

METODE DE STIMULARE A ACTIVITĂȚII BIOLOGICE A CULTURILOR AGRICOLE CU FACTORI FIZICI

METHODS OF STIMULATING THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF AGRICULTURAL CROPS WITH PHYSICAL FACTORS

Alisa MOȘNEAGA, ORCID: 0009-0009-2459-3596

Petru LOZOVANU, ORCID: 0000-0003-3760-5727

Universitatea de Stat din Moldova

CZU:

e-mail: alisa.mosneaga@usm.md
e-mail: petruozovanu@gmail.com

The paper presents the technology and results of the biostimulation of some species of agricultural crops with physical factors, such as laser radiation of 532 and 628 nm, acoustic frequencies within the range of 0.1-9 kHz, low-intensity electric fields, ozonated liquids and immersion with composite materials, based on carbon nanoclusters, clay and lignocellulose. Studies have shown that physical factors, which are harmless, can offer unique advantages for seed processing, along with addressing growing concerns about the use of harmful pesticides. Thus, seed biostimulation with physical factors improved the germination energy and germination rate by up to 35% compared to the control group.

Cuvinte-cheie: *biostimulare, culturi agricole, factori fizici, frecvențe acustice, laser, lichide ozonate.*

INTRDUCERE

Poluarea intensivă a mediului ambiant, este cauzată, în mare măsură, de stimularea creșterii culturilor agricole cu compuși chimici, care pe parcursul procesului de creștere a culturii se acumulează în cantități mari în produsul agricol, sol și apă ceea ce prezintă un pericol pentru sănătate pe o perioadă îndelungată. Creșterea produselor agricole ecologic pure poate fi realizată cu ajutorul metodelor de stimulare a activității biologice cu factori fizici.

Cercetările efectuate la nivel mondial în domeniul fizicii mediului au demonstrat că elaborarea metodelor fizice de influență asupra activității biologice a culturilor agricole poate asigura: creșteri calitative și cantitative ale producției agricole, datorită creșterii germinării semințelor cu 20-35% [1, p. 160]; creșterea masei rădăcinoase până la 24% și a masei vegetative între 10 și 45% [2, p. 212]; un randament sporit în limitele 10-50% față de creșterea în condiții obișnuite [3, p. 17]; rezistența sporită la boli, dăunători, la factorii exteriori (secetă, îngheț) și maturarea accelerată [4, p. 3].

Influența factorilor fizici asupra materiei biologice este determinată de caracteristicile specifice care pot fi modelate în funcție de caz. În laboratorul Metrologia Mediului Ambiant și Astronomie al USM, pe parcursul ultimilor 10 ani au fost elaborate și publi-

cate mai multe metode destinate utilizării factorilor fizici pentru stimularea activității biologice a culturilor agricole la etapa germinării semințelor. În aceste metode, în calitate de factori stimulatori au fost utilizați câmpul electric, câmpul magnetic, unde sonore cu anumite frecvențe, radiația laser cu intensitate mică, apa ozonată, nanoclusteri de carbon și materiale compozite.

Specificul acestor metode constă în determinarea parametrilor factorilor fizici de stimulare, cum ar fi intensitatea, frecvența, lungimea de undă, durata de timp a influenței, modalitatea de aplicare, iar pentru materialele compozite și soluții se stabilește raportul dintre componentele materialului și concentrația pentru fiecare cultură agricolă separat. Pentru obținerea rezultatelor finale la majoritatea culturilor agricole este necesară stimularea repetată la diferite etape de dezvoltare, înainte de recoltare, păstrare și prelucrare.

MATERIALE ȘI METODE

Metoda de stimulare a activității biologice cu radiație laser

Natura interacțiunii radiației laser cu materialul biologic este complexă și multifactorială. Atunci când suprafața oricărui țesut biologic este iradiată, lumina laser este absorbită, reflectată și împrăștiată. Caracteristicile cantitative sunt determinate de lungimea de undă a radiației specifice și de parametrii optici ai țesutului biologic. Rezultatul absorbției radiațiilor stimulează inițierea efectelor primare și secundare în țesut.

Efectele principale care decurg din expunerea directă includ:

- efectul fototermic (încălzire, coagulare, denaturare, evaporare, carbonizare a țesuturilor);
- efectul fotochimic (constă în declanșarea unor reacții chimice precum fotopolimerizarea, distrugerea legăturilor chimice din molecule etc.);
- efectul fotomecanic (asociat cu presiunea fluxului de lumină de pe suprafața țesutului).

Efectele secundare sunt un complex de reacții adaptative și compensatorii care vizează recuperarea, stimularea proceselor sau suprimarea acestora [5, p. 30].

