

CZU: 582.232:633.8

[https://doi.org/10.59295/sum1\(171\)2024\\_11](https://doi.org/10.59295/sum1(171)2024_11)

## PERSPECTIVA UTILIZĂRII ALGELOR ÎN CALITATE DE BIOFERTILIZANT LA CULTIVAREA PLANTELOR AROMATICE ȘI MEDICINALE

*Sergiu DOBROJAN,**Universitatea de Stat din Moldova*

Algele prezintă o sursă naturală de biofertilizanți, eficienți, siguri și relativ ieftini, care pot fi utilizați la cultivarea plantelor aromatice și medicinale. Aplicarea biofertilizanților și a fertilizanților foliari algali la cultivarea plantelor aromatice și medicinale contribuie la îmbunătățirea calității solurilor, după caz fitoremedierea acestora, îmbunătățirea stării fiziologice a platelor, creșterea rezistenței acestora la factorii de mediu și de stres, majorarea și îmbunătățirea calității biomasei, precum și sporirea conținutului de substanțe biologice active din plante. În lucrare sunt indicate aspectele pozitive ale utilizării algelor în calitate de biofertilizant. Propunem ca la utilizarea biofertilizanților algali pentru cultivarea plantelor să se realizeze evaluarea stării structural-funcționale a algoflorei edafice a terenurilor cultivate, astfel încât speciile selectate ca biofertilizant să facă parte din biocenoza algală activă autohtonă, să se dezvolte intens pe sol și să contribuie la îmbunătățirea sau după caz menținerea stării biodiversității algelor edafice.

**Cuvinte-cheie:** alge, biofertilizanți, biostimulatori, plante medicinale și aromatice.

### THE PERSPECTIVE OF THE USE OF ALGAE AS A BIOFERTILIZER IN THE CULTIVATION OF AROMATIC AND MEDICINAL PLANTS

Algae present a natural source of biofertilizers, efficient, safe and relatively cheap, which can be used in the cultivation of aromatic and medicinal plants. The application of biofertilizers and algal foliar fertilizers to the cultivation of aromatic and medicinal plants contributes to the improvement of the quality of soils, as appropriate their phytoremediation, the improvement of the physiological state of the fields, the increase of their resistance to environmental and stress factors, the increase and improvement of biomass quality, as well as the increase the content of biologically active substances from plants. The paper indicates the positive aspects of using algae as a biofertilizer. We propose that when using algal biofertilizers for plant cultivation, the assessment of the structural-functional state of the edaphic algoflora of the cultivated lands should be carried out so that the species selected as biofertilizers are part of the native active algal biocenosis, develop intensively on the soil and contribute to the improvement or as appropriate, maintaining the biodiversity of edaphic algae.

**Keywords:** algae, biofertilizers, biostimulators, medicinal and aromatic plants.

Datorită creșterii numărului populației Terrei, a consumului și necesităților de plante medicinale și aromatice, precum și din cauza exploatării intensive, poluării și a schimbărilor globale de mediu satisfacerea cerințelor de plante medicinale și aromatice din flora spontană este imposibilă. Astfel, pentru obținerea plantelor medicinale și aromatice, menținerea genofondului și a diversității acestora, este necesară cultivarea dirijată a lor [1]. Unul din obiectivele cultivării dirijate a plantelor aromatice și medicinale este obținerea biomasei inofensive, calitativă și în cantități sporite. Astfel, pentru sporirea cantității de biomasă și, în unele cazuri, pentru majorarea conținutului de substanțe biologice active la cultivarea dirijată a plantelor medicinale și aromatice se administrează biofertilizanți.

În prezentul studiu sub denumirea de „alge” ne referim atât la algele cât și la cianobacterii (algele albastre-verzi) care anterior erau poziționate sistematic în grupa algelor.

Biofertilizanții reprezintă substanțe naturale ce conțin microorganisme vii care colonizează rizosfera sau în interiorul plantei (alge, bacterii, fungi etc.) ce contribuie la stimularea creșterii a plantelor prin majorarea disponibilității de nutrienți principali și/sau eliminarea stimulatoarelor, iar în unele cazuri au ca efect sporirea fertilității solurilor [2,3]. Aplicarea biofertilizanților microbieni la cultivare plantelor aromatice și medicinale prezintă un interes sporit datorat efectelor obținute și anume: stimularea absorbției nutrienților

necesari plantelor; asigurarea controlului biologic al bolilor transmise prin sol; accelerarea descompunerii resturilor vegetale și a altor deșeuri organice; îmbunătățirea structurii solului; și promovarea producției de substanțe fiziologic active în rizosferă sau în materie organică, majorarea productivității și calității biomasei plantelor etc. [4].

