CZU: 582.232:633.8 **https://doi.org/10.59295/sum1(171)2024_11**

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

Sergiu DOBROJAN,
Universitatea de Stat din Moldova

Algele prezintă o sursă naturală de biofertilizanţi, eficienţi, siguri şi relativ ieftini, care pot fi utilizaţi la cultivarea plantelor aromatice şi medicinale. Aplicarea biofertilizanţilor şi a fertilizanţilor foliari algali la cultivarea plantelor aromatice şi medicinale contribuie la îmbunătățirea calității solurilor, după caz fitoremedierea acestora, îmbunătățirea stării fiziologice a platelor, creşterea rezistenţei acestora la factorii de mediu şi de stres, majorarea şi îmbunătățirea calității biomasei, precum şi sporirea conţinutului de substanţe biologic active din plante. În lucrare sunt indicate aspectele pozitive ale utilizării algelor în calitate de biofertilizant. Propunem ca la utilizarea biofertilizanţilor 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 şi să contribuie la îmbunătățirea sau după caz menținerea stării biodiversității algelor edafice.

Cuvinte-cheie: *alge, biofertilizanţi, biostimulatori, plante medicinale şi 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 şi necesităților de plante medicinale şi aromatice, precum şi din cauza exploatării intensive, poluării şi a schimbărilor globale de mediu satisfacerea cerințelor de plante medicinale şi aromatice din flora spontană este imposibilă. Astfel, pentru obținerea plantelor medicinale şi aromatice, menținerea genofondului şi a diversității acestora, este necesară cultivarea dirijată a lor [1]. Unul din obiectivele cultivării dirijate a plantelor aromatice şi medicinale este obținerea biomasei inofensive, calitativă şi în cantități sporite. Astfel, pentru sporirea cantității de biomasă şi, în unele cazuri, pentru majorarea conţinutului de substanţe biologic active la cultivarea dirijată a plantelor medicinale şi aromatice se administrează biofertilizanţi.

În prezentul studiu sub denumirea de „*alge*” ne referim atât la algele cât şi 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 stimulatorilor, iar în unele cazuri au ca efect sporirea fertilității solurilor [2,3]. Aplicarea biofertilizanţilor microbieni la cultivare plantelor aromatice şi medicinale prezintă un interes sporit datorat efectelor obţinute şi 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; şi promovarea producției de substante fiziologic active în rizosferă sau în materie organica, majorarea productivităţii şi calităţii biomasei plantelor etc. [4].

Efectele biofertilizanţilor algali asupra solurilor antrenate în cultivarea plantelor aromatice şi medicinale

Unii dintre cei mai eficienți, accesibili şi inofensivi biofertilizanţi sunt cei de origine algală. La aplicarea biofertilizanților algali se atestă impact pozitiv asupra solului manifestat prin: creşterea 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 şi alte efecte pozitive [5-9].

Aplicarea biofertilizanţilor algali contribuie la bioremedierea solurilor poluate cu metale grele, algele posedând capacitatea de a neutraliza şi acumula în biomasa lor elementele radioactive dispersate în mediu. Experimentele realizate de Al-Sherif Emad A. şi 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 creşterea semnificativă a masei uscate a plantelor (cu 41-103%), a conţinutului de azot din semințe, reducerea conţinutului 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 Şalaru s-a demonstrat faptul că tulpina algei *Nostoc linskia*, selectată în cultură pură, are capacitatea de a acumula radionuclizii Co^{+} [11]. Mai mult ca atât, se evidențiază faptul că algele *Vacuoliviride crystalliferum*, *Stigonema ocellatum* şi *Nostoc commune* prezintă cea mai mare activitate de bioacumulare a cesiului, stronțiului şi iodului din mediul înconjurător, creând premise de utilizare a acestora pentru decontaminare prin fitoremediere a terenurilor poluate din siturile nucleare [12].

Influența biofertilizanţilor algali asupra plantelor aromatice şi medicinale şi asupra biocenozelor ecosistemului solului

Algele influențează biocenozele edafice, celulele şi filamentele lor sunt înconjurate de bacterii satelit şi servesc ca centru de formare a cenozelor 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 inelaţi etc.) şi unele bacterii [13, 14].

Unele alge edafice şi acvatice utilizate în calitate de biofertilizant influențează pozitiv asupra plantelor aromatice şi medicinale din flora spontană şi 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 creşterea şi 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 substanţe biochimice active), activează procesul de asimilare a fertilizanților organici şi anorganici şi protejează rădăcinile de leziuni. Totodată, algele edafice elimină în sol cca. 10-20% din carbonul asimilat şi 60% din azotul fixat. Cercetările au demonstrat că sistemul radicular al plantelor superioare pot absorbi din materialul algologic fosforul şi sulful, iar după descompunerea celulelor algale, de către bacterii, azotul şi alte substanţe 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 creşterea şi dezvoltarea plantelor şi 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 şi 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, influenta separată a fiecărei specii necesită a fi cercetată amănunțit pentru ca ulterior acestea să poată fi izolate şi valorificate în calitate de biofertilizant.

