

CZU: 633.822:631.547.1./2:582.232

DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4980518>

EFFECTUL UNOR BIOSTIMULATORI CIANOBACTERIENI ASUPRA GERMINĂRII SEMINTELOR ȘI CREȘTERII PLANTULELOR DE *MENTHA SPICATA* L.

Liliana ZOSIM, Valentina BULIMAGA, Alina TROFIM

Universitatea de Stat din Moldova

Sunt prezentate și analizate unele realizări din ultimele decenii referitoare la utilizarea de către mai mulți autori a macroalgelor marine în calitate de surse producătoare de biostimulatori pentru sporirea creșterii plantelor de cultură și majorarea rezistenței lor la secetă și la alți factori abiotici. Cianobacteriile, de rând cu algele marine și microalgele, prezintă un interes sporit din punct de vedere aplicativ, datorită componenței biochimice valoroase, precum și capacității de producere a unor metaboliți, inclusiv fitohormoni, aminoacizi, exopolizaharide etc. În lucrare este prezentat un studiu de caz cu evaluarea efectului unor biostimulatori naturali, elaborați în baza filtratelor, rezultat de la cultivarea cianobacteriilor *Spirulina platensis* și *Calothrix marchica* asupra germinării semințelor și creșterii plantulelor plantei aromatice *Mentha spicata* L. în primele 15 zile după germinare.

Cuvinte-cheie: biostimulatori, alge, cianobacterii, filtrat, agricultură eco, fitohormoni, semințe de *Mentha spicata*.

THE EFFECT OF SOME CYANOBACTERIAL BIOSTIMULANTS ON SEED GERMINATION AND GROWTH OF *MENTHA SPICATA* L. SEEDLING

Some achievements from the last decades regarding the use of marine macroalgae by numerous authors as sources of biostimulants producers to increase the growth of crop plants and their resistance to drought and other abiotic factors are presented and analysed. Cyanobacteria, next to seaweed and microalgae, are of increased interest for applied agriculture due to their valuable biochemical composition, as well as the ability to produce metabolites, including phytohormones, amino acids, exopolysaccharides, etc. A case study is presented assessing the effect of natural biostimulants, based on filtrates resulting from the cultivation of cyanobacteria *Spirulina platensis* and *Calothrix marchica* on the seeds germination and growth of aromatic plant *Mentha spicata* L. seedlings in the first 15 days after germination.

Keywords: biostimulants, algae, cyanobacteria, filtrate, eco agriculture, phytohormones, *Mentha spicata* seeds.

Introducere

În ultimele decenii în rândurile specialiștilor care activează în domeniul agriculturii, precum și al cercetătorilor care promovează agricultura durabilă se observă un interes sporit față de explorarea unor noi surse naturale de substanțe cu rol de stimulare a creșterii plantelor [1–3]. Definiția științifică de biostimulatori vegetali a fost propusă de Kauffman și al., care menționează că aceștia sunt materiale, altele decât îngrășămintele, care promovează creșterea plantelor, fiind administrate în cantități diminuate [4]. Această definiție a fost completată mai recent de Jardin și susținută de alți autori. Astfel, ca biostimulator este definită orice substanță sau microorganism aplicat plantelor cu scopul de a spori eficiența nutrițională, toleranța la stres abiotic și/sau caracteristicile calității plantelor de cultură [5]. Prin extensie, biostimulatorii vegetali desemnează, de asemenea, și produse comerciale care conțin amestecuri de astfel de substanțe și/sau microorganisme. Definiția propusă de Jardin este susținută și de alți autori prin argumente legate de cunoștințele științifice despre natura, modurile de acțiune și tipurile de efecte ale biostimulatorilor asupra plantelor de cultură și horticole [6]. Mai mult ca atât, definiția propusă vine să contribuie la acceptarea biostimulatorilor prin viitoarele reglementări la nivelul UE, precum și în vederea armonizării regulamentelor locale cu cele europene, trasând distincția dintre biostimulatori și îngrășăminte, pesticide sau agenți de control.

Pe parcursul a câtorva decenii în calitate de agenți de protecție împotriva contaminării mediului cu metale grele și alți poluanți, precum și de prevenire a riscurilor ecologice în agricultura durabilă, au fost valorificate macroalgele marine pentru a satisface atât obiectivele economice, cât și cele ecologice [1].

Algele marine sunt organizate taxonomic în trei grupuri mari și distincte, bazate pe culoarea talului: Chlorophyta (alge verzi), Rhodophyta (alge roșii) și Ochrophyta – Phaeophyceae (alge brune). Ele acumulează amidon în interiorul celulelor lor ca depozit de energie și de alte polizaharide diferite ale lanțului molecular. Algele verzi produc ulvan și conțin caroten, xantofile și clorofile *a* și *b* (ceea ce susține ideea că sunt strămoșii plantelor) ca pigmenți. Algele roșii (cele mai frecvente în mările calde) au clorofile *a* și *b* și carotenoide, iar

colorarea lor se datorează prezenței în celulele lor a ficoeritrinei (a proteinei-pigment). În algele brune se găsesc pigmentii fucoxantină, clorofile *a* și *d* și carotenoizi, iar ca substanțe de rezervă – uleiuri și polizaharide (cum ar fi laminarina și *a*). La fel ca plantele de pe uscat, algele marine au roluri ecologice similare pe teritoriul acvatic; unele specii de macroalge pot servi ca bioindicatori ai calității apei, iar altele pot efectua bioremedierea prin bioabsorbție, bioacumulare și metabolizare.

În numeroase studii pe terenuri agricole a fost utilizată biomasa algală în calitate de îngrășământ. Algele sunt surse bogate în carbohidrați (inclusiv polizaharide), proteine, minerale și alți compuși chimici, cum sunt polifenolii, pigmentii vegetali, acizii grași nesaturați, sterolii și hormonii vegetali.

Produsele cu rol de stimulare a creșterii plantelor comercializate pe piața mondială sunt obținute în majoritate din alge brune datorită conținutului relativ înalt al substanțelor bioactive componente ale acestor alge, precum și accesibilității pe parcursul anului. Extractele de alge sunt adesea îmbogățite cu substanțe precum uree, acizi humici, fosfat de amoniu, sulfat de potasiu și hormoni de creștere. Polizaharidele de bază ale peretelui celular al algelor verzi sunt ulvanele, la algele roșii sunt agaranii și carrageninele. La rândul lor, polizaharidele algelor brune conțin alginati, fucoidani și laminarină în calitate de polizaharide de rezervă [7]. Alte ingrediente care îmbunătățesc creșterea plantelor sunt micro- și macromineralele, betainele și, poate cele mai importante, fitohormonii [5].