Mecanismul de interacțiune a radiațiilor laser de înaltă intensitate cu țesuturile vii depinde în mare măsură de tipul și starea materialului biologic, și anume: densitatea, compoziția, gradul de saturație a apei, coeficientul de absorbție la o anumită lungime de undă, starea suprafeței (culoare, netezime), conductivitatea termică, capacitatea termică, proprietățile acustice, mecanice, fizico-chimice, microstructura (homo- sau eterogenitate) etc. [6, p. 88].

Mecanismele moleculare-celulare ale acțiunii radiației laser asupra unui material biologic, inclusiv celulele plantelor, fructelor și semințelor, sunt discutate în literatură doar la nivelul ipotezelor. Aceste ipoteze se bazează pe un efect fotobiologic (cromoforul primar acceptor al corpului absoarbe energia fonică a radiației laser) [7, p. 21].

Din considerentele că radiația laser este absorbită selectiv de moleculele structurilor biologice în funcție de orientarea vectorului intensității câmpului electric al radiației, durata expoziției și de energie, este necesară elaborarea tehnologiilor de prelucrare pentru

fiecare cultură aparte. Pentru tratarea semințelor culturilor agricole cu doze de radiație bine determinate și relativ uniform distribuite pe suprafața semințelor, a fost elaborată și realizată instalația experimentală care permite scanarea cu radiație în regim dinamic. Schema funcțională a instalației pentru tratarea semințelor cu radiație laser este prezentată în Figura 1.

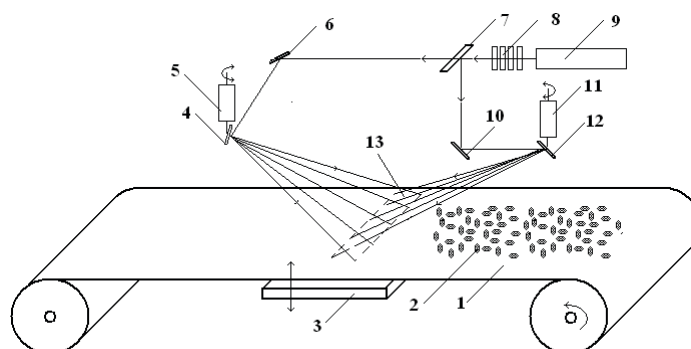


Fig. 1. Schema instalației pentru tratarea semințelor cu radiație laser [8, p.145]:
1 – bandă rulantă; 2 – semințe; 3 – dispozitiv cu vibrator; 4, 6, 10, 12 – oglinzi;
5, 11 – dispozitiv de scanare; 7 – oglindă semitransparentă; 8 – filtre neutre; 9 – laser.

Pentru distribuția uniformă a radiației laser pe suprafața semințelor 2 supuse tratării, ele se poziționează uniform pe banda rulantă 1, dotată cu un dispozitiv vibrator 3, care creează condiții ca semințele să participe la mișcarea de oscilație în direcție verticală în spațiul 13 dublu scanat cu radiație laser.

Fasciculul de radiație generată de laserul 9, intensitatea căruia se stabilește cu ajutorul filtrelor neutre 8, este divizat de oglinda semitransparentă 7 în două fascicule cu aceeași intensitate, care sunt orientate cu ajutorul oglinzilor 6 și 10 pe oglinzile mobile 4 și 12 ale dispozitivelor de scanare 5 și 11. Echipamentul laser a fost prevăzut cu o bandă transportoare și un dispozitiv vibrator capabil să comunice oscilații cu amplitudine mică la banda la diferite frecvențe. Acest lucru permite repunerea semințelor în calea fasciculului laser în orice moment. Pentru realizarea iradierii cu laser a semințelor, fasciculul de radiație trece printr-un sistem de două oglinzi care oscilează în două direcții reciproce perpendiculare, ceea ce permite obținerea de figuri Lissajous pe planul benzii transportoare.

Metoda de stimulare a activității biologice cu câmp electric

Toate organismele vegetale se află sub influența constantă a câmpului electric al atmosferei, care, în condiții meteorologice normale, se caracterizează în principal printr-un potențial pozitiv, în creștere cu o medie de 130 V/m, iar determinată lui este mică până la la $3 \cdot 10^{-16}$ A/cm². Protecția plantelor dintr-un câmp electric extern, atunci când este plasată sub rețeaua Faraday, duce la o încetinire a proceselor de creștere [9, p. 25].

Potențialul de repaus este dat de diferența dintre potențialele electrice ale unei structuri vii și mediul neutru înconjurător. Potențialul membranelor determină toate tipurile de activitate electrică în organismele vii. Gradientii de potențial electric înregistrați între diferite părți ale țesutului plantei sau între țesuturi, reflectând diferite niveluri ale metabolismului în aceste locuri sau în aceste țesuturi, sunt deseori numiți potențiale metabolice. Potențialele metabolice sunt înregistrate între suprafețele opuse ale țesuturilor, între diferite organe situate de-a lungul axei longitudinale a plantei și sunt determinate de diferite intensități ale proceselor fiziologice [10, p. 23].

