

CZU: 582.232:631.53.01

[https://doi.org/10.59295/sum1\(171\)2023\\_18](https://doi.org/10.59295/sum1(171)2023_18)

## PERSPECTIVA UTILIZĂRII ALGELOR ÎN TRATAREA SEMINTELOR DE PLANTE

*Sergiu DOBROJAN, Gheorghe JIGĂU, Galina DOBROJAN*

*Universitatea de Stat din Moldova*

*Cristin MELNIC*

*GT „Melnic Cristin”*

*Tatiana CIOLACU*

*Institutul de Ecologie și Geografie*

*Eugeniu CIOBANU*

*Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă”*

Algele prezintă o sursă naturală de substanțe biologice active, eficiente, sigure și relativ ieftine, care stimulează procesul de germinare a semințelor diferitor plante. Conținutul de biostimulatori ai germinării semințelor variază în funcție de poziția taxonomică a algelor, starea culturilor și specificul cultivării acestora. Tratarea semințelor diferitor plante cu biomasa algală, sau cu extracte obținute din aceasta, are ca efect atât stimularea germinării semințelor, cât și îmbunătățirea stării fiziologice a plantelor, creșterea rezistenței acestora la factorii de mediu, majorarea cantitativă și îmbunătățirea calității recoltelor. Articolul prezintă o sinteză a unor rezultate științifice obținute care scot în evidență faptul că biomasa unor alge poate fi utilizată ca sursă de biostimulatori în tratarea semințelor plantelor.

**Cuvinte-cheie:** *alge, semințe, tratarea semințelor, biostimulatori, fitohormoni.*

### PERSPECTIVE OF THE USE OF ALGAE IN THE TREATMENT OF PLANT SEEDS

Algae are a natural source of biologically active substances, effective, safe and relatively cheap, which stimulate the germination process of the seeds of different plants. The content of seed germination biostimulators varies depending on the taxonomic position of the algae, the condition of the crops and the specifics of their cultivation. Treating the seeds of different plants with algal biomass, or with extracts obtained from it, has the effect of both stimulating seed germination and improving the physiological state of plants, increasing their resistance to environmental factors, increasing the quantity and improving the quality of harvests. This article presents a synthesis of some scientific results obtained that highlight the fact that the biomass of some algae can be used as a source of biostimulators in the treatment of plant seeds.

**Keywords:** *algae, seeds, seed treatment, biostimulants, phytohormones.*

Semințele plantelor rezultă din progresul filogenetic ce a permis supraviețuirea mai bună a acestora față de condițiile de mediu, fiind un organ caracteristic numai gimnospermelor și angiospermelor, numite din acest motiv spermatofite. Semințele conțin germenii unei noi plante (embrionul) și țesut de depozitare specializat (endosperm, perisperm) închis în învelișul de protecție (tegumentul) și au o importanță primordială pentru menținerea multor specii de plante [1, 2]. Pentru nașterea unei culturi sau organ vegetal al plantelor din semințe este necesar ca acestea să germineze. De germinarea semințelor depinde direct supraviețuirea unor plante și obținerea recoltelor bune din punct de vedere calitativ și cantitativ și de aceea este necesar ca să se asigure stimularea acestui proces. Stimularea eficientă a germinării semințelor și asigurarea unor produse alimentare sigure pentru om poate fi realizată prin utilizarea biostimulatorilor. Biostimulatorii sunt de origine biologică, cu compoziție complexă, manifestă proprietăți noi, esențiale pentru creșterea, dezvoltarea și supraviețuirea plantelor în condiții variabile de mediu, iar la utilizarea practică a acestora reduce riscul generării unor daune

ecologice mediului, factor important pentru implementarea lor în agricultura organică. Prin aplicarea biostimulatorilor se promovează sistemul holistic de management al producției agricole, care presupune păstrarea și îmbunătățirea, stării agroecosistemului, biodiversității și ciclurilor biologice ale organismelor din sol [3].

Actualmente interesul față de germinarea semințelor realizată prin intermediul biostimulatorilor algali este generat de necesitatea creșterii calității semințelor, accelerării dezvoltării plantelor (în special în primele etape ale ontogenezei), sporirea rezistenței acestora la factori biotici și abiotici, creșterea randamentului și a productivității culturilor și obținerea recoltelor sănătoase. Ține de menționat faptul că algele prezintă o sursă naturală de substanțe biologic active, eficiente, sigure și relativ ieftine, fapt care argumentează importanța și necesitatea utilizării biomasei acestora în procesul de germinare a semințelor.

