



ROMÂNIA
MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
UNIVERSITATEA „VASILE ALECSANDRI”
DIN BACĂU

Calea Mărășești, Nr. 157, Bacău 600115
Tel. +40-234-542411, tel./fax +40-234-545753
www.ub.ro; e-mail: rector@ub.ro



UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA
Facultatea de Fizică și Inginerie



REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

Studii și cercetări privind influența factorilor fizici de mediu asupra germinării și creșterii unor specii de plante de cultură

Conducători științifici:

Prof. univ. dr. ing. Dr. h. c.

Valentin NEDEFF

Membru corespondent ASAS

București

Universitatea „Vasile Alecsandri”
din Bacău, România

Conf. univ. dr. șt. fiz-mat.

Petru LOZOVANU

Universitatea de Stat din Moldova,
Republica Moldova

Drd. Ing. Alisa Gubca (Moșneaga)

Bacău, 2020

Mulțumiri

Încheierea stagiului doctoral mi-a adus fericire și împlinire datorate satisfacției profesionale și personale a studiilor duse la bun sfârșit. Dar nu aș fi reușit niciodată fără sprijinul și încurajarea multor persoane. Pe această cale, doresc să le mulțumesc și să-mi exprim recunoștința, în primul rând, conducătorilor științifici, domnului prof. univ. dr. ing. Dr. h. c. NEDEFF Valentin, titular la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău care mi-a oferit consultanță științifică, sprijin și ajutor. În egală măsură, îmi exprim întreaga mea recunoștință și celuilalt conducător științific de la Universitatea de Stat din Moldova, domnului conf. univ. dr. LOZOVANU Petru, pentru sprijinul acordat în elaborarea tezei de doctorat, pentru răbdarea, generozitatea, și înțelegerea acordată, precum și pentru întreaga contribuție la formarea mea ca cercetător. Dlui mi-a călăuzit pașii în lumea cercetării, fiindu-mi conducător științific începând cu teza de licență.

Deosebită grațitudine datorez membrilor comisiei de îndrumare: conf. univ. dr. ing. Moșnegușu Emilian, conf. univ. dr. ing. Panainte -Lehăduș Mirela și șef lucr. dr. ing. Tomozei Claudia pentru timpul prețios acordat, pentru sfaturile științifice valoroase cât și pentru îndrumarea competentă și permanentă pe parcursul elaborării și realizării acestei teze de doctorat. Mulțumesc tuturor profesorilor din cadrul Facultății de Fizică și Inginerie a Universității de Stat din Moldova și celor din cadrul Facultății de Inginerie a Universității „Vasile Alecsandri” din Bacău pentru formarea mea ca specialist, pentru sprijin și încredere. De asemenea, sunt recunoscătoare colegilor mei doctoranzi care m-au primit cu căldură în colectiv, mi-au oferit ajutor și susținere.

Nu în ultimul rând doresc să mulțumesc familiei mele pentru înțelegerea și sprijinul moral pe care mi le-au dat în această perioadă. Tuturor celor care m-au sprijinit le ofer cele mai bune gânduri și recunoștință.