### **Efectele biofertilizanților algali asupra solurilor antrenate în cultivarea plantelor aromatice și medicinale**

Unii dintre cei mai eficienți, accesibili și inofensivi biofertilizanți sunt cei de origine algală. La aplicarea biofertilizanților algali se atestă impact pozitiv asupra solului manifestat prin: creșterea gradului de afânare, menținerea umidității, îmbunătățirea structurii solului, acumularea de materie organică (inclusiv fixarea azotului molecular), îmbunătățirea proprietăților fizico-chimice, stimularea activității microbiologice, reducerea eroziunii și alte efecte pozitive [5-9].

Aplicarea biofertilizanților algali contribuie la bioremedierea solurilor poluate cu metale grele, algele posedând capacitatea de a neutraliza și acumula în biomasa lor elementele radioactive dispersate în mediu. Experimentele realizate de Al-Sherif Emad A. și coautorii au evidențiat faptul că la administrarea suspensiei de *Nostoc minutum* și *Anabaena spiroides*, combinată cu fertilizanții organici, la cultivarea fasolei pe solurile contaminate cu metale grele sa atestat creșterea semnificativă a masei uscate a plantelor (cu 41-103%), a conținutului de azot din semințe, reducerea conținutului de Pb, Cd și Ni atât în lăstari, cât și în semințe, iar valorile pH-ul solului, conductivității electrice, a Pb, Cd și Ni sau redus semnificativ în sol în variantele cu administrare de alge [10]. În cercetările realizate de prof. Victor Șalaru s-a demonstrat faptul că tulpina algei *Nostoc linskia*, selectată în cultură pură, are capacitatea de a acumula radionuclizii  $\text{Co}^+$  [11]. Mai mult ca atât, se evidențiază faptul că algele *Vacuoliviride crystalliferum*, *Stigonema ocellatum* și *Nostoc commune* prezintă cea mai mare activitate de bioacumulare a cesiului, stronțului și iodului din mediul înconjurător, creând premise de utilizare a acestora pentru decontaminare prin fitoremediere a terenurilor poluate din siturile nucleare [12].

### **Influența biofertilizanților algali asupra plantelor aromatice și medicinale și asupra biocenozelor ecosistemului solului**

Algele influențează biocenozele edafice, celulele și filamentele lor sunt înconjurate de bacterii satelit și servesc ca centru de formare a cenzelor microbiene din sol, astfel prin aceasta atestându-se impact indirect asupra plantelor superioare. Numeroase cercetări realizate au evidențiat faptul că celulele slăbite/îmbătrânite ale algelor edafice servesc ca obiect de asimilare pentru unele ciuperci microscopice din sol. Biomasa algelor edafice prezintă o verigă trofică importantă în ecosistemul solului fiind utilizată în calitate de hrană de numeroase nevertebrate (coproliților, viermilor inelați etc.) și unele bacterii [13, 14].

Unele alge edafice și acvatică utilizate în calitate de biofertilizant influențează pozitiv asupra plantelor aromatice și medicinale din flora spontană și cele cultivate dirijat [15]. Acumularea algelor în rizosferă presupune influența directă a acestora cu rădăcinile plantelor superioare. Concentrația algelor vii din jurul rădăcinilor plantelor superioare influențează direct creșterea și activitatea sistemului radicular. Influența algelor asupra plantelor superioare apare în primul rând, datorită faptului că algele în activitatea vitală, elimină în mediul înconjurător variate substanțe, care au o importanță majoră în sistemul „sol-alge-plante”. Algele elimină numeroase substanțe organice (acizi, polizaharide, aminoacizi, numeroase substanțe biochimice active), activează procesul de asimilare a fertilizanților organici și anorganici și protejează rădăcinile de leziuni. Totodată, algele edafice elimină în sol cca. 10-20% din carbonul asimilat și 60% din azotul fixat. Cercetările au demonstrat că sistemul radicular al plantelor superioare pot absorbi din materialul algologic fosforul și sulful, iar după descompunerea celulelor algale, de către bacterii, azotul și alte substanțe biologic active încorporat în celulele acestora devine accesibil plantelor superioare. Sub influența algelor vii, sau a lichidului cultural, are lor stimularea germinării semințelor, se accelerează creșterea și dezvoltarea plantelor și se majorează recolta acestora. [16, 17]. A fost stabilit faptul că substanțele secretate de algele cianofite au ca efect atenuarea stresului abiotic la plantele de cultură, în special la secetă și salinitate, activând răspunsurile de apărare a plantelor prin interacțiunea cu rădăcinile lor, reprezentând o strategie eficientă împotriva