În general, germinarea semințelor se realizează în trei faze consecutive. Prima fază se caracterizează prin absorbția rapidă a apei în spațiile aplazice prin intermediul forțelor antrenate de sămânță. În cea de a doua fază, de activare, are loc restabilirea activităților metabolice (sinteza proteinelor), iar în faza a 3-a de germinare are loc alungirea celulelor și apariția radiclelor. Până la finisarea fazei a 2-a de germinare a semințelor acest proces este reversibil, deoarece semințele pot fi din nou uscate păstrând-și viabilitatea și respectiv în condiții adecvate, poate germina [4]. Procesul de germinare a semințelor este influențat de factorii exogeni și anume de apă, oxigen, temperatură, lumină etc. Apa este absolut necesară pentru germinare, în timpul îmbibării apei se activează enzimele hidrolitice care descompun rezerva alimentară în substanțe chimice utile din punct de vedere metabolic. Astfel, putem constata că apa facilitează direct germinarea semințelor. Oxigenul este elementul principal al activității metabolice a semințelor. Se consideră că dacă mediul de germinare este slab aerat, acest fapt afectează negativ rata de germinare și procentul de germinare al seminței. Temperatura, la fel, influențează direct procesul de germinare, temperaturile foarte scăzute dar și cele foarte ridicate împiedică germinarea semințelor, însă cele optime au efect stimulator [5].

Germinarea semințelor este influențată și de factorii interni, cum ar fi reglatorii de creștere, perioada de repaus și viabilitatea. Biomasa algală conține fitohormoni și reglatori de creștere (așa cum sunt: citochininele, auxinele, giberelinele, betainele, acid abscisic și brasinosteroidii), polizaharide de matrice și de rezervă (alginați, caragenani, agar, ulvan, mucopolizaharide și oligozaharide, fucoidan, laminaran, amidon și fluoroid) etc., care au efect biostimulator al germinării semințelor diferitor plante [6-10].

Ține de remarcat faptul că tipul și conținutul de fitohormoni din biomasa algelor este variat în funcție de poziția sistematică a acestora, datele privitor la conținutul de fitohormoni a unor grupe taxonomice de alge și cianobacterii se prezintă în (tab. 1).

**Tabelul 1. Conținutul de fitohormoni a unor alge din diferite grupe taxonomice [11-13].**

Încrângătura	Genul	Tipul de fitohormoni
<i>Chlorophyta</i>	<i>Enteromorpha, Chlorella, Cladophora, Caulerpa, Chlamydomonas, Dunaliella, Draparnaldia</i>	Auxine
	<i>Protococcus, Chlorella, Scenedesmus, Chlamydomonas</i>	Citochinine
	<i>Caulerpa</i>	Giberline
	<i>Chlorella, Dunaliella, Haematococcus</i>	Acid abscisic
	<i>Enteromorpha</i>	Acid lunularic
	<i>Dunaliella, Chlorella</i>	Acid iasmonic
	<i>Ulva, Chlorella</i>	Poliamine
	<i>Hydrodictyon</i>	Brasinosteroidi
<i>Phaeophyta</i>	<i>Macrocystis, Laminaria, Fucus, Ascophyllum</i>	Auxine
	<i>Fucus, Ascophyllum, Sargassum, Macrocystis</i>	Citochinine
	<i>Fucus</i>	Giberline
	<i>Ascophyllum, Laminaria</i>	Acid abscisic
	<i>Dyctiota</i>	Poliamine