Autorul

INTRODUCERE.....	5/5
CAPITOLUL I. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL INFLUENȚEI FACTORILOR FIZICI ASUPRA CULTURILOR AGRICOLE.....	6/6
1.1. Problema creșterii potențialului productiv în agricultură prin metode ecologice și soluții de remediere	6/6
1.2. Stadiul actual al cercetărilor acțiunii laserului asupra culturilor agricole	7/7
1.3. Stadiul actual al cercetărilor acțiunii frecvențelor acustice asupra culturilor agricole.....	7/7
1.4. Stadiul actual al cercetărilor acțiunii câmpurilor electrice asupra culturilor agricole	7/7
1.5. Stadiul actual al cercetărilor acțiunii ozonului asupra culturilor agricole	7/7
1.6. Stadiul actual al cercetărilor acțiunii factorilor astrofizici asupra culturilor agricole	8/8
1.7. Concluzii la Capitolul I	8/8
CAPITOLUL II. MODUL DE INTERACȚIUNE A CÂMPURILOR FIZICE CU MATERIALUL BIOLOGIC.....	9/9
2.1. Interacțiunea radiație laser cu materialele biologice	9/9
2.2. Mecanismul de interacțiune a câmpului electric cu materialele biologice	9/9
2.3. Mecanismul de interacțiune a frecvențelor acustice cu materialele biologice	10/10
2.4. Mecanismul de interacțiune a factorilor astrofizici cu materialele biologice.....	10/10
2.5. Concluzii la Capitolul II.....	10/10
CAPITOLUL III. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE.....	11/11
3.1. Obiectul de studiu.....	11/11
3.2. Metoda de determinare a germinației semințelor	11/11
3.3. Tehnologia expunerii semințelor radiației laser	12/12
3.4. Tehnologia expunerii semințelor undelor sonore	13/13
3.5. Tehnologia expunerii semințelor acțiunii câmpului electric	14/14
3.6. Tehnologia de obținere a lichidelor ozonate și prelucrarea semințelor	15/15
3.7. Tehnologia de sublimare în vid a semințelor	15/15
3.8. Tehnologia preparării și utilizării materialelor compozite ca factor stimulator de creștere	16/16
3.8.1. Prepararea și utilizarea materialelor compozite pe bază de clusteri de carbon	16/16
3.8.2. Prepararea și utilizarea materialelor compozite pe bază de lignoceluloză	17/17
3.9. Metoda de tratare a apei prin diferite procedee fizice	17/17
3.9.1. Metoda de preparare a apei ionizate.....	17/17
3.9.2. Metoda de tratare a apei în câmp magnetic.....	17/17
3.9.3 Metoda de tratare a apei cu radiație laser	18/18
3.10. Stabilirea modului de influență a factorilor astrofizici asupra dezvoltării plantelor ..	18/18
3.11. Concluzii la Capitolul III.....	19/19
CAPITOLUL IV. ANALIZA REZULTATELOR OBȚINUTE SUB INFLUENȚA FACTORILOR FIZICI DE MEDIU.....	19/19
4.1. Analiza rezultatelor obținute sub influența acțiunii radiației laser	19/19

4.1.1. Analiza rezultatelor obținute sub influența radiației laser în combinație cu apă supusă acțiunii diferitor factori fizici	21/21
4.1.2. Analiza rezultatelor obținute la biostimularea semințelor cu radiație laser și soluție argilo-lignocelulozică	23/23
4.2. Analiza rezultatelor obținute sub influența frecvențelor sonore.....	28/28
4.2.1. Influența undelor sonore asupra procesului de germinare.....	28/28
4.2.2. Influența undelor sonore asupra procesului de creștere	31/30
4.3. Analiza rezultatelor obținute sub influența câmpului electric	32/32
4.4. Rezultatele obținute sub acțiunea lichidelor ozonate	36/36
4.4.1. Rezultatele obținute sub acțiunea lichidelor ozonate și materialelor compozite.....	38/38
4.5. Rezultatele obținute sub acțiunea tehnicii de sublimare în vid a semințelor.....	41/41
4.6. Rezultate obținute în urma utilizării materialelor compozite ca factor stimulator	43/43
4.7. Rezultate obținute sub acțiunea influenței factorilor astrofizici.....	45/45
4.8. Concluzii la Capitolul IV	50/50
CAPITOLUL V. ELABORAREA MODELULUI MATEMATIC.....	52/52
5.1. Elaborarea modelului matematic privind influența radiației laser asupra procesului de germinare și creștere a plantelor.....	52/52
5.1.1. Stabilirea modelului matematic care descrie corelația dintre rata de germinare și durata expunerii radiației laser de 532 nm.....	52/52
5.1.2. Stabilirea modelului matematic care descrie corelația dintre rata de creștere și lungimea de undă a radiației laser.....	53/53
5.2. Stabilirea modelului matematic privind influența frecvențelor acustice asupra procesului de germinare și creștere a plantelor.....	54/54
5.3. Stabilirea modelului matematic privind influența soluției ozonate asupra procesului de creștere a plantelor de grâu (<i>Triticum aestivum</i> L.) și porumb (<i>Zea mays</i> L.).....	55/55
5.4. Stabilirea modelului matematic privind influența materialului compozit cu conținut de lignoceluloză asupra procesului de germinare și creștere a plantelor de porumb (<i>Zea mays</i> L.), fasole (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) și grâu (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	56/56
5.5. Elaborarea modelului matematic privind influența materialului compozit cu conținut de nanoclusteri de carbon asupra procesului de germinare și creștere a plantelor de porumb (<i>Zea mays</i> L.) și grâu (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	58/58
5.6. Stabilirea modelului matematic care descrie corelația dintre rata de germinare a semințelor speciei <i>Phaseolus vulgaris</i> L. și frecvența câmpului electric.....	59/59
5.7. Verificarea modelului matematic	60/60
5.8. Concluzii la Capitolul V	62/62
6. CONCLUZII GENERALE.....	63/63
RESURSE BIBLIOGRAFICE.....	70/70