bacteriilor, ciupercilor, oomicetelor, nematodelor și insectelor dăunătoare în agricultură [18-19]. Totodată, datorită spectrului floristic relativ bogat a algelor de sol, influența separată a fiecărei specii necesită a fi cercetată amănunțit pentru ca ulterior acestea să poată fi izolate și valorificate în calitate de biofertilizant.

Actualmente, sunt utilizate pe larg numeroase preparate și composturi obținute din biomasa algelor marine care prezintă, la fel, un interes sport în practica de cultivare a plantelor aromatice și medicinale. Algele marine se descompun mult mai rapid decât gunoiul de grajd și nu poluează solul cu semințe de buruieni, spori fungici, paraziți sau larve de insecte dăunătoare. Algele marine administrate în sol în formă vie sau compost, îmbogățesc solul cu azot, fosfor, caliu și multiple micro și macroelemente. Pentru stimularea creșterii plantelor aromatice și medicinale și majorarea productivității în calitate de biofertilizant se utilizează numeroase extracte din alge marine [20, 21]. În opinia noastră, dezavantajul principal al acestor biofertilizanți este faptul că algele marine nu au ca mediu de viață solul și respectiv ele pot servi doar ca sursă nutritivă neavând un impact considerabil asupra dezvoltării florei algale edafice nici posibilitatea de a se menține îndelungat și a se dezvolta pe sol, iar aplicarea lor poate cauza uneori efecte adverse atât asupra solului, cât și a plantelor medicinale.

Considerăm că cei mai benefici biofertilizanți care pot fi utilizați la cultivarea plantelor aromatice și medicinale în condițiile Republicii Moldova sunt algele edafice. Algele edafice sunt parte componentă a biocenozelor solurilor, atribuindu-se grupei producătorilor și, respectiv, majoritatea dintre acestea creează relații pozitive cu biota edafică și plantele aromatice și medicinale. Totodată, la selectarea biofertilizanților algali aplicați este important ca speciile selectate să facă parte din biocenoza algoflorei edafice autohtone specifică regiunii de cultivare a plantelor, astfel încât aplicarea acestora să nu creeze premiez de invazie, poluare biologică și/sau dezechilibrare structural-funcțională a ecosistemului solului. Acest fapt necesită a fi luat în considerație în special în cazul speciilor de alge utilizate ca biofertilizant care au capacitatea de a se menține o perioadă îndelungată în condiții de anhidrobioză. În viziunea noastră, reprezentanții algelor *Cyanophyta* (în special cele fixatoare de azot) și a celor *Cloprophyta* sunt cei mai preferențiali pentru utilizarea în calitate de biofertilizant, în condițiile țării noastre. Aceasta fiind argumentată de predominanța diversității acestor grupe de alge în componența floristică a algoflorei edafice din agrofitocenozele cercetate. Conform cercetărilor realizate de dr. hab., prof. Victor Șalaru în solurile naționale antrenate în cultivarea diverselor culturi agricole (grâu, orz, ovăz, floarea soarelui, tutun, sfeclă de zahăr, soia, mazăre, cartofi, varză, tomate, harbuji, lucernă) au fost evidențiate 265 de specii și varietăți de alge: *Cyanophyta* -100; *Xantophyta* – 58; *Cloprophyta* – 93; *Bacilariophyta* – 14. Totodată, se menționează că în solurile noastre se întâlnesc frecvent 41 de specii de cianobacterii fixatoare de azot care fac parte din genurile *Nostoc* (21 specii), *Anabaena* (7 specii), *Cylindrospermum* (9 specii), *Tolypothrix* (2 specii) și *Calothrix* (2 specii) [11].