Schema funcțională a instalației este prezentată în Figura 2.

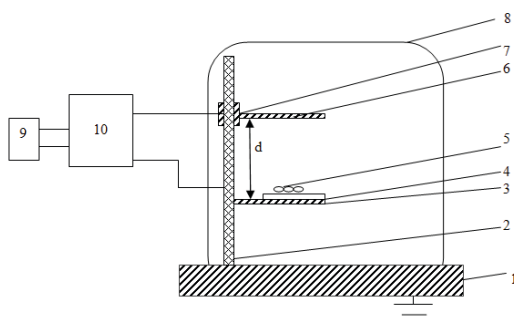


Fig. 2. Instalația experimentală pentru tratarea semințelor cu câmp electric [11, p.15]:
1 – suport metalic; 2 – bara din material dielectric; 3 – placa inferioară a condensatorului;
4 – plăcuță de mică; 5 – semințele supuse tratării; 6 – placa superioară a condensatorului;
7 – dispozitivul de deplasare și fixare; 8 – ecran metalic; 9 – generator de curent;
10 – amplificator.

Pe suportul metalic 1 este instalată bara confecționată din material dielectric 2, pe care sunt instalate plăcile condensatorului. Pe suprafața plăcii inferioare 3 a condensatorului este instalată o plăcuță de mică 4, destinată pentru excluderea distribuției câmpului electric pe suprafața semințelor 5. Placa superioară 6 a condensatorului este dotată cu dispozitivul de deplasare și fixare 7 pentru a stabili distanța d dintre plăcile condensatorului. Pentru excluderea influenței câmpului electric asupra semințelor, condensatorul este plasat sub ecranul metalic 8. Ecranul metalic are legătură cu pământul prin intermediul suportului 1. Alimentarea cu tensiune a condensatorului se realizează de la generatorul de curent 9, conectat la amplificatorul 10, cu dispozitiv de reglare a tensiunii.

Metoda de stimulare a activității biologice cu frecvențe acustice

Sunetul este rezultatul unui proces oscilator care se propagă într-un mediu elastic, adică mediu care este capabil să-și restaureze forma inițială, deformată ca urmare a acțiunii pe termen scurt a unei forțe. Atât solidele, cât și mediile lichide și gazoase au elasticitate de compresie și tensiune. Într-un mediu elastic, deformarea este transmisă secvențial dintr-un anumit punct în mediu către unul adiacent [12, p. 53].

Mecanismul macroscopic al interacțiunii energetice a unui obiect biologic și al materiei din mediul înconjurător este caracterizat printr-un câmp de forțe de origine mecanică. Un câmp acustic reprezintă un câmp de forță care caracterizează interacțiunea mecanică a corpurilor fizice ale mediului extern și a obiectelor biologice. Efectul frecvențelor acustice asupra celulelor organelor vii este o problemă mult mai complexă, deoarece, într-o populație, celulele interacționează între ele, ceea ce poate duce la stimularea activității biologice. Frecvențele joase sunt capabile să rupă mecanic membranele celulare, ceea ce duce la perturbarea integrității și la moartea celulelor. Acțiunea undelor sonore poate duce la o schimbare semnificativă a proprietăților mecanice, electrice și de altă natură ale membranelor celulare [13, p. 21].

Ca urmare a acțiunii câmpului acustic asupra obiectului biologic, în anumite condiții, pot apărea schimbări ale poziției relative a punctelor pe corp, ceea ce duce la o modificare a formei și dimensiunii sale [14, p. 15].

Specificul tratării semințelor cu unde sonore constă în formarea fluxului de unde sonore orientate în direcția semințelor cu reflexie minimă în direcția opusă propagării sunt înălțimi ale coloanei de aer pentru a exclude fenomenul de rezonanță.

Schema funcțională a instalației este prezentată în imaginea din Figura 3.

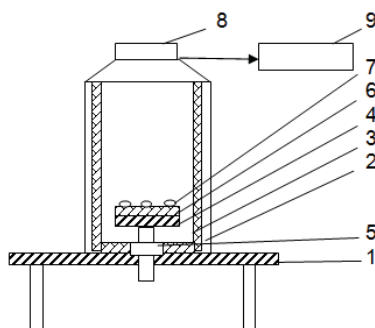


Fig. 3. Instalația pentru tratarea semințelor cu frecvențe acustice [15, p. 34]:
1 – suport fix; 2 – cilindru; 3 – strat absorbant; 4 – suport mobil; 5 – șurub; 6 – suport;
7 – semințe supuse tratamentului; 8 – difuzor; 9 – generator de sunete.