Cel mai utilizat grup de alge în scopul producerii stimulatoarelor agricole sunt astfel de alge marine ca *Ascophyllum nodosum*. Mai mult de 50% dintre biostimulatorii propuși conțin extracte din *Ascophyllum nodosum* [8]. Alte specii care sunt utilizate pentru fabricarea biostimulatorilor de creștere a plantelor sunt *Fucus spp.*, *Laminaria spp.*, *Sargassum spp.* sau *Turbinaria spp.* Algele brune sunt un bun substrat pentru producție, deoarece pot atinge dimensiuni notabile, sunt disponibile pe parcursul anului și pot fi cultivate cu succes în laborator și direct pe platforme în mare. *Kappaphycus alvarezii* este un exemplu de alge roșii care au fost utilizate în producția de biostimulatori. Dintre algele verzi în condiții de laborator și industriale în acest scop cel mai des este cultivată *Ulva spp.* Componentele unor astfel de produse pot nu doar influența procesele de dezvoltare a plantelor cultivate, dar servesc și ca factori indirecti în calitate de fertilizatori, având efect asupra fertilității solului sau dezvoltării microorganismelor solului, implicate în procesele de humificare. Unele dintre polizaharide, cum ar fi carrageninele algelor roșii, sunt cunoscuți ca mediatori ai stresului la plante [9].

Dintre biostimulatorii obținuți în ultimii 10 ani din macroalge sunt cunoscuți Kelpak® (din alga brună *Ecklonia maxima*), Goemar BM86® (din alge marine), SeaTop®, Maxicrop®, Seamac® și SuperFifty (din *Ascophyllum nodosum*), Tri-Kelp (din alge brune *Laminaria*, *Sargassum*, *Ascophyllum*), Aquasap™ (din alga roșie *Kappaphycus alvarezii*), Vegegrow (din alga roșie *Kappaphycus alvarezii* și algele brune *Euclima sp.*) și alți stimulatori [8].

În rezultatul studiilor efectuate de unii cercetători s-a stabilit că extractele din alge stimulează creșterea plantelor. Biostimulatorii produși din macro- și microalge au demonstrat capacitatea de a influența pozitiv asupra metabolismului plantelor, și anume: respirației, sintezei clorofilei, fotosintezei, sintezei acizilor nucleici, precum și asupra mecanismelor de absorbție a ionilor. Astfel de produse îmbunătățesc, de asemenea, capacitatea de reținere a apei și formarea de antioxidanți [8,10]. Rezultate interesante au fost observate și în cazul utilizării stimulatorului cu denumirea comercială Aquasap™, ce conținea extract de alga *Kappaphycus alvarezii*. Astfel, la aplicarea lui s-a obținut un randament de producere mai sporit cu 31,69% la nuci și cu 51,30% la floarea soarelui, comparativ cu controlul. Administrarea unui extract în concentrații de 5% a condus, de asemenea, la creșterea conținutului de ulei în semințe cu 15,77% pentru floarea soarelui și cu 14,27% pentru nuc. Astfel, aplicarea biostimulatorului pe bază de alge marine a influențat foarte mult randamentul și calitatea culturilor, în ceea ce privește valorile nutritive [11].

În scopul creșterii toleranței plantelor la secetă, au fost efectuate numeroase studii, în care extractele de alge brune, în special de *Ascophyllum nodosum*, precum și de alte macroalge marine, precum *Ulva rigida* și *Fucus spiralis*, au fost utilizate ca tratament foliar, pe plantele de fasole (*Phaseolus vulgaris* L.) în condiții de secetă severă și moderată. S-a dovedit că aplicațiile foliare ale acestor două extracte de alge marine în concentrații de 25% au fost eficiente și au ajutat plantele tratate să depășească stresul, fiind semnalată o îmbunătățire a creșterii vegetative. Activitatea crescută a enzimelor antioxidante, cum ar fi peroxidaza, superoxid dismutaza și catalaza, și majorarea conținutului de polifenoli pot indica faptul că extractele de alge au contribuit la mecanismele de protecție împotriva peroxidării și la creșterea toleranței la secetă la plantele de fasole și *Salvia officinalis* [12,13].

Un alt studiu întreprins pe spanac a demonstrat faptul că administrarea prin aplicare foliară a extractului de *Ascophyllum* în regim de irigare normală în condiții de stres indus de secetă a îmbunătățit creșterea plantelor [14]. Aplicarea extractelor din *Ascophyllum nodosum* și a fracțiunilor lor lipofile la *Arabidopsis thaliana* a demonstrat o creștere semnificativă a toleranței la îngheț în timpul testelor *in vitro* și *in vivo*. În perioada de recuperare, după perioada de expunere la îngheț, plantele tratate cu extracte de alge marine au prezentat o capacitate cu 70% mai înaltă de rezistență la distrugerea clorofilei, în comparație cu plantele netratate [15]. Alt experiment referitor la acțiunea extractelor algale asupra castraveților (*Cucumis sativus* L.) la temperaturi joase a demonstrat faptul că randamentul de producere, și anume – numărul de plante roditoare, greutatea fructelor, randamentul/m² și randamentul total – a crescut semnificativ în urma aplicării foliare a preparatelor de alge Seaforce și Seamino [16]. În unele cazuri a fost stabilit că stimulatorii algali ar putea îmbunătăți rezistența unor plante și la alte condiții de stres, inclusiv la salinitate. Astfel, la aplicarea extractelor de *Ascophyllum nodosum* în condiții de stres salin modelat Aziz și colaboratorii au observat o diminuare a parametrilor de creștere a plantei *Amaranthus tricolor* în probele fără adaos de extract algal, pe când administrarea extractului de alge marine prin aplicare foliară în concentrații de 2,5 ml extract la 1 l apă pe fon de stres salin a stimulat creșterea, înflorirea și acumularea substanțelor la *Amaranthus tricolor* [17].

Rezultate similare au fost obținute și de alți cercetători la vinete (Eggplant) la administrarea foliară a trei concentrații diferite de extract de *Ascophyllum nodosum* pe fon de stres salin [18]. În urma cercetărilor efectuate s-a observat că administrarea extractelor de alge a atenuat efectele negative ale salinității, fiind totodată semnalată o creștere a activității enzimelor antioxidante – superoxidismutază și peroxidază ascorbică. De asemenea, în cazul tratării foliare cu extract de *Ascophyllum nodosum* s-a observat acumularea unor cantități mai înalte de compuși fenolici și clorofilă, fiind stimulată și creșterea vegetativă a vinetelor [18].

Un alt experiment pe semințe de ridiche (*Raphanus sativus* L.), care după tratarea cu extracte de algă roșie *Codium taylorii* sau *Pterocladia capillacea* au fost semănate în sol argilos-nisipos și lăsate să crească timp de 35 de zile, a scos în evidență că plantele tratate cu extract sunt mai rezistente la stresul salin [19]. Alți cercetători au evaluat particularitățile fiziologice și anatomice ale dovleceilor (*Cucurbita pepo* L.), precum și schimbările în compoziția minerală la tratare foliară cu extract de *Ecklonia maxima* (biopreparat Kelpak). Tratamentul cu extract de alge marine a îmbunătățit randamentul de producere și biomasa de dovlecei [20]. Datorită compoziției bogate a extractelor algale în compuși bioactivi, produsele care conțin astfel de extracte pot fi testate și utilizate la plantele care cresc în condiții de stres, de exemplu: secetă, schimbări de temperatură, salinitate sau atac patogen (în mare parte fungice sau bacteriene) [21]. Comercial, nu doar biomasa algelor este utilizată ca biofertilizant, ci și compuși izolați din alge sub formă de substanțe chimice pure sau extracte care conțin fracții de compuși, cum ar fi polizaharidele și produsele de degradare a acestora. Natura substanțelor bioactive extrase din algele marine, precum și concentrația compușilor activi depinde de specie, locul de recoltare, anotimpul, condițiile de mediu, dar, nu în ultimul rând, și de metoda de extragere folosită.