Rezultatele sus menționate indică faptul că, pe de o parte, biocenozele edafice naționale sunt bogate în alge fixatoare de azot și clorofite care au un rol esențial în circuitul azotului și altor elemente în natură, iar pe de altă parte, că există premise majore de selectare în cultură a acestora, elaborarea și dezvoltarea tehnologiilor de cultivare intensivă în vederea obținerii de biomasă și utilizare lor în calitate de biofertilizant. Totodată, predominanța cianofitelor, în special a celor azot fixatoare, și a clorofitelor în solurile naționale indică faptul că aplicarea biomasei acestora în calitate de biofertilizator poate fi eficace, deoarece aceste organisme sunt specifice biotei autohtone, iar condițiile de mediu din țara noastră sunt prielnice pentru dezvoltarea lor și respectiv administrarea acestora poate fi cu impact de lungă durată.

Numeroase cercetări au demonstrat că aplicarea algelor cianofite și a celor clorofite în calitate de biofertilizanți la cultivarea plantelor aromatice și medicinale este benefică și influențează pozitiv asupra plantelor și solului. Utilizarea biomasei vii a algelor *Nostoc carneum*, *Wolleea vaginicola* și *Nostoc punctiforme* în calitate de biofertilizant la cultivarea plantei medicinale *Matricaria chamomilla* L. a avut efect semnificativ asupra creșterii sistemului radicular al plantelor și majorarea cantității de ulei esențial. Conținutul de chamazulenă al uleiului esențial în plantele tratate cu *N. carneum* a fost cu 26,9% mai mare decât la martor. Analiza HPLC a arătat că speciile de alge utilizate în acest experiment au fost capabile să producă hormoni care promovează creșterea plantelor printre care acidul indol 3-acetic, acidul indol 3-propionic și acidul indol 3-butiric. Cercetările au demonstrat că a existat o corelație pozitivă semnificativă între IAA algale și toți factorii de creștere, precum și unii constituenți ai uleiului esențial [22].

Algele cianofite *Anabaena vaginicola* ISB42 și *Nostoc spongiaeforme* var. *tenuis* ISB65, aplicate inițial pe sol, în concentrația de 1%, iar mai apoi după un interval de 20 de zile, la cultivarea *Mentha piperica* a condus la intensificarea creșterii plantelor, majorarea biomasei rădăcinilor și lăstarilor, a numărului de frunze și a suprafeței foliare și a conținutului de pigmenți fotosintetici. În variantele cu administrare de alge s-a atestat creșterea conținutului de ulei esențial din biomasa plantelor medicinale cu 13-25%, s-a majorat cantitatea de mentol și limoner de 2,36-1,87 ori și creșterea cu 40% - 98% a nivelului de transcriere a genei limonen sintetazei. Expresia genei mentone reductazei, a fost de asemenea crescută cu 65%-55% în variantele cu aplicare de biomasă algală. Astfel, administrarea biomasei algale a avut ca efect stimularea creșterii plantelor medicinale, majorarea cantității și îmbunătățirea calității uleiului esențial obținut din *Mentha piperica* [23].

Utilizarea algelor *Wolleea vaginicola* ISB89 și *Nostoc spongiaeforme* var. *tenuis* ISB91, în concentrația de 1%, în calitate de biofertilizant la cultivarea a patru specii de *Mentha* (*M. spicata* L., *M. piperita* L., *M. aquatica* L. și *M. pulegium* L.) a avut ca efect creșterea semnificativă a biomasei plantelor și a randamentului uleiurilor esențiale. S-a demonstrat că există corelație directă între conținutul de auxine din celulele algale, biomasa și ulei esențial la *Mentha*. Astfel, *Wolleea vaginicola*, care are un nivel mai ridicat de auxine și cationi decât *Nostoc spongiaeforme*, oferă elemente esențiale plantelor și stimulează acumularea de substanțe biologice active în biomasa acestora. La *M. piperita*, cantitatea de mentol a crescut în loturile cu administrare de alge cu 115-137%, în cazul speciei *M. spicata* s-a atestat creșterea piperitenonei cu 46-96%, iar la *M. pulegium* s-a majorat conținutul de neo-mentol cu 17-115% comparativ cu variantele în care nu s-au administrat alge [24].