Pe suportul fix 1 este instalat un cilindru 2, pe suprafața interioară a căruia este poziționat un strat absorbant de unde sonore 3. Semințele se așază pe suprafața suportului 4 care reprezintă o grilă metalică ce poate fi deplasată și stabilită în anumită poziție cu ajutorul șurubului 5. Suprafața suportului este acoperită cu un material poros 6, care permite deplasarea liberă a aerului din cilindru. Semințele 7 supuse tratamentului se așază pe suprafața suportului în aceeași poziție care nu poate fi modificată în procesul tratamentului. Pe partea superioară a cilindrului este instalat difuzorul 8, conectat la generatorul de sunete 9.

Tehnologia preparării și utilizării materialelor compozite ca factor stimulator de creștere

Materialul compozit a fost preparat pe bază de argilă și lignoceluloză cu conținut de 3% nanoclusteri de carbon. Substanța primară, nanoclusterii de carbon, au fost obținuți prin arderea grafitului spectral pur în arc voltaic în atmosferă de heliu la presiunea de 50-100 torr [16, p.47]. Conținutul nanoclusterilor de diferite ordine a fost determinat de presiunea heliului, viteza de descompunere a electrozilor de grafit și tensiunea în arc. Pentru determinări calitative a nanoclusterilor de carbon a fost folosită metoda massspectrometrică. Conținutul clusterilor de carbon în cantități semnificative au fost de ordinul C_{56} , C_{50} , C_{44} , C_{32} , C_{28} , C_{24} .

Argila folosită în lucrare a fost colectată dintr-o zonă nepoluată din straturi masive, uniform colorate. Evaluarea compoziției probei de argilă a fost realizată prin difracția de raze X cu ajutorul X-Ray Diffractometru Empyrean. Conform difractogramii, s-a constatat că proba relevă prezența clară a SiO_2 (56,33-79,89% cu dimensiuni ale particulelor $> 0,01$ mm) și urme de Na_2SO_4 , Fe_2O_3 , Al_6SiO_{13} , $MgSiO_2$, (Ca, Na) $(SiAl)_4O_8$ etc. [17, p. 554].

Inițial argila a fost dizolvată în apă și apoi separată de conținutul de particule nedizolvate. După depunerea argilei în precipitat, probele au fost lăsate în aer liber până la deshidratarea completă și apoi dispersate până la dimensiuni micronice.

Ca materie primă pentru obținerea lignocelulozei au fost folosite paie de grâu. Materia primă, cu următoarea compoziție chimică: celuloză 39,1%, hemiceluloze 27,3%, lignină 16,5%, extractive 13,7% și cenușă 4,3%, a fost mai întâi uscată la aer pentru echilibrul atmosferic și apoi măcinată într-un blender și sitată pentru a obține particule cu dimensiuni sub 1 mm. Pulberea astfel obținută a fost adăugată într-un vas care conține apă caldă (80°C) și a fost menținută la temperatura camerei timp de 24 de ore. Masa obținută a fost supusă fierberii cu intensitate mică la presiune normală timp de 3 ore. Celuloza obținută a fost uscată și dispersată până la dimensiuni de ordinul micronilor.

Materialul compozit a fost obținut din praf de argilă amestecat mecanic cu nanoclusterii de carbon și lignoceluloză. Amestecul obținut de argilă și nanoclusteri de carbon a fost depus în strat subțire de $0,3 \div 0,5$ mm pe suprafața semințelor. După aplicarea tratamentului, semințele au fost plasate în vasele de vegetație și urmărită dinamica lor.

1. Tehnologia de obținere a lichidelor ozonate și prelucrarea semințelor

Instalația experimentală pentru obținerea lichidelor ozonate a fost elaborată pe baza unei metode fotochimice pentru a obține ozon în flux de oxigen sub acțiunea radiațiilor ultraviolete în domeniul lungimilor de undă de până la 210 nm (Fig. 4).