Realizările obținute în domeniul aplicării algelor marine în calitate de surse de biostimulatori deschid noi perspective de valorificare în calitate de producători de biostimulatori și a altor tulpini de microorganisme, inclusiv cianobacterii și microalge, care la momentul actual rămân insuficient cercetate și valorificate. Un rol important în acest context revine tulpinilor de cianobacterii autohtone, care se găsesc în biocenozele locale și ar putea fi aplicate cu succes ca surse de biostimulatori pentru majorarea ratei de germinare și de sporire a creșterii și productivității plantelor de cultură. Avantajele utilizării cianobacteriilor sunt condiționate de următorii factori: (1) ele sunt surse naturale regenerabile, durabile și ecologice, (2) procesul de sinteză este accelerat, (3) raportul cost-eficiență este net pozitiv, (4) au capacitatea de a asimila gazele de seră, (5) consumul redus de substanțe chimice necesare pentru prepararea mediilor nutritive (6) au capacitatea de a fixa azotul atmosferic, (7) descompun deșeurile și reziduurile organice, detoxificază metalele grele, pesticidele și alte xenobiotice, (8) accesibilitatea recuperării lor din biocenozele locale și conservarea biodiversității lor.

În ultimele două decenii sunt raportate informații valoroase despre calitățile cianobacteriilor și rolul lor potențial în rezolvarea problemelor agricole și de mediu pentru bunăstarea viitoare a planetei. Cianobacteriile pot aduce beneficii plantelor și sunt utilizate ca stimulatori în producerea culturilor agricole ca surse de fitohormoni, precum acidul giberelic, auxinele, acidul abscisic și citochininele [22-24].

Compoziția algelor și a cianobacteriilor este extrem de bogată în polizaharide, proteine lipide, precum și în metaboliți secundari, inclusiv fitohormoni. Polizaharidele, în special exopolizaharidele, îndeplinesc numeroase funcții biologice, una dintre care este protejarea tulpinii de cianobacterii de la secetă. Conținutul total de poli-

zaharide produse de alge și cianobacterii poate varia de la 4% la 76% din greutatea uscată a acestor organisme. Acești polimeri naturali servesc în alge și cianobacterii drept constituenți majori ai membranelor și peretelui celular sau ca compuși de depozitare [7,22,25].

Pe lângă carbohidrați, proteine, aminoacizi, polizaharide, în compoziția algelor și a cianobacteriilor pot fi identificați în concentrații foarte mici și fitohormonii care acționează ca reglatori ai creșterii și dezvoltării plantelor. Cei mai cunoscuți fitohormoni sunt: auxinele, citokinele sau gibberelinele; cu toate acestea, există și alți compuși care pot influența creșterea și dezvoltarea organismelor fotoautotrofe. Se consideră că hormonii vegetali sunt unele dintre cele mai active componente ale extractelor de cianobacterii și alge. Acești compuși cu greutate moleculară mică, care provin din grupuri cu structuri chimice diferite, pot afecta metabolismul plantelor în concentrații foarte mici. Pe de altă parte, în doze mai mari, hormonii plantelor pot provoca efecte adverse și pot inhiba procesele importante care apar la plante [26]. Unele publicații științifice mai recente indică faptul că algele și cianobacteriile conțin o concentrație relativ înaltă de macro- și micronutrienți, precum și de aminoacizi, antibiotice și vitamine, care sunt necesare pentru dezvoltarea și creșterea plantelor terestre [27].

Astfel, biomasa cianobacteriană este considerată o sursă eficientă de bioîngrășământ pentru îmbunătățirea caracteristicilor fizico-chimice ale solului, cum ar fi capacitatea de menținere a apei și a componentei de minerale nutritive în terenurile arabile degradate. Ca și alte microorganisme, cianobacteriile sunt aplicate din ce în ce mai frecvent și ca bioinoculanți pentru îmbunătățirea fertilității solului și a calității mediului [28]. Fiind introduse în sol, cianobacteriile heterocistice sunt capabile să fixeze azotul atmosferic și să solubilizeze mineralele, cum ar fi fosfații.

Sunt raportate rezultatele unor cercetări care indică că tratarea foliară cu extractul obținut din *Spirulina platensis* a plantelor de grâu, irigate cu apă de mare, a fost benefică pentru ameliorarea toleranței la salinitate [29].

Produsele ce conțin extracte de alge și cianobacterii nu doar că stimulează creșterea și dezvoltarea culturilor, majorând astfel randamentul de producere, dar și îmbunătățesc calitatea și valorile nutritive ale plantelor de cultură.

Un alt studiu întreprins a scos în evidență faptul că aplicarea extractului de cianobacteria *Spirulina platensis* în anumite diluții a condus la stimularea germinării semințelor de ardei *Capsicum annum*. Aplicarea extractului concentrat (fără diluție) a demonstrat o acțiune inhibitoare asupra germinării semințelor. Diluțiile de 2 și 4 ori (extract de 50% și de 25%, respectiv) au demonstrat un efect pozitiv asupra germinării semințelor, precum și asupra lungimii rădăcinilor și a numărului de rădăcini laterale. Aceste rezultate confirmă posibilitatea producerii unui biostimulator ecologic cu potențial comercial [30].

Dintre lucrările mai recente referitoare la utilizarea biomasei de macroalge și cianobacterii și a extractelor acestora în calitate de biostimulatori pot fi menționate cercetările lui Michalak și al. (2017) privind efectul algelor marine asupra germinării semințelor de ridiche [31], precum și alte studii cu privire la posibilitatea utilizării extractului și omogenatului de *Spirulina platensis* aplicat foliar la cultivarea ridichii. S-a stabilit timpul optim de înmuiere a semințelor, precum și concentrațiile și dozele necesare de extract și de omogenat. Cele mai înalte rezultate au fost observate pentru omogenatul aplicat la o doză de 300 μ L la 1,5 g de semințe și 15% de extract aplicat sub formă de spray foliar. S-a stabilit și conținutul maxim de clorofilă în grupul tratat cu 100 μ L de omogenat și 5% de extract [31].

Un alt studiu referitor la utilizarea extractelor obținute din cianobacteria *Arthrospira platensis* și din tulpini algale: *Chlorella vulgaris*, *Isochrysis galbana*, *Nannochloropsis gaditana* (= *Microchloropsis gaditana*), *Porphyridium cruentum* (= *P. purpureum*), *Scenedesmus acuminatus* (= *Tetradismus lagerheimii*) și *Tetraselmis suecica* din apa unui iaz (Italia) și din apele de coastă ale mării pentru evaluarea efectului lor asupra germinării semințelor de cresson *Lepidium sativum* L. a scos în evidență un efect mai sporit în cazul extractului de *Arthrospira platensis* [33]. Astfel, putem constata că rezultatele obținute de unii cercetători demonstrează capacitatea extractelor obținute din cianobacteria *Spirulina platensis* de a stimula procesul de germinare a semințelor și de creștere a plantelor de cultură.