### **Influența fertilizanților foliari obținuți din biomasa algelor asupra plantelor aromatice și medicinale**

Biomasa algală poate fi utilizată în calitate de fertilizant foliar, sau ca sursă pentru obținerea acestora, la cultivarea plantelor aromatice și medicinale care manifestă o influență pozitivă asupra plantelor atât sub aspect cantitativ, cât și calitativ. Cercetările realizate de Dalia A. S. Nawar și Sabreen Kh. A. Ibraheim au evidențiat faptul că biomasa algei *Spirulina platensis*, în concentrație de 10-15%, poate fi utilizată în calitate de fertilizant foliar la cultivarea mazării (*Pisum sativum* L.). Astfel, ca rezultat al aplicării fertilizantului foliar de origine algală s-a atestat accelerarea creșterii plantelor, majorarea recoltei, majorarea conținutului de proteine, azot și fosfor din semințe și a conținutului de clorofilă din frunze [25].

Aplicarea foliară a extractului obținut din biomasa algei *Chlorella vulgaris*, în concentrația de 25-100%, la cultivarea viței de vie de calitate superioară a avut ca efect stimularea apariției mugurilor fructiferi, creșterea suprafeței foliare, lungimea lăstarilor, a numărului de frunze la un lăstar, a concentrației de N, P, K din frunze, a numărului de ciochine și a greutateii acestora, greutatea boabelor, creșterea recoltei și a calității strugurilor (creșterea conținutului de zaharuri totale și scăderea acidității) [26].

Pulverizarea foliară cu suspensie obținută din biomasa algei *Chlorella vulgaris*, în concentrația de 10 g la 100 ml, la cultivarea fasolei comune (*Phaseolus vulgaris*) cu administrarea suplimentară de N-uree pe sol, a avut ca efect creșterea înălțimii plantelor (cu 26,9%), a greutateii uscate (cu 37,28%), a conținutului de proteine ( $48,06 \pm 2,403$  mg/g greutate proaspătă), a carbohidraților totali ( $394 \pm 19,7$  mg/g greutate uscată), precum și a numărului de păstăi per plantă ( $5,2 \pm 0,26$ ), numărul de semințe la o păstaie ( $3,5 \pm 0,18$ ) și a greutateii uscate a păstăilor ( $0,95 \pm 0,26$  g) [27]. Cercetările realizate de Lateef Gharib F. Abd El și coautorii privitor la aplicarea foliară prin pulverizare a extractelor obținute din biomasa algelor *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis salina* și *Arthrospira platensis* (*Spirulina platensis*), în concentrații cuprinse între 0,25-2,0%, la fasolea comună au evidențiat faptul că extractele cu concentrația de până la 1% au generat îmbunătățirea semnificativă a diversilor parametri de creștere, cum ar fi lungimea rădăcinii și lăstarilor, numărul de frunze și flori per plantă, suprafața frunzelor și greutatea totală proaspătă și uscată per plantă. Suplimentar, la aplicarea extractelor a crescut indicele clorofilei cu valorile maxime ale CCI -17,95 -17,81%, s-a redus semnificativ conținutul de markeri de stres oxidativ, sau îmbunătățit parametrii de calitate, compoziția proximală, energia semințelor și conținutul mineral al semințelor recoltate și s-a majorat recolta [28].

Aplicarea foliară și administrarea pe sol a biomasei algelor *Arthrospira platensis*, *Chlorella vulgaris*, *Nostoc muscorum* și *Anabaena azollae* la cultivarea dirijată a Chia (*Salvia hispanica* L.) pe sol alcalin a

atestat o influență pozitivă manifestată prin creșterea greutatei proaspete și uscate a plantelor, a pigmentilor frunzelor, a conținutului total de proteine, carbohidrați, a conținutului de nutrienți, a randamentului de semințe și ulei, precum și o creștere a acizilor grași linolenic și linoleic și reducerea acizilor grași saturați (acid palmitic și lauric). Aplicarea algelor pe sol a generat o îmbunătățire a activității microbiene a solului și reducerea pH-ului. În variantele cu administrarea algei *A. platensis* prin udare s-a atestat un randament mai mare de semințe și ulei, cu o creștere de 124-263,3% față de variantele de control [29].