<b>Rhodophyta</b>	<i>Botryocladia, Porphyra, Gelidium, Gracilaria, Gracilaria-opsis, Chondracanthus, Hypnea</i>	Auxine
	<i>Porphyra</i>	Giberline
	<i>Porphyra</i>	Citochinine
	<i>Gelidium</i>	Acid iasmonic
	<i>Cyanidium, Gelidium, Grateloupia</i>	Poliamine
	<i>Griffithsia</i>	Rodomorfină
<b>Charophyta</b>	<i>Chara</i>	Citochinine
<b>Euglenophyta</b>	<i>Euglena</i>	Citochinine, acid iasmonic, poliamine
<b>Cyanophyta</b>	<i>Arthronema, Calothrix, Synechococcus, Nostoc, Trichormus, Anabaena,</i>	Citochinine
	<i>Anabaena, Nostoc, Calothrix, Scytonema, Cyindrospermum, Spirulina, Synechococcus,</i>	Giberline
	<i>Spirulina</i>	Acid iasmonic
	<i>Spirulina</i>	Acid indol-3-acetic
	<i>Spirulina</i>	Acid fenilacetic
	<i>Spirulina</i>	Acid ascorbic
	<i>Spirulina</i>	Acid aminociclopropan-1-carboxilic
	<i>Spirulina</i>	6-benzilaminopurină

Pentru a rezuma, putem concluziona că cea mai mare diversitate a tipurilor de fitohormoni este prezentă în biomasa algelor din încregăturile *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Phaeophyta* și *Rhodophyta* (datele detaliate sunt prezentate în tab. 1). Utilizarea biomasei algei verzi *Chlorella vulgaris* pentru tratarea semințelor de grâu, orz, porumb și salată a rezultat cu germinarea majoră a acestora și îmbunătățirea stării fiziologice a culturilor [14-16].

Cu o varietate semnificativă de fitohormoni sunt caracterizate și algele marine, însă cercetarea acestora și utilizarea în practică este complicată în condițiile Republicii Moldova. Pentru țara noastră cele mai accesibile pentru cercetare și utilizat în vederea germinării semințelor sunt algele cianofite (cianobacteriile). Aceste alge produc numeroase substanțe biologice active, cum ar fi citochininele, giberlinele, unii acizi fitoreglatori și au efect biogerminativ semnificativ [17]. Biomasa speciilor de alge cianofite *Anabaena vaginicola*, *Nostoc calcicole* și *Scytonema bohneri* conține auxina și acid indol-3-butiric care are efect biostimulator pronunțat asupra germinării multor semințe de plante. Cercetările realizate asupra a 34 de alge cianofite din genurile *Nostoc*, *Synechocystis*, *Anacystis*, *Gloeothece*, *Phormidium*, *Plectonema*, *Symploca*, *Calothrix*, *Scytonema*, *Chlorogloeopsis* și *Fischerella* au evidențiat faptul că aproape toate speciile secretă auxină și alte substanțe biostimulatoare și crează premise de utilizare în tratarea semințelor diferitor plante [18-21].

În cercetările realizate de Aly, M. H. A. și coautorii [22] s-a demonstrat faptul că biomasa cianobacteriilor *Nostoc muscorum* și *N. humifusum* este bogată în acid giberlinic (2859,00-9384,90 ng<sup>l</sup><sup>-1</sup>) și acid ascorbic (5230,50-163,40 ng<sup>l</sup><sup>-1</sup>), iar aplicarea acestora la tratarea semințelor de *Beta vulgaris* a contribuit la germinarea a 68,73 - 64,41% din semințele plantelor experimentate (germinarea semințelor în loturile de control care nu erau tratate cu extract din biomasa algală constituia doar 61,02%). Astfel, constatăm că aceste specii au un potențial major de biostimulare a germinării semințelor plantelor și pot fi utilizate în practică.

În afară de fitohormoni biomasa algelor cianofite este bogată și în aminoacizii care au un efect biostimulator pronunțat și influențează pozitiv asupra creșterii plantelor și a performanței culturilor. Suplimentar,

biomasa multor microalge este bogată în macronutrienți (N, P, K) și micronutrienți (Fe, Mg, Mn), care influențează pozitiv procesul de germinare a semințelor [23-25].

Cercetările noastre anterioare au demonstrat faptul că utilizarea biomasei diferitor specii de alge cianofite contribuie la stimularea germinării semințelor unor plante de cultură (tab. 2).