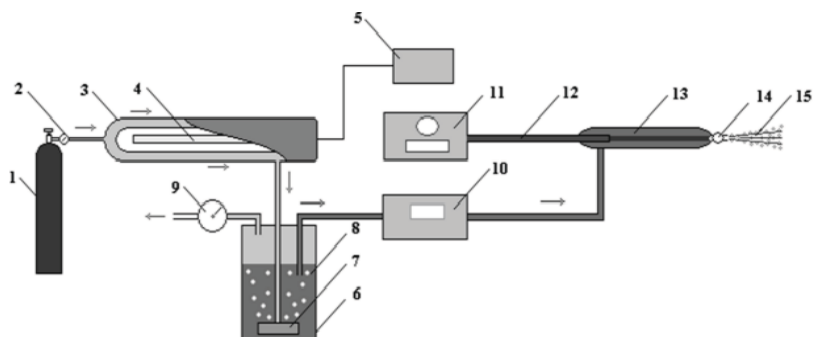


Fig. 4. Instalația pentru obținerea lichidelor ozonate [18, p. 174; 19, p. 553]:
1 – butelie cu oxigen; 2,9 – reductor; 3 – fiolă din cuarț cu pereți dubli; 4 – lampă cu descărcare cu vapori de mercur; 5 – sursă de alimentare; 6 – ozonator; 7 – material cu elemente poroase; 8 – apă distilată; 10 – spectrofotometru; 11 – laser; 12 – ghid optic; 13 – incinta pentru intensificarea soluției cu radiație laser; 14 – dozator; 15 – aerosoli.

Eficacitatea dizolvării ozonului în apă este determinată prin dispersia fluxului de gaz prin elementul poros 7 și formarea de bule de diametru mic. Pentru a menține o temperatură constantă, ozonatorul 6 este echipat cu un sistem de răcire. Sub acțiunea presiunii exercitată de gaz, apa ozonată este direcționată către dozatorul 14.

Pentru a determina concentrația de ozon dizolvat în instalație, a fost utilizată metoda de spectrofotometrie care se realizează cu un spectrofotometru 10. În intervalul lungimii de undă de 200-300 nm, spectrul de absorbție al ozonului conține maximum 254,7 nm, în timp ce pentru oxigenul cu vapori de apă din apă absorbția la această lungime de undă lipsește, ceea ce permite utilizarea sa pentru a determina concentrația de ozon în mediile respective.

Pentru a activa lichidele, în incinta 13 radiația laser este transmisă prin ghidul optic 12 de laserul He-Ne 11.

Pentru cercetări a fost utilizat grâul (*Triticum aestivum L.*), porumbul (*Zea mays L.*) și fasolea (*Phaseolus vulgaris L.*). Semințele au fost alese ca specii reprezentative de cultură, pentru investigarea lor în ceea ce privește germinarea și creșterea la prima etapă de dezvoltare. Pentru tratament au fost selectate loturi a câte 20 de semințe din fiecare specie. Înainte de a fi supuse tratamentului, semințele au fost menținute într-o incintă închisă, ecranată electric timp de 24 de ore, la o umiditate relativă de 35% și o temperatură de 18°C.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Rezultatele tratamentului cu laser efectuate asupra semințelor sunt diverse, în funcție de specii și soiuri. În Figura 5 este prezentat studiul comparativ al ratei finale de germinare a semințelor de grâu, orz și porumb la a 5-a zi după tratament a câte 1 min cu radiație laser de 532 nm și 628 nm.

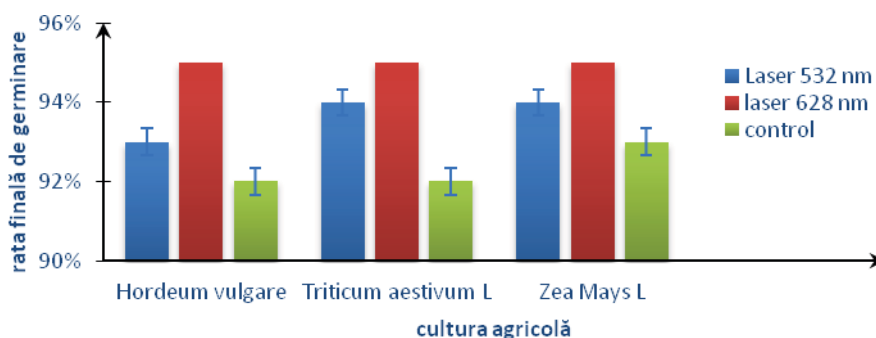


Fig. 5. Rata finală de germinare a semințelor speciilor *Hordeum vulgare* L., *Triticum Aestivum* L. și *Zea mays* L, supuse acțiunii radiației laser de 532 nm și 628 nm.

Rata de germinare atinge valoarea maximă la varianta de expunere laserului cu $\lambda=628$ nm, oferind cele mai multe unități de semințe germinate (95%) și o liniaritate pentru toate cele trei culturi. Lotul expus acțiunii radiației laser de 532 nm a manifestat, de asemenea, o rată de germinare mai mare, în comparație cu lotul de control cu 3% pentru orz, 2% pentru grâu și cu 1% pentru porumb.

Un alt studiu privind influența laserului a fost realizat în combinație cu o pretratare a semințelor prin imersie într-o soluție de nanoclusteri de carbon, argilă și lignoceluloză. Tratamentul complet combinat implică durate diferite ale expunerii la radiații, de 5 și 7 min.

Figura 6 prezintă rata de germinare a semințelor studiate evaluate după o perioadă de germinare de 84 de ore ca funcție a condițiilor de tratament.