INTRODUCERE

Agricultura, ca ramură importantă a economiei, are de rezolvat una din problemele globale ale omenirii, securitatea alimentației populației și protecția mediului înconjurător [1]. În acest context, prezintă interes crearea de noi metode de stimulare ecologică a culturilor agricole la toate etapele de dezvoltare.

Cercetările la nivel internațional au constatat că unele neajunsuri pot fi lichidate prin elaborarea metodelor fizice de influență asupra activității biologice a culturilor agricole [1, 3, 6, 20-33, 35, 36, 38, 39 42-56, 59-62, 80 83, 86, 89-91, 97-110, 113-132, 142-160, 168-172, 180-182, 198-207]. Conform investigațiilor efectuate în domeniul fizicii mediului ambiant s-a constatat că metodele biofizice utilizate în agricultură pot asigura creșterea germinării semințelor cu 20-35%, creșterea masei rădăcinoase până la 24%, creșterea masei vegetative între 10 și 45%, un randament sporit în limitele 10-50% față de creșterea în condiții obișnuite; rezistența sporită la boli și dăunători [128, 174, 222, 227, 237, 239, 245, 257]. Totodată s-a observat și rezistența sporită la factorii exteriori (secetă, îngheț) și maturarea accelerată [241]. Se îmbunătățesc caracteristicile calitative ale produselor (proteine, zahăr, vitamine și alți metaboliți utili), se observă efecte pozitive repetate în diverse condiții de climă și sol și la diferite soiuri de culturi agricole. Este important de menționat că metodele biofizice pentru stimulare nu schimbă direcția proceselor fiziologice, care sunt controlate de sistemele genetice. Prin urmare, dozele optime aplicate pentru semințe și plante nu provoacă modificări genetice [239, 259].

Scopul tezei constă în identificarea și elaborarea unor metode eficiente de stimulare ecologică și nestresantă a materialelor vegetale, utilizând factorii fizici așa cum sunt: radiația laser, câmpul electric de tensiune joasă, frecvențele acustice, factorii astrofizici, lichidele ozonate, materialele compozite pe bază de nanoclusteri de carbon, argilă și lignoceluloză. Se dorește o observație atentă a influențelor fiecărui factor fizic în parte asupra procesului de germinație și primei faze de creștere, cât și alegerea optimă a parametrilor experimentali, intensitățile de câmp, respectiv dozele, și timpii de expunere.