Totuși, analizând datele din literatură referitoare la valorificarea cianobacteriilor ca surse de biostimulatori se observă că sunt într-un număr foarte limitat studiile referitoare la utilizarea apelor uzate, rezultate de la cultivarea cianobacteriilor, care ar putea fi valorificate în calitate de stimulatori pentru creșterea plantelor. La acestea se atribuie cercetările anterioare efectuate de Lakshmi și Annamalai (2008), care au testat efectul filtratelor de cultură ale unor cianobacterii (alge albastre-verzui) și anume – *Anabaena ambigua* Rao și *Oscillatoria foreauii* Fremi – asupra creșterii unei plante medicinale *Withania somnifera* Dunal pe diferite tipuri de sol.

Experimentele efectuate pe teren cu utilizarea ca spray foliar a unor cantități de filtrate de cultură au îmbunătățit creșterea plantelor în solul argilos nisipos, în comparație cu solul roșu prin completarea rizosferei plantei. Concomitent cu creșterea unor parametri studiați (lungimea și diametrul rădăcinilor laterale, masa verde și cea uscată) s-a intensificat și creșterea plantelor *Withania somnifera* Dunal la utilizarea filtratului de cultură, obținut după 16 zile de cultivare a cianobacteriei *O. foreaui*, grație asimilării nutrienților din filtrate [34].

Mai este cunoscută utilizarea filtratelor rezultate de la cultivarea cianobacteriilor *Anabaena oryzae*, *Nostoc ellipsosporum* și *Synechococcus* sp pe mediul de cultură BG-11, timp de 21 de zile. Aceste filtrate după dializă conțineau gibereline ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$): 0,71 (*Anabaena oryzae*), 1,08 (*Nostoc ellipsosporum*) și -0,66 (*Synechococcus* sp). S-a stabilit un efect pozitiv al acestora asupra germinării semințelor și asupra enzimelor antioxidante din plantele în condiții de laborator [35].

Cercetările noastre recente referitoare la utilizarea stimulatoarelor din filtratele rezultate de la cultivarea biomasei de cianobacterii *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%, respectiv. Rezultatele raportate de noi și de alți autori demonstrează că filtratele rezultate după recuperarea biomasei de cianobacterii pot servi în calitate de biostimulatori, datorită prezenței în componența lor a macro- și microelementelor, fitohormonilor, aminoacizilor și altor metaboliți [36].

Deși cianobacteria *Spirulina platensis* este explorată pe scară largă la nivel mondial ca obiect biotehnologic și ca supliment alimentar, totuși rămân încă neutilizate apele reziduale (filtrate), rezultate de la producerea biomasei, care ar putea fi valorificate în calitate de biostimulatori pentru agricultura ecologică.

Scopul prezentei lucrări rezidă în studierea efectului biostimulatorilor produși în baza filtratelor cianobacteriilor *Spirulina platensis* CNMN-CB-11 și *Calothrix marchica* CNMN-CB-18 asupra germinării semințelor de mentă și dezvoltării plantulelor în primele 15 zile după germinare.

Material și metode

Cultivarea cianobacteriilor Spirulina platensis CNMN-CB-11 și *Calothrix marchica* CNMN-CB-18

Tulpina cianobacteriei *Calothrix marchica* a fost izolată din biocenoză locale, fiind studiate proprietățile ei fiziologo- biochimice. Ulterior aceasta a fost depozitată în Colecția Națională de Microorganisme Neapatogene din cadrul Institutului de Microbiologie și Biotehnologie. Tulpinile cianobacteriilor din colecția laboratorului „Ficobiotehnologie” au fost menținute prin recultivare la fiecare 2-4 săptămâni pe medii nutritive proaspete la o temperatură care nu depășește 20°C pe agar (2%) mediu Gromov nr.6 fără azot. Cultura cianobacteriilor *Calothrix marchica* pentru utilizare în agricultură a fost cultivată pe mediul BG11 în baloane Erlenmeyer cu un volum de 2-3 l la o iluminare de 2-3,5 mii lux și la o temperatură de 22-28°C, timp de 14-21 zile. Cultivarea cianobacteriei *Spirulina platensis* CNMN-CB-11 s-a efectuat pe mediul nutritiv Zarrouk modificat, la 30-32°C și la iluminarea 2000-3000 lx. Cultura a fost agitată periodic în decurs de 21 de zile. După filtrare biomasa a fost spălată de 2-3 ori cu apă bidistilată, suspendată în apă și congelată. Filtratul rezultat după cultivare a fost colectat și utilizat ca sursă de stimulator.

Determinarea aminoacizilor liberi a fost efectuată cu ninhidrină conform metodei descrise anterior în [37]. La 0,5 ml filtrat s-au adăugat 2 ml H₂O bidistilată, apoi 0,5 ml soluție de 0,35% ninhidrină în etanol, după care probele au fost plasate pe baia de apă la 100°C timp de 15 min. După răcire s-au adăugat câte 0,5 ml etanol și s-a măsurat absorbanta la 540 nm. Pentru curba de calibrare a fost utilizată soluția stoc cu concentrația 10 mg/ml de aminoacizi (valină, lizină, triptofan, acid aspartic, serină). Prin diluarea soluției stoc au fost obținute câteva soluții cu concentrații diferite și a fost determinat coeficientul de recalcul pentru determinarea conținutului de aminoacizi liberi.

Cantitatea de acid indolil acetic produs de cianobacterii a fost determinată prin metoda colorimetrică cu reagentul Salkowski [38], utilizând în calitate de standard 3-IAA 98% (Sigma-Adrich). Cantitatea de acid giberelic a fost determinată cu reagentul Folin-Wu, utilizând în calitate de standard acidul giberelic $\geq 95\%$ (Sigma-Adrich) [39].

Determinarea acțiunii biostimulatorilor cianobacterieni asupra germinării semințelor de mentă. Toate variantele experimentale au fost reproduse în trei repetări cu 25 semințe per experiment. Semințele de mentă au fost transferate în cutii Petri sterilizate cu diametrul de 100 mm, fiind plasate pe hârtie de filtru îmbibată cu apă distilată în cazul probei martor și cu soluții de biostimulatori S1 (filtrat rezultat de la cultivarea cianobacteriei *Spirulina platensis*) și S2 (filtrat rezultat de la cultivarea cianobacteriei *Calothrix marchica*) în cazul probelor experimentale. Cutiile Petri au fost incubate la 21°C sub un ciclu de 16 ore de lumină/8 ore de întuneric. Germinarea semințelor și creșterea plantulelor a fost verificată la intervale de 24 de ore timp de 15 zile.

