды *Rhipsalis*, причисленных к этому роду ранее (Бакеберг, pp. 199-200) в последствии были отнесены к другим близкородственным родам. Так *Rhipsalis ramulosa* (SD.) Pfeiff. и близкий к нему *Rhipsalis purpusii* Wgt. был переведены в род *Pseudorhipsalis* именно благодаря исследованиям генома этих видов (6). Последнюю классификацию рода предложила А. Calvente в 2010 году. А. Calvente использовала молекулярно-филогенетическую информацию для переоценки прежних подродовых классификаций. Филогенетические исследования подтверждают отделение рода *Rhipsalis* от рода *Lepismium*, но часть классических [1, pp. 199-200] представителей рода *Lepismium* с прутьевидными побегами по результатам исследования отнесены к роду *Rhipsalis* подроду *Calamorhipsalis* (Calvente, p. 985) А классические *Rhipsalis houlettiana* Lem., *Rhipsalis warmingiana* K.Sch. переведены в род *Lepismium* [5, pp. 55-57]. Согласно исследованиям Calvente, в род *Rhipsalis* в виде подрода вошли и представители классического рода *Erythrorhipsalis*, к которому кроме *Erythrorhipsalis pilocarpa* (Lofgr.) Berg. были отнесены еще 8 видов. Из наиболее распространенных *Rhipsalis burchellii* Britton & Rose, *Rhipsalis campos - portoana* Loefgr. *Rhipsalis cereuscula* Haw., *Rhipsalis ormindoi* N.P. Taylor & Zappi [4, p. 985]. Таким образом А. Calvente в род *Rhipsalis* включила три монофилетических подрода: *Rhipsalis*, *Calamorhipsalis*, *Erythrorhipsalis*. Подродовая классификация основанная на филогенетике согласуется с особенностями строения цветка и его расположением на побеге. Так подрод *Rhipsalis* характеризуется околоплодником расположенным на поверхности стебля и открытыми боковыми цветками. По видовому составу это самый крупный подрод. Calvente относит к нему 25 видов.

Подрод *Erythrorhipsalis* отличается поверхностным околоплодником и свисающими колокольчатыми цветками. По Calvente это подрод включает 9 видов.

Подрод *Calamorhipsalis* отличается от двух предыдущих околоплодником погруженным в ареолу. К этому подроду было отнесено 8 видов, прежде относящихся к роду *Lepismium*.

Подрод *Rhipsalis* не только самый многочисленный по видовому составу, но и самый разнообразный по морфологическим признакам побегов. И самую простую классификацию по этим признакам предложил Бакеберг (1, p. 387), выделив 4 секции:

1) *Rhipsalis*: Побег прутьевидный, иногда покрыт щитинками в молодом возрасте, далее оголенный, диаметр может варьировать от сильного до очень тонкого, первичный побег может иметь борозды или не выраженные ребра.

2) *Ophiorhipsalis* K.Sch.: Побег прутьевидный покрыт щитинками, которые с возрастом могут редеть, но сохраняются в течении всей жизни побега.

3) *Goniorhipsalis* K.Sch.: Побег с более или менее выраженной ребристостью, иногда частично сплюснутые.

4) *Phyllorhipsalis* K.Sch.: Побег листовидные, они могут быть и черешковыми, лишь некоторые с трехгранными первичными.

Объединив подродовую классификацию Кальвенте с классификацией подрода *Rhipsalis* Бакеберга [2, р. 387], мы получили распределение видов рода и по под родам и по секциям. Полученные данные представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Распределение по под родам и секциям видов рода *Rhipsalis* по классификации Бакеберга с учетом данных молекулярно-филогенетических исследований Кальвенте

Род		подрод	sec	Кол видов
<i>Rhipsalis</i>	1	<i>Rhipsalis</i>	<i>Rhipsalis</i>	17
			<i>Ophirhipsalis</i>	9
			<i>Goniorhipsalis</i>	7
			<i>Phyllorhipsalis</i>	18
	2	<i>Erithorhipsalis</i>		9
	5	<i>Calamorhipsalis</i>		7
Итого				67

Материалы и методы

Целью наших исследований было на основе принятой нами классификации представителей рода *Rhipsalis* провести инвентаризацию и идентификацию имеющихся в коллекции видов рода. Коллекция представителей рода *Rhipsalis* в Национальном Ботаническом саду насчитывает в данный момент согласно последней инвентаризации 32 вида. Сбор коллекции был начат с конца 60 х годов прошлого века. К 1970 году коллекция насчитывала 7 видов. К 80 му году она достигла 14 видов [2, р. 71], а к 1990 году уже 38.