Obiectivele propuse sunt:

1. Identificarea căilor de influență a factorilor fizici asupra indicatorilor de germinare și dezvoltare a plantulelor;
2. Elaborarea metodologiei și tehnologiilor de cercetare pentru fiecare factor fizic în parte;

3. Efectuarea investigațiilor experimentale privind influența radiației laser de 532 nm și 628 nm, a frecvențelor acustice din gama (0,1 - 9) kHz, a câmpului electric din domeniul (0,1 -13) kHz, a lichidelor ozonate, imersia semințelor studiate în soluție de materiale compozite, obținute din nanoclusteri de carbon, imersia în soluție de materiale compozite obținute din amestec din argilă și lignoceluloză și influența factorilor astrofizici asupra procesului de dezvoltare a culturilor agricole;
4. Evaluarea consecințelor provocate de factorii fizici;
5. Dezvoltarea, modelarea și testarea metodelor fizice;
6. Validarea rezultatelor prin studii de caz.

Valoarea științifică a cercetării. Obținerea informațiilor privind procesele de dezvoltare inițială a plantelor pentru a sprijini agricultura, în vederea combaterii utilizării erbicidelor și pesticidelor în calitate de stimulatori de creștere, precum și pentru a monitoriza pe termen lung tendințele și îmbunătățirile rezultatelor în urma noii proceduri luate la nivel național și la nivel local.

Valoarea practică a cercetării. Aplicarea noilor metode fizice de influență asupra culturilor agricole în practică, pentru dezvoltarea domeniului agricol și ridicarea lui la un nou nivel, productiv și ecologic. Rezultatele preconizate a se obține prin tratamentele fizice ecologice și nestresante pentru plante, vor consta în obținerea de plante sănătoase, viguroase, în cicluri mai dese de vegetație, sporind astfel producția și, deci, o eficiență economică superioară față de tehnologiile clasice.

Teza este structurată astfel: introducere, cinci capitole, concluzii și recomandări și 282 resurse bibliografice.

CAPITOLUL I. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL INFLUENȚEI FACTORILOR FIZICI ASUPRA CULTURILOR AGRICOLE

1.1. Problema creșterii potențialului productiv în agricultură prin metode ecologice și soluții de remediere

Cercetările în domeniul fizicii mediului au demonstrat că tehnicile biofizice folosite în agricultură pot asigura creșteri calitative și cantitative ale producției agricole, având la bază un management bazat pe folosirea limitată a surselor energetice neregenerabile și derivatelor lor, accentul fiind amplasat pe diversificarea spectrului de culturi respectarea tuturor măsurilor de prevenire a poluării și degradării solului [1, 52-56, 106, 107, 113, 128].

1.2. Stadiul actual al cercetărilor acțiunii laserului asupra culturilor agricole

Interacțiunea radiației laser cu semințele și culturile agricole au condus la o serie de efecte evidente, precum: creșterea rezistenței la boli, influențează activitatea α – amilazei și concentrația radicalilor liberi din semințe care pot dezactiva hibernarea semințelor, creșterea rezistenței semințelor, energia și uniformitatea germinativă, are efect asupra procesului de respirație a plantelor, a fotosintezei și conținutului de clorofilă, oferind dovezi credibile privind posibilitatea utilizării laserului în agricultură [27, 30, 31, 52, 59].

1.3. Stadiul actual al cercetărilor acțiunii frecvențelor acustice asupra culturilor agricole

Studii recente au relevat faptul că stimularea sonoră are un potențial mare de a spori creșterea plantelor și calitatea produselor. S-a demonstrat că tratamentul semințelor cu oscilație corespunzătoare în domeniul sunetelor de frecvență joasă înainte de a fi semănate, crește randamentul culturilor monocotiledonate (grâu de toamnă, grâu de primăvară, mei, soia, orez) cu 5-15%. În cazul unor noi prelucrări cu infrasunete în timpul creșterii plantelor, randamentul a crescut până la 50%, comparativ cu martorul [35, 50, 63, 64]. În plus, astfel de tratamente a semințelor a crescut rezistența la diferite boli cauzate de patogeni fungici și bacterieni [239].

1.4. Stadiul actual al cercetărilor acțiunii câmpurilor electrice asupra culturilor agricole

Cercetătorii timpurii au descoperit aplicarea energiei electrice în agricultură în diferite scopuri, cum ar fi tratarea semințelor, creșterea răsadului, creșterea plantelor, controlul insectelor ș.a. Această tehnologie denumită electro-cultură poate proteja plantele de boli, insecte și îngheț. Aceste metode pot reduce, de asemenea, cerințele pentru îngrășăminte sau pesticide [39, 47, 249, 252, 261-263].