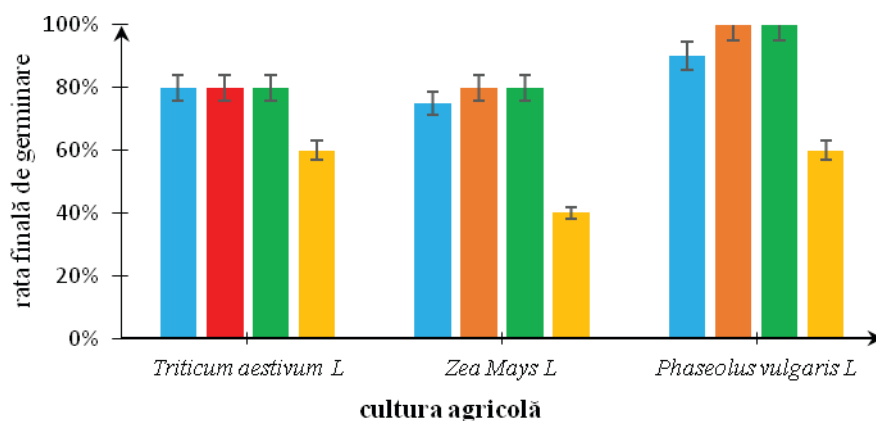


Fig. 6. Rata finală de germinare a semințelor speciilor *Triticum Aestivum* L., *Zea mays* L. și *Phaseolus vulgaris* L. supuse biostimulării cu laser de 532 nm și material compozit.

Se poate remarca cu ușurință că tratamentul combinat a dat cele mai înalte rezultate pentru toate speciile, ceea ce poate fi explicat printr-o îmbunătățire a proceselor fiziologice declanșate de iradiere, rezultând un timp de germinare mai scurt și un potențial de producție sporit. Mai mult, tratamentul combinat care a implicat o perioadă mai lungă de iradiere a condus la rezultate mai mari – cu până la 40% mai mult față de lotul de control.

Studiul efectelor biostimulării cu materiale compozite și apă ozonată a demonstrat, de asemenea, rezultate promițătoare. În Figura 7 este prezentată rata de germinare finală a semințelor de *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L. și *Phaseolus vulgaris* L. pretratate cu apă ozonată și material compozit.

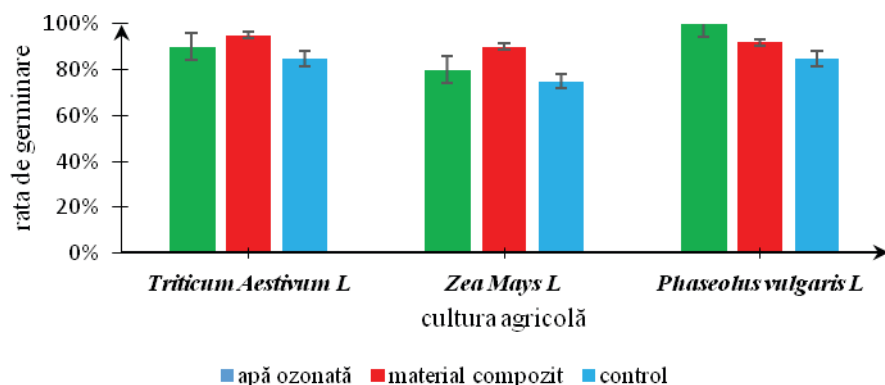


Fig. 7. Rata de germinare a semințelor de *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L. și *Phaseolus vulgaris* L. pretratate cu apă ozonată și material compozit.

Cum se poate observa din Figura 7, fiecare specie de plante reacționează diferit față de factorii stimulatori. Germinarea maximală, în comparație cu eșantioanele de control, pentru semințele de fasole supuse tratamentului cu apă ozonată s-a dovedit a fi cu 15% mai mare și față de lotul prelucrat cu material compozit cu 8%. Rata maximală a loturilor prelucrate cu material compozit constituie: pentru grâu – 95%, depășind cu 10% lotul de control și doar cu 3% lotul tratat cu apă ozonată; pentru porumb – 90%, cu 15% mai mult față de lotul de control și cu 10% față de lotul tratat cu apă ozonată; pentru fasole – 92%, cu 7% mai mult față de lotul de control și cu 8% mai puțin față de lotul tratat cu apă ozonată.

În Figura 8 este prezentată dinamica creșterii plantelor de fasole supuse influenței frecvențelor acustice din diapazonul 0,1-9 kHz. După cum se poate observa din grafic, cele mai optime rezultate se observă pentru loturile de plante care au fost tratate cu frecvențe din gama (3 – 9) kHz.