**Tabelul 2. Studiarea influenței biostimulatorilor obținuți din biomasa algelor *Nostoc flagelliforme* și *N. verrucosum* asupra germinării semințelor de tomate, % [26].**

Variantele experimentale	Perioada de timp expuse la tratat, ore								
	1,5			3			4,5		
	1 zi	2 zi	4 zi	1 zi	2 zi	4 zi	1 zi	2 zi	4 zi
<b>Martor</b>	23,07	92,30	76,92	63,63	81,81	81,81	35,71	78,57	85,71
<b>Sol. I - alge</b>	60,00	80,00	90,00	40,00	70,00	90,00	60,00	90,00	95,00
<b>Sol. II -- alge</b>	50,00	80,00	98,00	68,00	98,00	99,00	50,00	80,00	80,00
<b>Sol. III - alge</b>	7,14	57,14	64,28	50,00	92,85	92,85	53,84	92,30	96,50
<b>Sol. IV- - alge</b>	8,33	16,66	33,33	15,38	53,84	69,23	16,66	83,33	91,66
<b>Sol. V-- alge</b>	15,38	23,07	30,76	50,00	91,66	91,66	35,71	64,28	85,71

Rezultatele prezentate în tab. 2 indică faptul că biostimulatorii algali obținuți din biomasa combinată a algelor cianofite *Nostoc flagelliforme* și *N. verrucosum*, variantele experimentale I și II au ca efect stimularea germinării semințelor de tomate cu până la 21,08% comparativ cu variantele de semințe netratate.

Anterior, am realizat și alte cercetări cu scopul stabilirii efectului biostimulator al tratării semințelor de grâu cu biomasa combinată a algelor *Nostoc gelatinosum* și *Anabaena variabilis*, caare au scos în evidență faptul că algele cercetate manifestă un efect biostimulator pozitiv major asupra germinării semințelor și au un potențial practic de utilizare (tab. 3).

**Tabelul 3. Studiarea influenței biostimulatorilor algali obținuți din biomasa algelor *Nostoc gelatinosum* și *Anabaena variabilis* asupra germinării semințelor de grâu, % [27].**

Variantele experimentale	Perioada de analiză, zile				
	1	2	3	7	14
<b>Sol. I - alge</b>	0,00	0,00	0,66	74,00	84,00
<b>Sol. II - alge</b>	0,00	0,00	1,33	68,00	79,33
<b>Sol. III - alge</b>	0,00	0,00	5,33	86,00	98,33
<b>Sol. IV- alge</b>	0,00	0,00	9,33	91,33	97,33
<b>Martor</b>	0,00	0,00	3,33	64,66	72,00

Un alt studiu realizat de cercetători din domeniu [28, 29] a evidențiat faptul că tratarea semințelor de grâu înainte de semănat cu biomasa de *Spirulina* are ca efect stimularea germinării acestora. Utilizarea hidrolizatu-lui obținut din biomasa de *Dunaliella salina* (Dunal) Teodoresco la tratarea semințelor de grâu a avut ca efect stimularea germinării semințelor de grâu și creșterea culturii înființate pe solurile sărate [30]. Astfel, putem concluziona că tratarea semințelor de grâu cu biomasa algală are ca efect stimularea germinării semințelor.

Biostimulatorii obținuți din biomasa unor alge cianofite au ca efect stimularea germinării semințelor unor plante medicinale. Cercetări de pionerat realizate în această direcție, în țara noastră, au fost efectuate sub coordonarea dnei. dr. Alina Trofim care a scos în evidență faptul că utilizarea filtratului și a biomasei algelor cianofite *Spirulina platensis* și *Calothrix marchia* au efect stimulator major asupra germinării semințelor de menta (în varianta martor, în lipsă de biostimulatori, au germinat 64-68% din semințe, iar în cea cu biostimulatorii S22 – 88-96%) (rezultatele sunt prezentate în Tab. 4).

**Tabelul 4. Procentul de germinare a semințelor de mentă la aplicarea biostimulatorilor produși în baza filtratelor rezultate de la cultivarea *Sp. platensis* și *C. marchia* CNMN-CB-18 [31].**

Varianta experimentală	Procent de germinare (PG %)
Martor	64-68
S1	72-84
S11	84-88
S2	84-88
S22	88-96

**Concluzii**

În baza celor menționate, concluzionăm că algele prezintă o sursă majoră, ecologică și regenerabilă de substanțe biostimulatoare a germinării semințelor diferitor plante de cultură, medicinale și aromatice. Utilizarea biostimulatorilor algali are ca efect accelerarea procesului de germinare a semințelor, creșterea rezistenței plantelor la factorii de mediu și majorarea productivității culturilor. Pentru asigurarea dezvoltării agriculturii durabile recomandăm aplicarea biostimulatorilor obținuți din alge, în special cele cianofite, la tratarea semințelor diferitor plante.