Собиралась коллекция из разных источников. Основными были: 1) получение семян и живого материала из других ботанических садов как Советского Союза, так и всего мира, 2) обмен с кактусоводами-любителями. И в первом и во втором случае не исключались ошибки в определении того или иного таксона. Кроме того, в связи с малой изученностью рода и большого количества близкородственных родов отдельные виды рипсалисов как отмечалось ранее часто переводили в другие близкородственные рода и наоборот. Ошибки в определении таксонов накапливались. Кроме того, многочисленные в течении последних 30 лет перемещения коллекции способствовало путанице в определении видов. Поэтому требовалось проведение тщательной ревизии и систематизации имеющихся таксонов данного рода с целью уточнения правильности их названий и принадлежности к роду *Rhipsalis*. Это и стало целью наших исследований. Для систематической обработки нашей коллекции рода рипсалис мы остановились на одной из последних классификации рода основанной на филогенетических исследованиях А. Calvente (2011) и подразделение подрода *Rhipsalis* на секции предложенное Бакебергом (1979).

Результаты и дискуссии

В результате проведенной ревизии и индентификации имеющихся в коллекции видов, были выбракованы как несоответствующие описанию и группе 2 вида *Rhipsalis* (*R.heptagona* Rauch & Backbgr., *R. cereuscula* Haw.), числившейся как *Ripsalis cribrata* был определен как *Rh virgata*. А *Rh penduliflora* был определен как *Rh.floccosa* Salm- Dyck & Pfeiff. ssp. *Floccosa*.

Числившийся *Rh.virgata* был определен как *Rh.baccifera* ssp *mauritiana* (DC) Barthlott. К роду *Ripsalis* подроду *Calamorhipsalis* в соответствии с классификацией А. Calvente [4, p. 985] были отнесены 7 видов *Lepismium* с прутьевидными побегами: *Rhipsalis dissimilis* (G.Lindb.) K.Schum., *Rhipsalis neves-armondii* K.Schum, *Rhipsalis paradoxa* (Salm-Dyck ex Pfeiff.) Salm-Dyck, *Rhipsalis puneciodiscus* G Lindb, *Rhipsalis floccosa* Salm- Dyck & Pfeiff. , *Rhipsalis floccosa* Salm- Dyck & Pfeiff.v. *floccosa*, *Rhipsalis floccosa* Salm- Dyck & Pfeiff.subsp.*tucumanensis* (F.A.C. Weber) Barthlott & N.P.Taylor. В свою очередь, 2 вида *Rhipsalis* были переведены в род *Lepismium*. Это *Rhipsalis houlettiana* Lem., *Rhipsalis warmingiana* K.Sch. К подроду *Erithorhipsalis* кроме классического *Rhipsalis pilocarpa* Loefgr. было отнесены 2 вида: *Rhipsalis ormindoi* N.P. Taylor & Zappi *Rhipsalis campos-portoana* Lofgr. Конечный результат проведенных исследований отражен в Таблице 2.

Таблица 2. Коллекции представителей рода *Rhipsalis* Национального Ботанического Сада им. А. Чуботару в свете классификации А. Calvente и С. Backeberg

	subgenul	секция	вид	
род <i>Rhipsalis</i>	подрод <i>Rhipsalis</i>	<i>Rhipsalis</i>	<i>Rhipsalis</i>	<i>capilliformis</i> Web.
			<i>Rhipsalis</i>	<i>baccifera</i> (J.S.Mueller) Stearn
			<i>Rhipsalis</i>	<i>baccifera</i> (J.S.Mueller) Stearn subsp. <i>mauritiana</i> (DC) Barthlott
			<i>Rhipsalis</i>	<i>cassutha</i> Garth.
			<i>Rhipsalis</i>	<i>cassutopsis</i> Bakbg.
			<i>Rhipsalis</i>	<i>conferta</i> Salm-Dyck
			<i>Rhipsalis</i>	<i>heteroclada</i> Br. & Rose
			<i>Rhipsalis</i>	<i>prismatica</i> Ruml.
			<i>Rhipsalis</i>	<i>shaferi</i> Britt. et Rose
			<i>Rhipsalis</i>	<i>teres</i> Stend.
			<i>Rhipsalis</i>	<i>virgata</i> Web.
	<i>Ophiorhipsalis</i>		<i>Rhipsalis</i>	<i>horida</i> Bak.
			<i>Rhipsalis</i>	<i>fasciculata</i> (Willd.) Haw.
			<i>Rhipsalis</i>	<i>pilosa</i> F.A.C.Weber & K.Schum
			<i>Rhipsalis</i>	<i>lumbricoides</i> (Lem.) Barthlott
	<i>Goniorhipsalis</i>		<i>Rhipsalis</i>	<i>micrantha</i> (Kunth) DC.
			<i>Rhipsalis</i>	<i>micrantha</i> DC.ssp <i>rauheorum</i>