Administrarea biomasei algei *Spirulina platensis* pe sol și ca spreii foliar la cultivarea spanacului (*Spinacia oleracea* L.) combinată cu fertilizării chimici (N,P,K) a avut ca efect accelerarea creșterii plantelor, sporirea conținutului de N, P, K, Fe, Mn, Zn, Cu, a proteinelor, precum și conținutul de clorofilă din frunze [30].

Cercetările realizate de dr. A. Trofim și coautorii au evidențiat faptul că utilizarea stimulatorilor din filtratele rezultate de la cultivarea biomasei de *Spirulina platensis* și *Nostoc halophyllum* la tratarea foliară a plantelor de mentă și busuioc au demonstrat capacitatea acestora de a spori cantitatea de masă vegetală, la busuioc cu 25 și 22% și la mentă cu 28 și 25%. Aceste cercetări demonstrează că filtratele rezultate după recuperarea biomasei de alge cianofite pot servi în calitate de biostimulatori, datorită prezenței în componența lor a macro- și microelementelor, fitohormonilor, aminoacizilor și altor metaboliți [31, 32].

Aplicarea foliară a biomasei algelor *Microcystis aeruginosa* MKR 0105, *Anabaena* sp. PCC 7120 și *Chlorella* sp. la cultivarea dirijată a plantelor de *Salix viminalis* L. a îmbunătățit semnificativ performanța fiziologică și creșterea plantelor, a crescut stabilitatea citomembranelor, conținutul de clorofilă, intensitatea fotosintezei nete, transpirația, conductanța stomatică și a scăzut concentrația intercelulară de CO<sub>2</sub>. Monoculturile algale aplicate au generat creșterea cantitativă a N, P, K din plante, activitatea enzimelor (cum ar fi dehidrogenazele, RNaza, fosfataza acidă sau alcalină) și nitrat reductaza. Totodată, fertilizantul foliar a contribuit la reducerea cantitativă a fertilizanților chimici utilizați la cultivarea *Salix viminalis* L. [33].

### Concluzii

În baza celor menționate, concluzionăm că algele prezintă o sursă eficientă, ecologică și regenerabilă de biofertilizanți care pot fi utilizați la cultivarea plantelor aromatice și medicinale. Aplicarea biofertilizanților și a fertilizanților foliari algali la cultivarea plantelor aromatice și medicinale contribuie la îmbunătățirea calității solurilor, după caz fitoremedierea acestora, îmbunătățirea stării fiziologice a plantelor, creșterea rezistenței acestora la factorii de mediu și de stres, accelerarea creșterii, majorarea și îmbunătățirea calității biomasei, precum și sporirea conținutului de substanțe biologice active din biomasa plantelor.

Considerăm că selectarea și aplicarea biofertilizanților algali utilizați la cultivarea plantelor trebuie realizată chibzuit pentru a nu admite invazia speciei alohtone, dezechilibrarea structurii taxonomice a algoflorei edafice specifice ecosistemului și poluarea biologică a solurilor.

Pentru cultivarea durabilă a plantelor aromatice și medicinale în condițiile Republicii Moldova recomandăm utilizarea biofertilizanților algali reprezentanți ai speciilor de algele cianofite (în special cele fixatoare de azot) și a celei clorofite care habitează în ecosistemele agricole.

### Referințe:

1. MELNIC, V., ZBANCĂ, A., STRATAN, D. *Tehnologii și inovații în sectorul plantelor aromatice și medicinale în contextul schimbărilor climatice*. Chișinău, 2022, 82 p. ISBN 978-9975-64-341.
2. VESSEY JK. *Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers*. In: *Plant Soil*. 2003, p. 571–586.
3. SAHU, D., PRIYADARSHAN, I., RATH, B. *Cyanobacteria - as potential biofertilizer*. In: *CIBTech Journal of Microbiology*. 2012, vol. 1(2-3), p. 20-26.
4. KHALID, A. Review: *Biological fertilization and its effect on medicinal and aromatic plants*. In: *Nusantara bioscience*, 2012, vol. 4, no. 3, p. 124-133.
5. KARTHIKEYAN, N., PRASANNA, R., NAIN, L., KAUSHIK, B. D. *Evaluating the potential of plant growth promoting cyanobacteria as inoculants for wheat*. In: *Eur J Soil Biol*. 2007, nr. 43, p. 23–30.
6. OBANA, S., MIYAMOTO, K., MORITA, S., OHMORI, M., INUBUSHI, K. *Effect of Nostoc sp. on soil characteristics, plant growth and nutrient uptake*. In: *J. Appl Phycol*. 2007, nr. 19, p. 641–646.