Actualmente, sunt utilizate pe larg numeroase preparate şi composturi obţinute din biomasa algelor marine care prezintă, la fel, un interes sport în practica de cultivare a plantelor aromatice şi 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, îmbogățește solul cu azot, fosfor, caliu şi multiple micro şi macroelemente. Pentru stimularea creșterii plantelor aromatice și medicinale şi majorarea productivității în calitate de biofertilizant se utilizează numeroase extracte din alge marine [20, 21]. În opinia noastră, dezavantajul principal al acestor biofertilizanţi este faptul că algele marine nu au ca mediu de viaţă solul şi respectiv ele pot servi doar ca sursă nutritivă neavând un impact considerabil asupra dezvoltării florei algale edafice nici posibilitatea de a se menține îndelungat şi a se dezvolta pe sol, iar aplicarea lor poate cauza uneori efecte adverse atât asupra solului, cât şi a plantelor medicinale.

Considerăm că cei mai benefici biofertilizanţi care pot fi utilizați la cultivarea plantelor aromatice şi medicinale în condițiile Republicii Moldova sunt algele edafice. Algele edafice sunt parte componentă a biocenozei solurilor, atribuindu-se grupei producătorilor şi, respectiv, majoritatea dintre acestea creează relații pozitive cu biota edafică şi plantele aromatice şi medicinale. Totodată, la selectarea biofertilizanţilor algali aplicaţi este important ca speciile selectate să facă parte din biocenoza algoflorei edafică autohtone specifică regiunii de cultivare a plantelor, astfel încât aplicarea acestora să nu creeze premiez de invazie, poluare biologică şi/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 noastă, reprezentanții algelor *Cyanophyta* (în special cele fixatoare de azot) şi a celor *Cloprophyta* sunt cei mai preferențiali pentru utilizarea în calitate de biofertilizant, în condițiile ţării noastre. Aceasta fiind argumentată de predominare diversității acestor grupe de alge în componenţa floristică a algoflorei edafice din agrofitocenozele cercetate. Conform cercetărilor realizate de dr. hab., prof. Victor Şalaru în solurile naţionale 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 şi varietăţi de alge: *Cyanophyta* -100; *Xantophyta* – 58; *Cloprophyta* – 93; *Bacilariophyta* – 14. Totodată, se menţionează 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), *Tolypothtix* (2 specii) şi *Calothrix* (2 specii) [11].

Rezultatele sus menţionate indică faptul că, pe de o parte, biocenozele edafice naţionale sunt bogate în alge fixatoare de azot şi clorofite care au un rol esențial în circuitul azotului şi altor elemente în natură, iar pe de altă parte, că există premise majore de selectare în cultură a acestora, elaborarea şi dezvoltarea tehnologiilor de cultivare intensivă în vederea obţinerii de biomasă şi utilizare lor în calitate de biofertilizant. Totodată, predominarea cianofitelor, în special a celor azot fixatoare, şi a clorofitelor în solurile naţionale 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 ţara noastră sunt prielnice pentru dezvoltarea lor şi respectiv administrarea acestora poate fi cu impact de lungă durată.

Numeroase cercetări au demonstrat că aplicarea algelor cianofite şi a celor clorofite în calitate de biofertilizanţi la cultivarea plantelor aromatice şi medicinale este benefică şi influenţează pozitiv asupra plantelor şi solului. Utilizarea biomasei vii a algelor *Nostoc carneum*, *Wollea 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 şi majorarea cantităţii 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. tenue 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 creşterii plantelor, majorarea biomasei rădăcinilor şi lăstarilor, a numărului de frunze şi a suprafeței foliare şi a conţinutului de pigmenți fotosintetici. În variantele cu administrare de alge s-a atestat creşterea conţinutului de ulei esențial din biomasa plantelor medicinale cu 13-25%, s-a majorat cantitatea mentolului şi limoner de 2,36-1,87 ori şi creşterea 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 creşterii plantelor medicinale, majorarea cantităţii şi îmbunătăţirea calităţii uleiului esenţial obţinut din *Mentha piperica* [23].

Utilizarea algelor *Wollea vaginicola* ISB89 și *Nostoc spongiaeforme* var. tenue ISB91, în concentraţia de 1%, în calitate de biofertilizant la cultivarea a patru specii de Mentha (*M. spicata* L., *M. piperita* L., *M. aquatica* L. şi *M. pulegium* L.) a avut ca efect creşterea semnificativă a biomasei plantelor și a randamentului uleiurilor esențiale. S-a demonstrat că există corelaţie directă între conţinutul de auxine din celulele algale, biomasa și ulei esențial la *Mentha*. Astfel, *Wollea vaginicola*, care are un nivel mai ridicat de auxine si cationi decât *Nostoc spongiaeforme,* oferă elemente esențiale plantelor şi stimulează acumularea de substanţe biologic 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 creşterea piperitenonei cu 46–96%, iar la *M. pulegium* s-a majorat conţinutul de neo-mentol cu 17–115% comparativ cu variantele în care nu s-au administrat algele [24].