La fiecare 3 zile, pentru a menține umiditatea, hârtia de filtru a fost umezită cu câte 3 ml apă distilată în cazul probei martor și cu câte 3 ml soluție de biostimulatori S1 și S2 în cazurile experimentale. După germinare plantulele au fost monitorizate încă 15 zile. A fost măsurată lungimea tulpiniței, lăstarilor și lungimea rădăcinilor plantulelor. Procentul de germinare (PG) a fost calculat conform formulei:

$$PG = (\text{Nr de semințe germinate} / \text{Nr total de semințe}) \times 100\% [40].$$

Rezultate și discuții

În calitate de biostimulatori au servit filtratele de la cultivarea cianobacteriilor *Calothrix marchica* și *Spirulina platensis*. Pentru obținerea biostimulatorilor cianobacteria *Spirulina platensis* a fost cultivată timp de 14, 21 și 28 de zile pe mediul modificat Zarook, iar în cazul cianobacteriei *Calothrix marchica* – 21 de zile pe mediul mineral BG11. Filtratele au fost separate de biomasă prin filtrare și determinați unii componenți biochimici (Tab.1).

Tabelul 1

Compoziția biochimică a filtratelor rezultate la cultivarea cianobacteriilor
Spirulina platensis și *Calothrix marchica*

Compoziția biochimică	Filtrate rezultate la cultivarea			
	Cianobacteriei <i>Spirulina platensis</i> timp de 14 zile	Cianobacteriei <i>Spirulina platensis</i> timp de 21 de zile	Cianobacteriei <i>Spirulina platensis</i> timp de 28 de zile	Cianobacteriei <i>Calothrix marchica</i> timp de 21 de zile
Aminoacizi, mg/l	30,14±1,34	13,91±0,78	4,12±0,17	7,73±0,32
Acid gibirelic, mg/l	25,0±1,12	39,0±1,36	110,0±5,18	25,0±1,38
Acid indolilacetic, μg/l	7,55±0,32	6,78±0,27	8,23±0,34	5,7±0,14

$p \leq 0,05$

După cum demonstrează datele experimentale obținute (Tab.1), conținutul de aminoacizi din filtratul rezultat în urma cultivării spirulinei variază în limitele 4,12-30,14mg/l în dependență de termenul de cultivare (zile) în cazul spirulinei. Astfel, cele mai înalte valori (30 mg/l) au fost determinate în filtratul rezultat la cultivare timp de 14 zile. Odată cu creșterea duratei de cultivare la 21 și la 28 de zile, respectiv, conținutul de aminoacizi scade de 2,1-7,3 ori. Acest lucru este determinat posibil de faptul că odată cu mărirea termenului de cultivare aminoacizii se utilizează de către spirulină, servind în calitate de sursă de azot. Conținutul de aminoacizi în filtratul, rezultat în urma cultivării cianobacteriei *Calothrix marchica*, este de 7-8 mg/l.

Conținutul acidului gibirelic se majorează odată cu mărirea termenului de cultivare de la 14, 21 și 28 de zile, respectiv. Astfel, conținutul acidului gibirelic este de 4,4 ori mai mare și constituie 110 mg/l în cazul cultivării spirulinei timp de 28 de zile față de 25 mg/l în cazul cultivării timp de 14 zile. Este prezent acidul gibirelic și în filtratul rezultat în urma cultivării cianobacteriei *Calothrix marchica*, valoarea cantitativă constituind 25 mg/l. Prezența acidului gibirelic în filtratele cercetate poate atribui biostimulatorilor efecte stimulatorii.

A fost determinat și conținutul acidului indolil acetic (IAA) în filtratele rezultate la cultivarea cianobacteriilor *Spirulina platensis* și *Calothrix marchica*. În filtratul colectat la diferite perioade de cultivare a spirulinei valorile cantitative variază nesemnificativ, fiind cuprinse în limitele 7,55-8,23 μg/l, iar în cazul filtratului rezultat de la cultivarea cianobacteriei *Calothrix marchica* timp de 21 de zile s-au înregistrat valori relativ mai joase – 5,7 μg/l.

La următoarea etapă de cercetare a fost determinat procentul de germinare a semințelor de mentă la tratarea cu biostimulatorii produși în baza filtratelor rezultate de la cultivarea cianobacteriei *Spirulina platensis* (S1 și S11) și de la cultivarea cianobacteriei *Calothrix marchica* (S2 și S22) prin două diluții: de 1:19 și 1:24 (Tab.2). Astfel, după cum demonstrează datele experimentale obținute, procentul de germinare a semințelor de mentă este mai majorat în cazul administrării biostimulatorilor cercetați, comparativ cu proba de referință fără stimulator, doar cu apă distilată. Cel mai înalt procent de germinare în limitele 88-96% a rezultat în cazul administrării biostimulatorului obținut în baza filtratului de la *Calothrix marchica* în diluție de 1:24, după care urmează biostimulatorul în baza filtratului rezultat de la *Spirulina platensis* (până la 84-88%). Astfel, biostimulatorii obținuți (la diluția de 1:24 a filtratelor rezultate în urma cultivării cianobacteriilor *Spirulina platensis* și a celor de la *Calothrix marchica*) s-au dovedit a avea efecte stimuloare mai evidente asupra germinării semințelor de mentă, comparativ cu proba martor (64-68%).

Tabelul 2

Procentul de germinare a semințelor de mentă la aplicarea biostimulatorilor produși în baza filtratelor rezultate de la cultivarea cianobacteriilor *Spirulina platensis* și *Calothrix marchica*

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

$p \leq 0,05$

În rezultatul analizei datelor experimentale referitoare la germinarea semințelor de mentă, putem concluziona că aplicarea stimulatorilor obținuți la diluarea de 1:19 și 1:24 a filtratelor rezultate de la cultivarea cianobacteriilor *Spirulina platensis* (S1 și S11) și *Calothrix marchica* (S2 și S22) manifestă un efect de stimulare mai înalt asupra germinării semințelor de mentă, comparativ cu proba de referință tratată cu apă distilată.

Au fost determinați și unii parametri de creștere a plantulelor de mentă (lungimea plantulelor, lungimea rădăcinii principale, numărul de frunzulițe) la a 15-a zi după germinare (Fig.1-6).