Totodată, s-a constatat că undele sonore de frecvență înaltă pot fi dăunătoare pentru creșterea și dezvoltarea corespunzătoare a plantelor. Astfel, loturile tratate cu frecvențe

din diapazonul 7-9 kHz s-au dezvoltat într-un ritm mai lent, plantele având un aspect mai puțin pronunțat, unele dintre ele chiar au murit după o perioadă scurtă.

Rezultatele experimentale obținute demonstrează că frecvențele sonore influențează activitățile biologice și fiziologice ale acestora. Frecvențele acustice din domeniul 1-7 kHz au asigurat reducerea perioadei de germinare și sporirea potențialului productiv. Undele sonore cu frecvențe mai mari de 8 kHz au împiedicat dezvoltarea armonioasă a culturilor atât la etapa de germinare, cât și la cea de creștere, unele dintre ele chiar murind.

Utilizarea acestor metode în producția agricolă va permite o productivitate intensă și mai calitativă cu impactul asupra mediului.

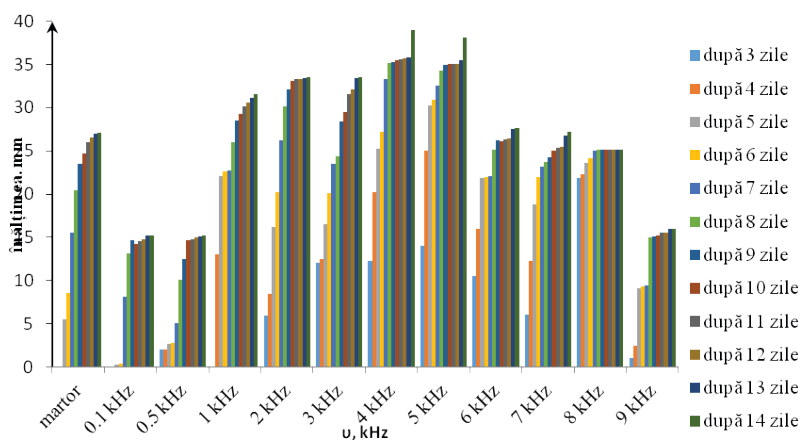


Fig. 8. Dinamica creșterii *Phaseolus vulgaris* L. supuse tratamentului cu frecvențe acustice 0,1-9 kHz.

Rezultatele influenței câmpului electric în limitele frecvenței 0,1 – 13 kHz asupra ratei de germinare a semințelor de *Phaseolus vulgaris* L. sunt prezentate în Figura 9.

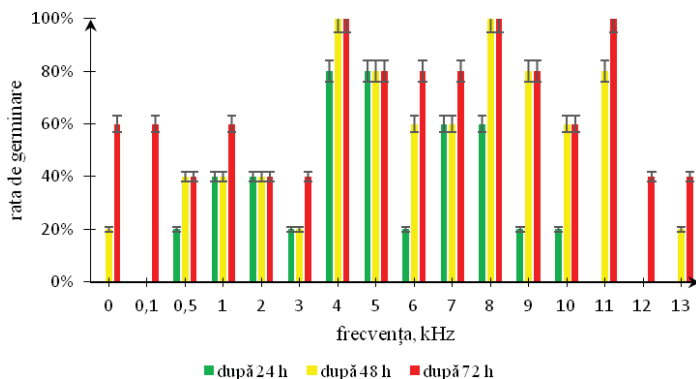


Fig. 9. Dinamica ratei de germinare a semințelor de *Phaseolus vulgaris* L. în dependență de frecvența câmpului electric.

Rata maximală de germinare a fost atinsă de loturile supuse acțiunii câmpului electric cu frecvențe de 4, 8 și 11 kHz. Efectele benefice ale câmpului electric s-au manifestat prin reducerea perioadei de germinare 30 h față de 36 h și prin creșterea ratei de germinare cu 20% față de lotul de control.

CONCLUZII

Rezultatele biostimulării semințelor culturilor agricole cu factori fizici la etapa inițială de dezvoltare sunt concludente pentru toate studiile efectuate. Astfel, radiația laser cu lungimile de undă de 532 nm și 628 nm, frecvențele acustice din gama 0,1-9 kHz, câmpul electric de tensiune joasă, lichidele ozonate, materialele compozite pe bază de nanoclusteri de carbon și cele pe bază de argilă-lignoceluloză, au contribuit la accelerarea procesului de germinație și au intensificat procesul de creștere al plantelor. Însă s-a constatat că nu toate culturile cercetate sunt receptive la unul și același stimulator, intensitatea răspunsului fiind condiționată de particularitățile biologice ale speciilor și de dozele aplicate. Aplicarea corectă a metodelor fizice de stimulare necesită investigații experimentale preliminare și stabilirea regimurilor convenabile, care, pentru toate cazurile studiate, depinde în mare măsură de caracteristicile plantelor, intensitatea factorului fizic și de timpul de expunere. De aceea, este necesar de a cunoaște parametrii optimi de tratare ai fiecărei culturi în scopul obținerii rezultate benefice.