1.5. Stadiul actual al cercetărilor acțiunii ozonului asupra culturilor agricole

S-a stabilit că ozonul are proprietăți antibacteriene unice, ecologice și sigure pentru mediu, influențează microflora și crește randamentul plantelor [46, 70, 115, 120, 135-138, 182, 186, 240]. Tratarea semințelor cu ozon în stare gazoasă sau sub formă de soluție cu un

procent redus de conținut de ozon corespunzător fiecărei culturi are un efect complex asupra semințelor. Ca urmare a tratamentului, energia de germinare și producția agricolă crește, iar subprodusele toxice nu sunt formate [121].

1.6. Stadiul actual al cercetărilor acțiunii factorilor astrofizici asupra culturilor agricole

Rudolf Steiner, fondatorul agriculturii biodinamice, a sugerat că o agricultură sănătoasă nu trebuie să ia în considerare numai factori precum rotațiile culturilor, viteza de stocare a sunetului și îngrășământul organic, ci și factori cosmici. Lucrările publicate [5, 11, 18, 19, 71-76, 94, 122, 132, 133] au indicat o relație între poziția lunii în raport și rata de germinare, absorbția apei și că volumul de ADN din plante.

1.7. Concluzii la Capitolul I

Analiza literaturii demonstrează că tratarea semințelor înainte de semănat cu diverși factori fizici poate îmbunătăți semnificativ calitatea semințelor și poate accelera dezvoltarea plantelor în primele etape ale ontogenezei. Plantele vegetative cultivate din semințe tratate, de regulă, sunt superioare plantelor netratate printr-o serie de parametri, de exemplu, înălțimea plantelor, dezvoltarea sistemului de rădăcini, rata de admisie a macrocelulelor, absorbția apei, respirația și fotosinteza. Unele metode de procesare pot reduce, de asemenea, viabilitatea microorganismelor patogene sau nivelul lor de infecție a materialului vegetativ, precum și rezistența plantelor la factori biotici și abiotici. Drept urmare, productivitatea culturilor crește; această creștere poate fi, în funcție de o serie de factori, de la 10-15% la 30-40%. Cu toate acestea, utilizarea pe scară largă a tehnologiilor descrise nu este încă posibil practic. Acest lucru se datorează studiului insuficient al mecanismelor de acțiune ale factorilor fizici la nivel biofizic, biochimic și genetic și a procesului destul de complicat de selectare a modurilor de expunere optime. Individualizarea parametrilor de expunere optimi pentru fiecare cultură, caracteristică unora dintre metodele de mai sus, complică dezvoltarea echipamentelor universale adecvate pentru prelucrarea înainte de semănat a diverselor culturi, iar lipsa echipamentelor produse în masă împiedică introducerea sa în producție. În acest context lucrarea are o deosebită importanță și actualitate incontestabilă în aspectul fundamentării științifice al interrelațiilor *factor fizic – material vegetal – procese morfologice* ca bază teoretică de elaborare a căilor și metodelor de stimulare ecologică și nestresantă a plantelor [1, 3, 6, 20-33, 35, 36, 38, 39 42-56, 59-62, 80 83, 86, 89-91, 97-110, 113-132, 143-160, 168-172, 180-182, 198-207].

CAPITOLUL II. MODUL DE INTERACȚIUNE A CÂMPURILOR FIZICE CU MATERIALUL BIOLOGIC

2.1. Interacțiunea radiației laser cu materialele biologice

Natura interacțiunii radiației laser cu materialul biologic este foarte complexă și multifactorială. Deci, atunci când suprafața oricărui țesut biologic este iradiată, lumina laser este absorbită, reflectată și împrăștiată [231]. 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 (asociată cu presiunea fluxului de lumină de pe suprafața țesutului).

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. [209, 214].