Influența fertilizanţilor foliari obţinuţi din biomasa algelor asupra plantelor aromatice şi medicinale

Biomasa algală poate fi utilizată în calitate de fertilizant foliar, sau ca sursă pentru obţinerea acestora, la cultivarea plantelor aromatice şi medicinale care manifestă o influenţă pozitivă asupra plantelor atât sub aspect cantitativ, cât şi calitativ. Cercetările realizate de Dalia A. S. Nawar şi Sabreen Kh. A. Ibraheim au evidenţiat faptul că biomasa algei *Spirulina platensis,* în concentraţie 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 creşterii plantelor, majorarea recoltei, majorarea conţinutului de proteine, azot şi fosfor din seminţe şi a conţinutului de clorofilă din frunze [25].

Aplicarea foliară a extractului obţinut din biomasa algei *Chlorella vulgaris*, în concentraţia de 25-100%, la cultivarea viţei de vie de calitate superioară a avut ca efect stimularea apariţiei mugurilor fructiferi, creşterea suprafeţei foliare, lungimea lăstarilor, a numărului de frunze la un lăstar, a concentraţiei de N, P, K din frunze, a numărului de ciochine şi a greutăţii acestora, greutatea boabelor, creşterea recoltei şi a calităţii strugurilor (creşterea conţinutului de zaharuri totale şi scăderea aciditățiii) [26].

Pulverizarea foliară cu suspensie obţinută din biomasa algei *Chlorella vulgaris*, în concentraţia de 10 g la 100 ml, la cultivarea fasolei comune (*Phaseolus vulgaris*) cu administrarea suplimentară de N-uree pe sol, a avut ca efect creşterea înălțimii plantelor (cu 26,9%), a greutății uscate (cu 37,28%), a conținutului de proteine (48,06 ± 2,403 mg/g greutate proaspătă), a carbohidraților totali (394 ± 19,7 mg/g greutate uscată), precum și a numărul de păstăi per plantă (5,2±0,26), numărul de semințe la o păstaie (3,5±0,18) şi a greutății uscate a păstăilor (0,95± 5 0,26 g) [27]. Cercetările realizate de Lateef Gharib F.Abd El şi coautorii privitor la aplicarea foliară prin pulberizare 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 concentraţia de până la 1% au generat îmbunătățirea semnificativă a diverșilor 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 proximă, energia semințelor și conținutul mineral al semințelor recoltate şi s-a majorat recolta [28].

Aplicarea foliară şi 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 influenţă pozitivă manifestată prin creşterea greutăţii proaspete şi uscate a plantelor, a pigmenţilor frunzelor, a conținutului total de proteine, carbohidrați, a conținutului de nutrienţi, a randamentului de semințe și ulei, precum și o creștere a acizilor grași linolenic și linoleic şi 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% faţă de variantele de control [29].

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

Cercetările realizate de dr. A. Trofim şi coautorii au evidenţiat faptul că utilizarea stimulatorilor din filtratele rezultate de la cultivarea biomasei de *Spirulina platensis* și *Nostoc halophylum* la tratarea foliară a plantelor de mentă şi busuioc au demonstrat capacitatea acestora de a spori cantitatea de masă vegetală, la busuioc cu 25 şi 22% şi la mentă cu 28 şi 25%. Aceste cercetări demonstrează că filtratele rezultate după recuperarea biomasei de alge cianofite pot servi în calitate de biostimulatori, datorită prezenței în componenţa lor a macro- şi microelementelor, fitohormonilor, aminoacizilor şi altor metaboliţi [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_2. 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 fertilizanţilor chimici utilizaţi la cultivarea *Salix viminalis* L. [33].

Concluzii

În baza celor menţionate, concluzionăm că algele prezintă o sursă eficientă, ecologică şi regenerabilă de biofertilizanţi care pot fi utilizaţi la cultivarea plantelor aromatice şi medicinale. Aplicarea biofertilizanţilor şi a fertilizanţilor foliari algali la cultivarea plantelor aromatice şi medicinale contribuie la îmbunătățirea calității solurilor, după caz fitoremedierea acestora, îmbunătățirea stării fiziologice a plantelor, creşterea rezistenţei acestora la factorii de mediu şi de stres, accelerarea creşteri, majorarea şi îmbunătățirea calității biomasei, precum şi sporirea conţinutului de substanţe biologic active din biomasa plantelor.

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

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

Referinţe:

1. MELNIC, V., ZBANCĂ, A., STRATAN, D. *Tehnologii şi inovaţii în sectorul plantelor aromatice şi medicinale în contextul schimbărilor climatice*. Chişinău, 2022,82 p. ISBN 978-9975-64-341.
2. VESSEY JK. P*lant 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., El-SHEEKH, MM., El-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., El-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. ŞALARU, V. *Algele edafice în fitocenozele spontane şi cultivate din Moldova.* Teza de doctor habilitat în ştiinţe biologice. Chişinău, 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 El-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., NOHOOJI, 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., NOHOOJI, 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, Tetradesmus 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 olerasea 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. A*plicarea 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*. Chişinău, 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 ştiinţific principal LCŞ „Algologie Vasile Şalaru”, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0003-0040-5836
E-mail: sergiudobrojan84@yahoo.com

Prezentat la 23.02.2024