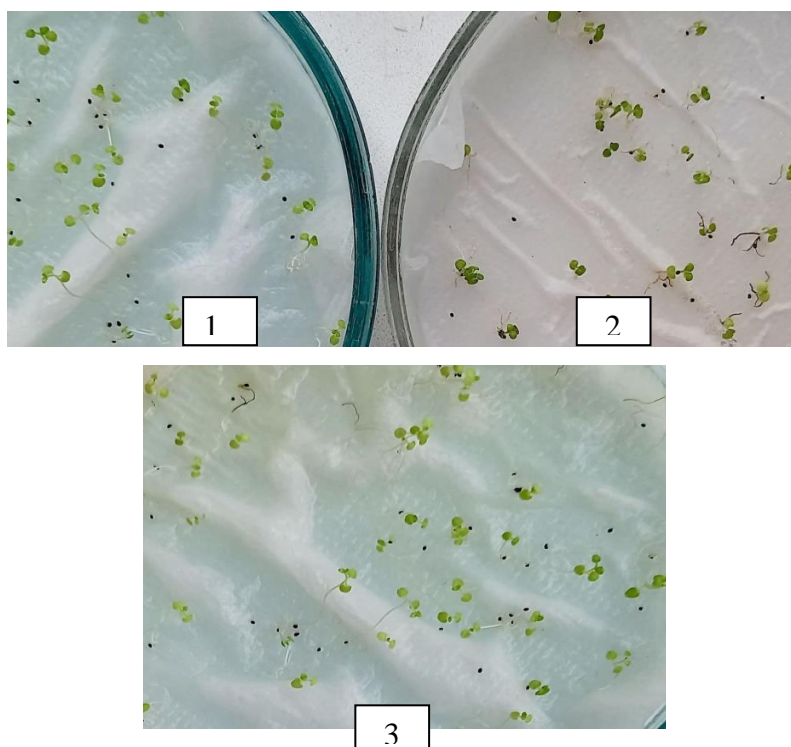


Fig.1. Plantule de mentă după 15 zile de la germinare (3 variante experimentale: 1 și 3 cu stimulatori, 2 – proba martor).



Fig.2. Plantulele de mentă după germinare cu și fără adaus de stimulatori
1 – administrarea stimulatorului S11, 2 – martor, 3 – administrarea stimulatorului S22.

După cum demonstrează datele experimentale obținute, putem afirma că vizibil este o diferență vădită între proba martor și probele experimentale. Astfel, lungimea plantulelor obținute în urma germinării semințelor de mentă cu adaos de stimulatori atinge valori mai înalte, și anume: 20,3 și 20,0 mm, respectiv, comparativ cu valorile martorului (9,4 mm).



Fig.3. Plantule de mentă după 15 zile de la germinare 1 – administrarea biostimulatorului S22 (*Calothrix marchica*); 2 – administrarea biostimulatorului S11 (*Spirulina platensis*); 3 – proba de referință (imagine mărită).



Fig.4. Plantule de mentă după 15 zile de la germinare, varianta martor.



Fig.5. Plantule de mentă după 15 zile de la germinare, varianta cu administrarea S11 obținut în baza filtratului rezultat de la cultivarea cianobacteriei *Spirulina platensis*.



Fig.6. Plantule de mentă după 15 zile de la germinare, varianta cu administrarea S22 obținut în baza filtratului rezultat de la cultivarea cianobacteriei *Calothrix marchica*.

În rezultatul cercetărilor au fost înregistrate efecte pozitive asupra dezvoltării plantulelor după 15 zile de la germinare, lungimea medie a tulpiniței și a rădăcinii plantulelor de mentă la suplینirea stimulatorilor fiind de 2,13 ori (S11) și de 2,16 ori (S22) și, respectiv, de 2,03 și de 2,19 ori mai mare, comparativ cu valorile respective la plantulele germinate fără suplینirea stimulatorilor (proba de referință) (Tab.2).

Tabelul 2

Efectul biostimulatorilor cianobacterieni asupra unor indici morfologici ai plantulelor de *Mentha spicata* la a 15-a zi după germinare

Proba cercetată	Lungimea tulpiniței, mm	Lungimea rădăcinii principale, mm	Nr. de frunzulițe
Martor	9,40±0,46	9,08±0,45	2-4
La tratare cu S11	20,30±0,85	19,90±0,80	4
La tratare cu S22	20,00±0,82	18,50±0,80	4

Analizând rezultatele referitoare la efectul biostimulatorilor cianobacterieni asupra lungimii tulpiniței și lungimii rădăcinii principale și a numărului de frunzulițe, putem observa creșterea evidentă a acestor parametri în probele tratate cu stimulatori, comparativ cu proba de referință. Datele noastre sunt în concordanță cu rezultatele altor cercetători, care au utilizat unele extracte algale pentru tratarea plantelor de cultură.

Un studiu întreprins de către Ronga și coautorii referitor la efectele extractelor de cianobacterii și alge asupra germinării semințelor de cresson (*Lepidium sativum* L.) a demonstrat că aplicarea a 4 ml extract din cianobacteria *Spirulina platensis* (50 mg biomasă absolut uscată la 1 l de apă distilată) s-a dovedit a fi cel mai eficient stimulator cu un indice de germinare de circa 153% [33].

Aplicarea extractului lichid de alga *Stoechospermum marginatum* în concentrații de până la 1,5% a condus la creșterea mai rapidă a rădăcinii la *Solanum melongena*, a greutateii totale a frunzelor proaspete și uscate și a suprafeței foliare, majorând și conținutul pigmentilor fotosintetici, proteinei, aminoacizilor, nivelul acidului ascorbic și activitatea nitrat reductazei [41]. În concentrații ce întrec 1,5%, extractul de alge s-a dovedit a avea un efect negativ asupra tuturor parametrilor de creștere și dezvoltare analizați, ceea ce poate fi explicat prin faptul că în concentrații înalte stimulatorii au efect inhibitor asupra creșterii plantei de *Solanum melongena*.

Prelucrarea semințelor de *Zea mays* L. și de *Helianthus annuus* L. cu extracte de macroalge *Gracilaria corticata* și *Enteromorpha flexuosa*, precum și administrarea extractelor prin irigare au condus la obținerea unor randamente de producere superioare, în comparație cu martorul. De asemenea, a fost observată o creștere a lungimii lăstarilor și rădăcinilor, precum și un conținut sporit de carbohidrați și proteine și majorarea cantității de masă uscată la porumb și floarea soarelui. Evaluarea conținutului de fitohormoni în extractele obținute a scos în evidență o pondere mai înaltă de fitohormoni, în special citokine, în extractul de *Enteromorpha (Ulva) flexuosa*, care a contribuit la o activitate stimulatorie mai înaltă în acest caz [42]. În ceea ce privește dezvoltarea plantelor, se evaluează numărul de flori, fructe și randamentul total [43].

Alte studii cu utilizarea extractelor apoase de biomasă de *Spirulina platensis* asupra germinării semințelor de castravete și tomate au scos în evidență efectul pozitiv al acestora asupra unor parametri morfo-fiziologici ai acestor culturi, comparativ cu gibberelinele, atestând efecte stimulatorii vădite [44,45].

Așadar, putem concluziona că la efectuarea testărilor acțiunii biostimulatorilor asupra dezvoltării plantelor este necesar de a stabili perioada și modul de aplicare a acestora (la cultivare prin plantarea semințelor – tratarea prealabilă a semințelor cu soluție de stimulator, apoi pulverizarea periodică a semințelor și a materialului săditor cu aceeași soluție, iar în cazul stimulării creșterii plantelor – pulverizarea foliară). La cultivare prin plantarea semințelor, acțiunea biostimulatorilor este estimată prin analiza și compararea cu lotul de control a unor serii de experimente efectuate în laborator. În acest caz se estimează numărul de semințe germinate, greutatea și lungimea lăstarilor și rădăcinilor, suprafața foliară, conținutul de pigmenți fotosintetici, precum și alți indici biochimici. Activitatea de germinare și enzimele antioxidante pot fi de asemenea unii dintre indicii evaluați.