**Referințe:**

1. АЛЕКСЕЙЧУК Г. Н., ЛАМАН Н. А. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки. Мн.: Право и экономика, 2005, 48 с.
2. DELIU C. Morfologia și anatomia plantelor. Presa Universitară Clujeană, 1999, 174 p.
3. JELEV N., DASCALIUC AL. Utilizarea biostimulatorilor în cercetările științifice și în practica agricolă. // Buletinul AȘM, Științele vieții, nr. 3(336) 2018, p. 22-34.
4. ANISH CH., SNEHASHIS K. Germination: the way of entering into a new life.// AgriCos e-Newsletter, Vol. 1, Iss. 06, 2020, p. 1-4.
5. GUAN B. Germination responses of Medicago ruthenica seeds to salinity, alkalinity, and temperature // Journal of Arid Environment, nr. 73, p. 135-138..
6. KHAN W., MENON U., SUBRAMANIAN S., JITHESH M., RAYORATH P., HODGES D. et al. Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development // Journal of Plant Growth Regulation, 2009, 28(4), p. 386–99.
7. HONG YP., CHEN CC., CHENG HL., LIN CH. Analysis of auxin and cytokinin activity of commercial aqueous seaweed extract // Gartenbauwissenschaft: Germany, 1995, vol. 60, is. 4, p. 191-194.
8. LÓPEZ BC. Uso de derivados de algas marinas en la producción de tomate, papa, chile y tomatillo. Coahuila // Palau: Bioquím S.A, 2001, p. 24.
9. STIRK WA., TARKOWSKÁ D., TUREČOVÁ V., STRNAD M., VAN STADEN J. Abscisic acid, gibberellins and brassinosteroids in Kelpak®, a commercial seaweed extract made from Ecklonia maxima // Journal of applied phycology, 2014, 26(1), p. 561–567.
10. DU JARDIN P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation // Scientia Horticulturae, 2015, p. 3–14.
11. TARAKHOVSKAYA E. R., MASLOV YU. I., SHISHOVA M. F. Phytohormones in algae.// Russian Journal of Plant Physiology, 2007, vol. 54, no. 2, p. 163–170.
12. CAM VAN T., DO, THUAN DANG TRAN, QUANG TRUNG NGUYEN. Phytohormones production in microalgae and the methods of characterization // Recent Research Advances in Biology, vol. 5, 2021, p. 24-41.
13. ZAPATA D., ARROYAVE C., CARDONA L., ARISTIZÁBAL A. Phytohormone production and morphology of *Spirulina platensis* grown in dairy wastewaters // Algal Research, 59(2):102469, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102469>.
14. UYSAL O., UYSAL FO., EKINCI K. Evaluation of microalgae as microbial fertilizer // European Journal of Sustainable Development, 2015, 4(2), p. 77–82.