7. OSMAN, MEH., EI-SHEEKH, MM., EI-NAGGAR, AH., GHEDA, SF. *Effect of two species of cyanobacteria as biofertilizers on some metabolic activities, growth, and yield of pea plant*. In: *Biol. Fertil. Soils*. 2010, nr. 46, p. 861–875.
8. SINGH, JS., KUMAR, A., RAI, AN., SINGH, DP. *Cyanobacteria: a precious bio-resource in agriculture, ecosystem, and environmental sustainability*. In: *Front Microbiol*. 2016, 7:529.
9. AMMAR, E. E., A AIOUB, A. A., ELESAWY, A. E., KARKOUR, A. M., MOUSTAFA, M. S., AMER, A. A., EI-SHERSHABY, N. A. *Algae as Bio-fertilizers: Between current situation and future prospective*. In: *Saudi J. Biol. Sci.* 2022, 29(5), p. 3083-3096.
10. AL-SHERIF, E. A., ABD EL-HAMEED, M. S., MAHMOUD, M. A., AHMED, H. S. *Use of cyanobacteria and organic fertilizer mixture as soil bioremediation*. In: *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 2015, 15(5), p. 794-799.
11. ȘALARU, V. *Algele edafice în fitocenozele spontane și cultivate din Moldova*. Teza de doctor habilitat în științe biologice. Chișinău, 1996, 543 p.
12. IWAMOTO, K., MINODA, Ay. *Algae, Chapter, Bioremediation of biophilic radionuclides by algae*. *IntechOpen*, 2018, 70 p. DOI: 10.5772/intechopen.81492.
13. ШТИНА, Э. А., НЕКРАСОВА, К. А. ДОМРАЧЕВА, Л. И. *Роль водорослей в формировании микробных ценозов почвы*. В: *X Междунар. Конгресс почвоведов*, 1974, т. 111, с. 22-28.
14. ШТИНА, Э. А., ПАНКРАТОВА, Е. М. *Взаимодействия азотофиксирующих сине-зеленых водорослей с микроорганизмами-спутниками*. В: *Актуальные проблемы биологии синезеленых водорослей*, 1974, с. 61-78.
15. ABOU EI-KHAIR, E. E., AL-ESAILY, I. A. S., Ismail H. E. M. *Effect of foliar spray with humic acid and green microalgae extract on growth and productivity of garlic plant grown in sandy soil*. In: *J. Product.&Dev.*, 2010, 15(3), p. 335- 354.
16. АЛЕКСАХИНА, Т. И., ШТИНА, Э. А. *Почвенные водоросли лесных биогеоценозов*. Москва: Наука, 1984, 148 с.
17. DOBROMILSKA, R., MIKICIUK, M., GUBAREWICZ, K. *Evaluation of cherry tomato yielding and fruit mineral composition after using of Bio-algeen S-90 preparation*. In: *J. Elem.* 2008, 13, p. 491–499.
18. SNEHA, GR, YADAV, R. K., CHATRATH, A., GERARD, M., TRIPATHI, K., GOVINDSAMY, V., ABRAHAM, G. *Perspectives on the potential application of cyanobacteria in the alleviation of drought and salinity stress in crop plants*. In: *Journal of Applied Phycology*, 2021, vol. 33, p. 3761–3778.
19. POVEDA, J. *Cyanobacteria in plant health: Biological strategy against abiotic and biotic stresses*. In: *Journal Science Direct*. 2021, vol. 141, p. 105450.
20. ВИНОГРАДОВА, К. Л., ШТРИК, В. А. *Дополнения к флоре водорослей северных морей России*. В: *Бот. журн.* 2005, № 10, т. 90, с. 1593-1599.
21. ТИТЛЯНОВ, Э. А., ТИТЛЯНОВА, Т. В., БЕЛОУС, О. С. *Полезные морские растения и их использование*. В: *Известия Тинро*, 2011, т. 164, с. 140-156
22. SOMAYEH, Z., RIAHI, H., SAHARIADMADARI, Z., SONBOLI, A. *Effects of cyanobacterial suspensions as bio-fertilizers on growth factors and the essential oil composition of chamomile, Matricaria chamomilla L.* In: *Journal of Applied Phycology*, 2020, 32(2), p. 1231-1241.
23. GHOTBI-RAVANDI, A. Ak., SHARIATMADARI, Z., RIAHI, H., HASSANI, S. B., HEIDARI, F., NOHOJI, M. Gh. *Enhancement of essential oil production and expression of some menthol biosynthesis-related genes in mentha piperita using cyanobacteria*. In: *Iran J Biotechnol.* 2023, 21(4), doi: 10.30498/ijb.2023.368377.3550.
24. RIAHI, H., SHARIATMADARI, Z., HEIDARI, F., NOHOJI, M. G., ZAREZADEH, S. *Cyanobacterial elicitors as efficient plant growth promoters affect the biomass and metabolic profiles of four species of Mentha L.: A comparative study*. In: *South african journal of botany*, 2023, vol. 162, p. 568-576.
25. DALIA, A.S., NAWAR SABREEN, Kh., IBRAHEIM, A. *Effect of algae extract and nitrogen fertilizer rates on growth and productivity of peas*. In: *Journal of Agriculture Research*, 2014, nr. 3(4), p. 1232-1241.
26. ABD EL Moniem, E. A., ABD-ALLAH, A. S. E.. *Effect of green alga cells extract as foliar spray on vegetative growth, yield and berries quality of superior grapevines*. In: *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 2008, nr. 4(4), p. 427-433.