Referințe:

1. ALADJADJIYAN, A. Physical Factors for Plant Growth Stimulation Improve Food Quality, Food Production - Approaches, Challenges and Tasks. In: *Tech.*, 2012, pp. 145-168.
2. WILDE, W.H.A., PARR, W.H., & McPEAK, D.W. Seeds bask in laser light. In: *Laser Focus*, 5(23), 1969, pp. 41-42.
3. СИДОРЦОВ, И.Г. *Повышение эффективности воздействия постоянного магнитного поля на семена зерновых культур при их предпосевной обработке* [Текст]: Автореферат канд. техн. наук.: 05.20.02. зерноград, 2008. 19 с.
4. ARAÚJO SdeS, PAPARELLA, S., DONDI, D., BENTIVOGLIO, A., CARBONERA, D., BALESTRAZZI, A. Physical methods for seed invigoration: Advantages and challenges in seed technology. In: *Front Plant Sci.*, 2016; 12(7).
5. ТИМЧЕНКО, Е.В. *Взаимодействие лазерного излучения с веществом: Методические указания*. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2014.
6. БРИЖАНСКИЙ, Л.В. *Обоснование параметров стратификации дражированных семян сахарной свёклы низкоинтенсивным лазерным излучением*: Диссертация. Мичуринск – Наукоград, 2015. 261 с.
7. ОЛЕЙНИК, В.П. *Основы взаимодействия физических полей с биологическими объектами*: Учебное пособие. Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т, 2006. 61 с.
8. LOZOVANU, P., MOȘNEAGA, A et al. A study physical factors action in sti-

- mulation of agricultural plants development and its economical efficiency. In: *Proceedings of Francophone Multidisciplinary Colloquium on Materials, Environment and Electronics Plume* – 2013, 23 - 25 May, 2013, Bacau, Romania, pp. 144-147.
9. МЕДВЕДЕВ, С.С. *Электрофизиология растений: Учебное пособие*. СПб: Изд-во С. Петербургского университета, 2012. 122 с.
 10. ОЛЕЙНИК, В.П. *Основы взаимодействия физических полей с биологическими объектами: Учебное пособие*. Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т, 2006. 61 с.
 11. MOȘNEAGA, A. *Studii și cercetări privind influența factorilor fizici de mediu asupra germinării și creșterii unor specii de plante de cultură*: Autoreferat al tezei de doctor în ingineria mediului. Bacău, 2020.
 12. НИКОЛАЕВА, Е.В. *Физические основы получения информации. Измерительные преобразователи. Принципы измерения физических величин: Учебное пособие*. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. 96 с.
 13. ДЕМИН, И.Ю., ПРОНЧАТОВ-РУБЦОВ, Н.В. *Современные акустические методы исследований в биологии и медицине. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации „Хранение и обработка информации в биологических системах”*. Нижний Новгород, 2007. 121 с.
 14. ПОНОМАРЕНКО, Г.Н., ТУРКОВСКИЙ, И.И. *Биофизические основы физиотерапии*. Москва: Медицина, 2006. 170 с.
 15. MOȘNEAGA, A., NEDEFF, V., & LOZOVANU, P. Influence of acoustic frequency on bean germination and growth process. In: *Journal of Engineering Studies and Research*, 22(2), 2016, pp. 33-38.
 16. LOZOVANU, P. Fullerenele – o nouă formă alotropică a carbonului. In: *Fizica și Tehnologiile Moderne*, 7.3-4, 2004, p. 43-54.
 17. MOȘNEAGA, A., LOZOVANU, P., NEDEFF, V. Investigation of biostimulation effects on germination and seedling growth of some crop plant species. In: *Cellulose Chemistry and Technology*, 52(7-8), 2018, pp. 551-558
 18. BARBUȚ, M., MOȘNEAGA, A., & LOZOVANU, P. Administration of laser radiation and ozonized solutions in treatment of parodontitis. In: *Proceedings of Francophone Multidisciplinary Colloquium on Materials, Environment and Electronics Plume* – 2013, 23 - 25 May, 2013, Bacau, Romania pp. 174-175.
 19. BARBUȚ, M., CHETRUȘ, V., and LOZOVANU, P. Treatment of marginal parodontites with ozonated liquids activated with laser radiation. In: *Nanotechnologies and Biomedical Engineering*. Ed. 2. Chișinău. Technical University of Moldova, 2013, pp. 552-554.

Notă: Articol elaborat în cadrul proiectului din Programul de Stat (2020-2023) „*Tehnologii fizice avansate cu aplicarea UVS în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu*”. Cîrful 20.80009.7007.05.