15. ODGEREL B., TSERENDULAM D. Effect of *Chlorella* as a biofertilizer on germination of wheat and barley grains // Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences, 2016; 4(220), p. 26–31.
16. RONGA D., BIAZZI E., PARATI K., CARMINATI D., CARMINATI E., TAVA A. Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions // Agronomy, 2019, p. 4:192.
17. DOBROJAN S., ȘALARU V., ȘALARU V., MELNIC V., DOBROJAN G. Cultivarea algelor. hișinău: CEP USM, 2016, 173 p.
18. СЕЛЯХ И. О., СЕМЕНОВА Л. П. Синтез и секреция гормоноподобных соединений у цианобактерий // Материалы Международной научной конференции «Автотрофные микроорганизмы», 2000, с 163–164.
19. SERGEEVA E., LAIMER A., BERGMAN B. Evidence for production of the phytohormone indole-3-acetic acid by cyanobacteria // Planta, 2002, vol. 215, p. 229–238.
20. RODRÍGUEZ A.A., STELLA A.M., STORNI M.M., ZULPA G, ZACCARO M.C. Effects of cyanobacterial extracellular products and gibberellic acid on salinity tolerance in *Oryza sativa L.* // Saline Systems, 2006, №2, p. 7–10.
21. PRASANNA, R., NAIN L., TRIPATHI R., GUPTA V., CHAUDHARY V., MIDDHA S., JOSHI M., ANCHA R., KAUSHIK B.D. Evaluation of fungicidal activity of extracellular filtrates of cyanobacteria – possible role of hydrolytic enzymes // J. Basic Microbiol., 2008, №48, p. 86–94.
22. ALY, M. H. A., AZZA A. M., ABD EL-ALL., SOHA S. M., MOSTAFA. Enhancement of sugar beet seed germination, plant growth, performance and biochemical components as contributed by algal extracellular products // J. Agric. Sci. Mansoura Univ., 33 (12): 2008, p. 8823 – 8842.
23. RONGA D., BIAZZI E., PARATI K., CARMINATI D., CARMINATI E., TAVA A. Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions // Agronomy, 2019, 9(4), p. 1-22.
24. GEBSER B., POHNERT G. Synchronized regulation of different zwitterionic metabolites in the osmoadaptation of phytoplankton // Marine drugs. 2013, 11(6): 2168-2182. <https://doi.org/10.3390/md11062168>.
25. TATE JJ., GUTIERREZ-WING MT., RUSCH KA., BENTON MG. The effects of plant growth substances and mixed cultures on growth and metabolite production of green algae *Chlorella sp.*: a review. // Journal of plant growth regulation, 2013, 32(2), p. 417–428.
26. DOBROJAN S., ȘALARU V., DOBROJAN G. *Procedee de tratare a semințelor înainte de semănat*. Brevet de invenții nr. 4606
27. DOBROJAN S., ȘALARU V., DOBROJAN G., JIGĂU GH., COSTICA M., CIOBANU EU., TĂRÎȚA T., SEMENIUC E. *Procedeu de tratare a semințelor de grâu înainte de semănat*. Brevet de invenții nr. 4662.
28. DMYTRYK A., ROJ E., WILK R., CHOJNACKA K., GORECKI H. Effect of new biostimulators on the initial phase of plant growth // Przemysl Chemiczny, 2014, 93(6), p. 1020-1025.
29. MICHALAK I., CHOJNACKA K., DMYTRYK A., WILK R., GRAMZA M., RÓJ E. Evaluation of supercritical extracts of algae as biostimulants of plant growth in field trials. // Frontiers in plant science, 2016, 7. DOI: 10.3389/fpls.2016.01591.
30. EL ARROUSSI H., ELBAOUCHI A., BENHIMA R., BENDAOU N., SMOUNI A., WAHBY I. Halophilic microalgae *Dunaliella salina* extracts improve seed germination and seedling growth of *Triticum aestivum L.* under salt stress // II World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture, 2015, p. 13–26.
31. TROFIM A., BULIMAGA V., ZOSIM L. *Utilizarea biostimulatorilor cianobacterieni în agricultura ecologică*. Chișinău, 2021, 79 p.

**Date despre autor:**

**Sergiu DOBROJAN**, doctor în biologie, conf. univ., cercetător științific principal LCS „Algologie Vasile Șalaru”, Universitatea de Stat din Moldova.

**E-mail:** sergiudobrojan84@yahoo.com

**ORCID:** 0000-0003-0040-5836

**Gheorghe JIGĂU**, doctor în biologie, conf. univ., cercetător științific coordonator LCS „Procese pedogenetice”, Universitatea de Stat din Moldova.

**E-mail:** gheorghe.jigau@gmail.com

**ORCHID:** 0000-0002-4778-2105

**Galina DOBROJAN**, cercetător științific, LCȘ „Algologie Vasile Șalaru”, Universitatea de Stat din Moldova.  
**E-mail:** galinadobrojan87@gmail.com

**Cristin MELNIC**, cercetător științific, administrator și fondator GȚ „Melnic Cristin”.  
**E-mail:** melnicvictor088@gmail.com

**Tatiana CIOLACU**, doctor în șt. solului, cercetator științific coordonator; LCȘ „Geomorfologie și Ecopedologie”, Institutul de Ecologie și Geografie.  
**E-mail:** ciolacutatiana5@gmail.com  
**ORCID:** 0000-0002-9972-9314

**Eugeniu CIOBANU**, cercetător științific, LCȘ „Biotehnologii Ecologice”, Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă”  
**E-mail:** eugeniuciobanu@yahoo.com  
**ORCID:** 0000-0003-3595-4421

*Prezentat la 04.04.2023*