În experimente în condiții de câmp rezultatele obținute pot constitui unele diferențe față de cele de laborator, întrucât în condiții de teren are loc o combinație a mai multor factori abiotici ca temperatura, seceta și/sau regimul hidric care pot atenua efectele benefice ale biostimulatorului. Un rol important joacă concentrația, volumul și numărul de doze ale stimulatorului, precum și perioada tratării, care sunt selectate preliminar în condiții de laborator, cu verificarea ulterioară a acestora la suplimentarea foliară a biostimulatorilor în condiții de seră sau câmp.

Concluzii

Rezultatele cercetărilor efectuate în vederea evaluării efectului biostimulatorilor produși în baza filtratelor rezultate de la cultivarea cianobacteriilor *Spirulina platensis* (S11) și *Calothrix marchica* (S22) asupra germinării semințelor și creșterii plantulelor de mentă în primele 15 zile după germinare au demonstrat o capacitate stimulatorie înaltă, comparativ cu proba de referință, ceea ce deschide perspectiva de utilizare a lor în calitate de biostimulatori în agricultura ecologică.

1. Aplicarea stimulatorilor obținuți în baza filtratelor rezultate de la cultivarea cianobacteriilor *Spirulina platensis* și *Calothrix marchica* a contribuit la majorarea procentului de germinare a semințelor de mentă, constituind valori egale cu 72-84% (S1) și 84-88% (S11) și, respectiv, cu 84-88% (S2) și 88-96% (S22), comparativ cu valorile determinate pentru proba de referință (64-68%).
2. Biostimulatorii S11 (în baza filtratului rezultat de la cultivarea cianobacteriei *Spirulina platensis*) și S22 (de la cultivarea cianobacteriei *Calothrix marchica*) au demonstrat efecte stimulatorii asupra dezvoltării plantulelor de mentă la a 15-a zi după germinare, înregistrând valori ale lungimilor tulpiniței și rădăcinii plantulelor de mentă de 2,12 și 2,15 ori și, respectiv, de 2,03 și 2,19 ori mai mari, comparativ cu valorile respective la plantulele germinate fără suplimentarea stimulatorilor.

Referințe:

1. CHOJNACKA, K., SAEID, A., MICHALAK, I. The possibilities of the application of algal biomass in the agriculture. In: *Chemik*, 2012, vol.66, no.11, p.242-248.
2. SANGHA, J., KELLOWAY, S., CRITCHLEY, A., PRITHIVIRAJ, B. Seaweeds (Macroalgae) and Their Extracts as Contributors of Plant Productivity and Quality. In: *Advances in Botanical Research*, 2014, vol.71, p.189-219.
3. PIWOWAR, A., HARASYM, J. The Importance and Prospects of the Use of Alga in Agribusiness. In: *Sustainability*, 2020, vol.12, p.1-13.
4. Du JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. In: *Scientia Horticulturae*, 2015, vol.196, p.3-14.
5. KAUFFMAN, G., KNEIVEL, D., WATSCHKE, T. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. In: *Crop Sci.*, 2007, vol.47, p.261-267.
6. JELEV, N., DASCALIUC, A. Utilizarea biostimulatorilor în cercetările științifice și în practica agricolă. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științele vieții*, 2018, nr.3 (336), p.22-35.
7. JIAO, G., YU, G., ZHANG, J., EWART, H.S. Chemical structures and bioactivities of sulfated polysaccharides from marine algae. In: *Marine Drugs*, 2011, vol. 9, p.196-233.
8. SHARMA, H., FLEMING, C., SELBY, C., RAO, J., MARTIN, T. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. In: *Journal of Applied Phycology*, 2014, vol.26, p.465-490.
9. SHUKLA, P.S., BORZA, T., CRITCHLEY, A.T. & PRITHIVIRAJ, B. Carrageenans from Red Seaweeds As Promoters of Growth and Elicitors of Defense Response in Plants. In: *Frontiers in Marine Science*, 2016, vol.3, Article 813, p.1-9.
10. CALVO, P., NELSON, L., KLOEPPER, J. Agricultural uses of plant biostimulants. In: *Plant and Soil*, 2014, vol.383, p.3-41.