		<i>Rhipsalis</i>	<i>mesembryanthemoides</i> Haw.
		<i>Rhipsalis</i>	<i>micrantha</i> DC.ssp <i>kirbergii</i>
		<i>Rhipsalis</i>	<i>tondusii</i> Web.
		<i>Rhipsalis</i>	<i>trigona</i> Pfeiff.
	<i>Phyllorhypsalis</i>	<i>Rhipsalis</i>	<i>crispomarginata</i> Loefgr.
		<i>Rhipsalis</i>	<i>goebelliana</i> Backbg.
		<i>Rhipsalis</i>	<i>pachyptera</i> Pfeiff.
		<i>Rhipsalis</i>	<i>rhombea</i> Pfeiff.
	Подрод <i>Erythorhypsalis</i>	<i>Rhipsalis</i>	<i>pilocarpa</i> Loefgr.
		<i>Rhipsalis</i>	<i>ormindoi</i> N.P.Taylor & Zappi
		<i>Rhipsalis</i>	<i>campos-portoana</i> Lofgr.
	Подрод <i>Calamorhypsalis</i>	<i>Rhipsalis</i>	<i>dissimilis</i> (G.Lindb.) K.Schum.
		<i>Rhipsalis</i>	<i>neves-armondii</i> K.Schum
		<i>Rhipsalis</i>	<i>puneciodiscus</i> G.Lindb
		<i>Rhipsalis</i>	<i>paradoxa</i> (Salm-Dyck ex Pfeiff.) Salm-Dyck
		<i>Rhipsalis</i>	<i>floccosa</i> Salm-Dyck & Pfeiff.
		<i>Rhipsalis</i>	<i>floccosa</i> Salm-Dyck & Pfeiff.v. <i>floccosa</i>
		<i>Rhipsalis</i>	<i>floccosa</i> Salm-Dyck & Pfeiff.subsp. <i>tucumanenis</i> (F.A.C. Weber) Barthlott & N.P. Taylor

Выводы

В результате проведенной ревизии и индентификации имеющихся в коллекции видов, были выбракованы как несоответствующие описанию и группе 2 вида *Rhipsalis* (*R. heptagona* Rauch & Backbgr. и *Rh cereuscula* Haw.). Имеющийся в коллекции *Rhipsalis penduliflora* N.E. Brown также не соответствовал описанию, но был определен как *Rh. floccosa* Salm-Dyck & Pfeiff. ssp. *floccosa*. *Rhipsalis ramulosa* (SD.) Pfeiff. и близкий к нему *Rhipsalis purpusii* Wgt. были переведены в род *Pseudorhypsalis*. Виды ранее относящиеся к роду *Lepizmium* с прутьевидными побегами по результатам исследования отнесены к роду *Rhipsalis* подроду *Calamorhypsalis*. Это бывшие *Lepizmium dissimilis*, *Lepizmium neves-armondii*, *Lepizmium puneciodiscus*, *Lepizmium paradoxa*, *Lepizmium tucumanenis*. *Rhipsalis houletiana* Lem., *Rhipsalis warmingiana* K.Sch. переведены в род *Lepizmium*. Так результат систематизации коллекции рода показал, что в настоящее время коллекция рода *Rhipsalis* в Национальном Ботаническом

саду насчитывает 35 видов. Из них 25 видов относятся к подроду *Rhipsalis*, 3 вида к подроду *Erythorhipsalis* и 7 видов к подроду *Calamorhipsalis*.

Библиография:

1. ВАСКЕБЕРГ, С. *Rhipsalis* Gartn. In: *Das Kakteenlexikon* (Jena). 1979, s. 387-395.
2. ДВОРЯНИНОВА, К.Ф., ШЕСТАК, В.И. *Rhipsalis* Gaerth. In: *Тропические и субтропические растения в оранжереях Ботанического сада АН МССР*. Кишинев: «Штиинца», 1985, с. 71-72.
3. УДАЛОВА, Р.А., ВЬЮГИНА, Н.Г. Род Рипсалис *Rhihsalis* Gaerth. In: *В мире кактусов*. М.: Наука, 1983, с. 68-70.
4. CALVENTE, Alice. A New Subgeneric Classification of *Rhipsalis* (Cactoideae, Cactaceae). In: *Systematic Botany*. 2012, vol. 37 (4), pp. 983-988 [online]. Disponibil: DOI 10.1600/ 036364412X6564553.
5. BARTHLOTT, W., TAYLOR, N.P. Notes towards a Monograph of *Rhipsolideae* (Cactaceae). *Bradleya*, 1995, (13), pp. 43-79 [online]. Disponibil: doi org / 10 25223/brad.n13.1995.a7.
6. *Pseudorhipsalis* *The plant List (2013) Version 1.1.* [online]. Disponibil: /www.theplantlist.org.
7. *Rhipsalis mauritania* [online]. Disponibil: [http://cactuspedia.llife.com/cactus and succulens/ Family cactaceae](http://cactuspedia.llife.com/cactus%20and%20succulens/Family%20cactaceae).

**Centrul Editorial-Poligrafic al Universității Pedagogice de Stat „Ion Creangă”
din Chișinău, str. Ion Creangă nr. 1, MD-2069**