2.2. Mecanismul de interacțiune a câmpului electric cu materialele biologice

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. Deoarece aerul este un bun dielectric și conține puțini purtători de sarcini electrice, densitatea curentului, determinată de câmpul electric al atmosferei, este mică și se ridică 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 [213].

Interacționând unele cu altele, sarcinile electrice nu acționează direct între ele. Orice încărcare sau corp încărcat creează un câmp electric în spațiul înconjurător [186]. Acest câmp are un efect de forță asupra altor corpuri încărcate. Proprietatea principală a câmpului electric este efectul asupra sarcinilor electrice cu o anumită forță. Astfel, interacțiunea corpurilor încărcate nu se realizează prin impactul direct asupra acestora, ci prin câmpurile electrice care înconjoară corpurile încărcate [212].

2.3. Mecanismul de interacțiune a frecvențelor acustice cu materialele biologice

Ca urmare a acțiunii câmpului acustic asupra obiectului biologic, acesta din urmă experimentează o deformare - o schimbare a poziției relative a punctelor pe corp, ceea ce duce la o modificare a formei și dimensiunii sale [231, 232]. O deformare se numește elastică dacă, după încheierea acțiunii forțelor câmpului acustic, obiectul revine la forma sa inițială. Deformarea elastică este cauzată de apariția forțelor elastice care echilibrează forțele externe aplicate corpului [234].

Efectul mecanic al mediului asupra obiectelor biologice caracterizează câmpul de forță. Mărimea și direcția forțelor acestui câmp sunt determinate de forțele de gravitație și mișcarea termică a particulelor mediului (molecule de aer, lichide).

2.4. Mecanismul de interacțiune a factorilor astrofizici cu materialele biologice

În general, se crede că influența planetelor sistemului solar asupra proceselor geofizice și a biosferei, activitatea vitală a organismelor vii, inclusiv a oamenilor, practic nu există [160]. Acest lucru se datorează faptului că o schimbare a forței de atracție gravitațională este invers proporțională cu pătratul distanței [165-166].

Pentru a evalua impactul gravitațional al obiectelor spațiale, luăm în considerare valorile potențialelor gravitaționale la locația Pământului, la o serie de planete și stele, la întâlnirea lor maximă periodică și la distanță.

Potențialele gravitaționale ale planetelor determină câmpurile de viteză comparabile în funcție de ratele proceselor fizice și chimice. Prin urmare, diferența dintre potențialele gravitaționale aduce o contribuție semnificativă la energia acestor vibrații, inclusiv cele ale solitonului, în proteine, în ADN și în alte structuri biologice. Evident, o schimbare a diferențelor potențiale duce la modificări ale funcționării organismului, începând cu procesele intracelulare [161, 192, 240].

2.5. Concluzii la Capitolul II

Capitolul II redă fundamentarea teoretică, din punct de vedere fizic, a mecanismului de interacțiune a radiație laser, câmpului electric, frecvențelor acustice cu obiectele

biologice. De asemenea, este prezentată o privire în ansamblu al sensului fizic de influență al factorilor astrofizici asupra plantelor. Efectele câmpurilor modulate asupra proceselor fizico-chimice din celulă sunt legate de câmpul electromagnetic extern indus și ar trebui să se manifeste în stratul de suprafață al membranei, în funcție de viteza ionilor sub acțiunea câmpului, de perioada expunerii sale și de mărimea celulei. În general, se acceptă faptul că câmpul electromagnetic afectează caracteristicile individuale ale membranelor, deoarece aproape toată tensiunea cade asupra lor [213, 231, 234]. Cu toate acestea, câmpul extern nu numai că constituie o mică parte din câmpul electromagnetic de pe membrană, dar este, de asemenea, vizibil mai mic decât nivelul său de zgomot, în timp ce în interiorul celulei fracția de câmp extern este mult mai mică și acolo componenta magnetică a câmpului electromagnetic indus. Fenomenele petrecute în rezultatul interacțiunii câmpurilor fizice modulate cu obiectele biologice dau posibilitatea înțelegerii reacției ulterioare a materialului vegetativ și da o explicație clară a schimbărilor petrecute în urma stimulării semințelor prin metode fizice în comparație cu eșantioanele martor.