27. REFAAY, D. A., EL-MARZOKI, E. M., ABDEL-HAMID, M. I., HAROUN, S. A. *Efect of foliar application with Chlorella vulgaris, Tetrademus dimorphus, and Arthrospira platensis as biostimulants for common bean.* In: *Journal of Applied Phycology*, 2021, DOI: 10.1007/s10811-021-02584-z.
28. LATEEF GHARIB, F. Abd El., OSAMA, Kh., ABD EL SATTAR, A. M., AHMED, E. Z. *Impact of Chlorella vulgaris, Nannochloropsis salina, and Arthrospira platensis as bio-stimulants on common bean plant growth, yield and antioxidant capacity.* In: *Scientific Reports*, 2024, 14:1398 <https://www.nature.com/articles/s41598-023-50040-4>.
29. YOUSSEF, S. M., EL-SERAFY, R. S., GHANEM, K. Z., ELHAKEM, A., ABDEL AAL, A. A. *Foliar spray or soil drench: microalgae application impacts on soil microbiology, morpho-physiological and biochemical responses, oil and fatty acid profiles of chia plants under alkaline stress.* In: *Biology*, 2022, 11, 1844. <https://doi.org/10.3390/biology11121844>.
30. ABO-BASHA, DO. M. R., RASHA, R. M., ABDEL-KADER, Af. and H. H. *Response of spinach (Spinacia oleracea L.) to algae extract under different nitrogen rates.* In: *Middle East Journal of Agriculture Research*. 2019, vol. 8, iss. 1, p. 47-55.
31. TROFIM, A., BULIMAGA, V., ZOSIM, L., BULIMAGA, M-B. *Aplicarea biopreparatelor cianobacteriene pentru dezvoltarea durabilă a agriculturii.* În: *Conferința științifică națională cu participare internațională „Integrare prin cercetare și Inovare”*, 2020, p. 20 -23
32. TROFIM, A., BULIMAGA, V., ZOSIM, L. *Utilizarea biostimulatorilor cianobacterieni în agricultura ecologică.* Chișinău, 2021, 79 p.
33. GRZESIK, M., ROMANOWSKA-DUDA, Z., KALAJI, H. M. *Effectiveness of cyanobacteria and green algae in enhancing the photosynthetic performance and growth of willow (Salix viminalis L.) plants under limited synthetic fertilizers application.* In: *J. Photosynthetica*, 2017, nr. 55(3), p. 510-521.

**Date despre autor:**

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

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

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

Prezentat la 23.02.2024