11. KARTHIKEYAN, K., SHANMUGAM, M. Yield and oil content of peanut (var.TMV-7) and sunflower (var. Co-2) applied with bio-stimulant AQUASAP manufactured from seaweed. In: *African Journal of Agricultural Research*, 2015, vol.10, p.2537-2543.
12. MANSORI, M., CHERNANE, H., LATIQUE, S., BENALIAT, A., HSISSOU, D., EL KAOUA, M. Seaweed extract effect on water deficit and antioxidative mechanisms in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). In: *Journal of Applied Phycology*, 2015, vol.27, p.1689-1698.
13. MANSORI, M., CHERNANE, H., LATIQUE, S., BENALIAT, A., HSISSOU, D., EL KAOUA, M. Effect of seaweed extract (*Ulva rigida*) on the water deficit tolerance of *Salvia officinalis* L. In: *Journal of Applied Phycology*, 2016, vol.28, p.1363-1370.
14. GUINAN, K., SUJEETH, N., COPELAND, R., JONES, P., O'BRIEN, N., SHARMA, H., PROUTEAU, P., O'SULLIVAN, J. Discrete roles for Extracts of *Ascophyllum nodosum* in enhancing plant growth and tolerance to abiotic and biotic stresses. In: *Acta Horticulturae*, 2013, vol.1009, p.127-135.
15. RAYIRATH, P., BENKEL, B., MARK HODGES, D., ALLAN-WOJTAS, P., MACKINNON, S., CRITCHLEY, A., PRITHIVIRAJ, B. Lipophilic components of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. In: *Planta*, 2009, vol.230, p.135-147.
16. SARHAN, T. Effect of low temperature and seaweed extracts on flowering and yield of two cucumber cultivars (*Cucumis sativus* L.). In: *International Journal of Agricultural and Food Research*, 2014, vol.3, no.1, p.41-54.
17. AZIZ, N.G., MAHGOUB, M.H. SIAM, H.S. Growth, flowering and chemical constituents performance of *Amaranthus tricolor* plants as influenced by seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract application under salt stress conditions. In: *Journal of Applied Sciences Research*, 2011, vol.7, no.11, p.1472-1484.
18. HEGAZI, A., EL-SHRAIY, A., GHONAME, A. Alleviation of salt stress adverse effect and enhancing phenolic anti-oxidant content of eggplant by seaweed extract. In: *Gesunde Pflanzen.*, 2015, vol.67, p.21-31.
19. KASIM, W., HAMOUDA, M., SAAD-ALLAH, K. Seed Priming with Extracts of two Seaweeds Alleviates the Physiological and Molecular Impacts of Salinity Stress on Radish (*Raphanus sativus*). In: *International Journal of Agriculture and Biology*, 2016, vol.18, no.3, p.653-660.
20. ROUPHAEL, Y., DE MICCO, V., ARENA, C., RAIMONDI, G., COLLA, G., DE PASCALE, S. Effect of *Ecklonia maxima* seaweed extract on yield, mineral composition, gas exchange, and leaf anatomy of zucchini squash grown under saline conditions. In: *J. Appl. Phycol.*, 2017, vol. 29, p.459-470.
21. VAN OOSTEN, M., PEPE, O., DE PASCALE, S., SILLETTI, S., MAGGIO, A. The role of biostimulants and bio-effectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. In: *Chem. Biol. Technol. Agric.*, 2017, vol.4, no.5, p.1-12.
22. SERGEEVA, E., LIAMER, A., BERGMAN, B. Evidence for production of the phytohormone indole-3-acetic acid by cyanobacteria. In: *Planta*, 2002, vol.215, p.229-238.
23. RODRÍGUEZ, A., STELLA, A., STORNI, M., ZULPA, G., ZACCARO, M. Effects of cyanobacterial extracellular products and gibberellic acid on salinity tolerance in *Oryza sativa* L. In: *Saline Syst.*, 2006, vol.2, no.7, p.1-4.
24. HUSSAIN, A., HASNAIN, S. Cytokinin production by some bacteria: its impact on cell division in cucumber cotyledons. In: *African J. Microbiol. Res.*, 2009, vol.3, p.704-712.
25. CRUZ, D., VASCONCELOS, V., PIERRE, G., MICHAUD, P., DELATTRE, C. Exopolysaccharides from Cyanobacteria: Strategies for Bioprocess Development. In: *Applied Sciences*, 2020, vol.10 (3763), p.1-20.
26. TARAKHOVSKAYA, E.R., MASLOV, Y.I. & SHISHOVA, M.F. Phytohormones in algae. In: *Russian Journal of Plant Physiology*, 2007, vol. 54, p.163-170.
27. CHOJNACKA, K., SAEID, A., MICHALAK I. Potential applications of cyanobacteria: *Spirulina platensis* filtrates and homogenates in agriculture. In: *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2019, vol.35, no.6, p.1-18.
28. SINGH, J., KUMAR, A., RAI, A., SINGH, D. Cyanobacteria: A precious bio-resource in agriculture, ecosystem and environmental sustainability. In: *Front. Microbiol.*, 2016, vol.7, Article 529, p.1-19.
29. EL-BAKY, H., EL-BAZ, F., BAROTY, G. Enhancing antioxidant availability in wheat grains from plants grown under seawater stress in response to microalgae extract treatments. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, vol.90, p.299-303.
30. AKGÜL, F., AKGÜL R. The effect of *Spirulina platensis* (Gomont) Geitler extracts on seed germination of *Capsicum annum* L. In: *Mat. 3th International Conference on Food and Agricultural Economics*, 25-26th April 2019, Alanya, Turkey, p.256-262.
31. MICHALAK, I., DMYTRYK, A., SCHROEDER, G., BAŚLADYŃSKA, S., CHOJNACKA, K. The application of homogenate and filtrate from baltic seaweeds in seedling growth tests. In: *Applied Sciences* (Switzerland), 2017, vol.7, no.3, p.1-19.
32. GODLEWSKA, M., MICHALAK, I., PACYGA, P., BAŚLADYŃSKA, S., CHOJNACKA, K. Potential applications of cyanobacteria: *Spirulina platensis* filtrates and homogenates in agriculture. In: *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2019, vol.35, no.6, p.1-18.
33. RONGA, D., BIAZZI, E., PARATI, K., CARMINATI, D., CARMINATI, E., TAVA, A. Microalgal Biostimulants and Biofertilisers in Crop Productions. In: *Agronomy*, 2019, vol.9, (192), p.1-22.

34. LAKSHMI, P., ANNAMALAI, A. The effects of cyanobacterial (Blue green algae) culture filtrates on the biomass and biochemicals of *Withania somnifera* Dunal. In: *Asian Journal of Plant Sciences*, 2008, vol.7, p.37-43.
35. ASHRAF, M., ESSA, M., WAEL, M., RANIA, M., NABIL, A. Potential impact of cyanobacterial exudates on seed germination and antioxidant enzymes of crop plant seedlings. In: *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.*, 2015, vol.4, no.6, p.1010-1024.
36. 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”*, Chisinau, 2020, p.20 -23.
37. YEMM, E., COCKING, E., RICKETTS, R. The determination of amino-acids with ninhydrin. In: *Analyst.*, 1955, vol.80, p.209-214.
38. MOHIT, M. Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing bacteria from rhizospheric soil and its effect on plant growth. In: *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2013, vol.13, no.3, p.638-649.
39. GRAHAM, H., THOMAS, L. Rapid, Simple Colorimetric Method for the Determination of Micro Quantities of Gibberellic Acid. In: *Journal of Pharmaceutical Science*, 1961, vol.50, no.1, p.44-48.
40. TIQUIA, S., TAM, N. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. In: *Bioresour. Technol.*, 1998, vol.65, p.43-49.
41. RAMYA, S., VIJAYANAND, N., RATHINAVEL, S. Foliar application of liquid biofertilizer of brown alga *Stoechospermum marginatum* on growth, biochemical and yield of *Solanum melongena*. In: *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2015, vol.4, p.167-173.
42. OMAR, H., ABDULLATIF, B., AL-KAZAN, M., EL-GENDY, A. Various Applications of Seaweed Improves Growth and Biochemical Constituents of *Zea mays* L. and *Helianthus annuus* L. In: *Journal of Plant Nutrition*, 2015, vol.38, no.1, p.28-40.
43. POVERO, G., MEJIA, J.F., DI TOMMASO, D., PIAGGESI, A., WARRIOR, P. A systematic approach to discover and characterize natural plant biostimulants. In: *Front Plant Sci.*, 2016, vol.7, Article 435, p.1-9.
44. UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA. *Procedeu de tratare a semințelor de castraveți înainte de semănat*: Brevet de inventivă MD572, Inventatori: SAVCA, E., RUDIC, V., NEAMTU, M. BOPI I7/1996, p.11.
45. UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA.. *Procedeu de tratare a semințelor de tomate înainte de semănat*. Brevet de inventivă MD573, Inventatori: SAVCA, E., RUDIC, V., ROBU, A., GELBET, V. BOPI I7/1996, p.11.

Notă: Cercetarea a fost efectuată în cadrul proiectului „*Biostimulatori noi pentru agricultura ecologică*”, cifrul 20.80015.5007.243T – *Proiect de transfer tehnologic*.

Date despre autori:

Liliana ZOSIM, doctor în științe biologice, cercetător științific superior în LCȘ *Ficobiotehnologie*, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: zosim_liliana@yahoo.fr

ORCID: 0000-0002-6951-6115

Valentina BULIMAGA, doctor în științe biologice, șef al LCȘ *Ficobiotehnologie*, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: valentina.bulimaga@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5042-2952

Alina TROFIM, doctor în științe biologice, director de proiect în LCȘ *Ficobiotehnologie*, Universitatea de Stat din Moldova.

E-mail: alinatrofim@yahoo.com

ORCID: 0000-0003-4557-9602

Prezentat la 02.03.2021