CAPITOLUL III. MATERIALE ȘI METODE DE CERCETARE

3.1. Obiectul de studiu

Ca obiecte de studiu au servit semințele plantelor din specia *Triticum aestivum* L. (grâu), *Zea mays* L. (porumb), *Phaseolus vulgaris* L. (fasole), *Avena sativa* L. (ovăz), *Hordeum vulgare* L. (orz), *Secale cereale* L. (secară) și *Allium cepa* L. (ceapă). Pentru încercări experimentale au fost utilizate semințele cu aceeași sursă de proveniență, cât și din același lot. Înaintea supunerii semințelor acțiunii factorilor fizici a avut loc sortarea semințelor viabile, în loturi de câte 100 bucăți semințe. Înainte de a fi supuse investigațiilor, semințele au fost menținute timp de 24 h într-o incintă întunecată, ecranată electric, la o umiditate relativă a aerului de 35 % și o temperatură de 18 °C.

3.2. Metoda de determinare a germinației semințelor

Parametrii de germinare au fost determinați în felul următor [42, 58, 111, 112]:

- Rata finală de germinare (FGP):

$$FGP = \frac{\left(\sum_{i=1}^k n_i\right)}{N} \cdot 100 \quad (3.1)$$

unde n_i este numărul de semințe germinate în timpul i ; N - numărul total de semințe în fiecare unitate experimentală.

- Timpul mediu de germinare (MGT):

$$MGT = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (3.2)$$

unde t_i este timpul de la începutul experimentului până la observația i ; n_i - numărul de semințe germinate în timpul i și k - ultima dată a germinării.

- Coeficientul de variație a timpului de germinare (CV_t):

$$CV_t = \left(\left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k n_i (t_i - \bar{t})^2}{\sum_{i=1}^k n_i - 1}} \right) / \bar{t} \right) \cdot 100 \quad (3.3)$$

unde \bar{t} este timpul mediu de germinare; t_i - timpul dintre începutul experimentului și observația la timpul i ; n_i - numărul de semințe germinate în timpul i , și k - ultima dată de germinare.

- Rata medie de germinare (MR):

$$MR = \frac{1}{MGT} \quad (3.4)$$

- Viteza de germinare (GSP):

$$GSP = \left(\frac{1}{MGT} \right) \cdot 100 \quad (3.5)$$

- Indicele ratei de germinare (GRI):

$$GRI = G_1/1 + G_2/2 + \dots + G_i/i \quad (3.6)$$

unde G_1 este procentul germinării în ziua 1, G_i - procentul germinării în ziua i .

- Indicele de germinare (GI):

$$GI = (10 \cdot n_1) + (9 \cdot n_2) + \dots + (1 \cdot n_{10}) \quad (3.7)$$

unde n_1, n_2, \dots, n_{10} este numărul de semințe germinate în ziua 1, ziua 2, până în ziua a 10.

Acești indici fac posibilă evaluarea funcției potențiale de protecție a unui organism vegetal în dezvoltare.

3.3. Tehnologia expunerii semințelor radiației laser

Cercetările experimentale necesare expunerii materialului vegetal, în acest caz semințele speciei de *Triticum aestivum* L. (grâu), *Zea mays* L. (porumb), *Phaseolus vulgaris* L. (fasolea), *Avena sativa* L. (ovăz) și *Allium cepa* L. (ceapa) au fost realizate în cadrul laboratorului „Metrologia Mediului Ambient și Astronomie” din cadrul Universității de Stat din Moldova. În acest sens, a fost proiectată și realizată instalația pentru tratarea semințelor

cu radiație laser (fig. 3.2). Schema funcțională a instalației pentru tratarea semințelor cu radiație laser este prezentată în figura 3.3.



Fig. 3.1. Imagenă a instalației pentru tratarea semințelor cu laser.

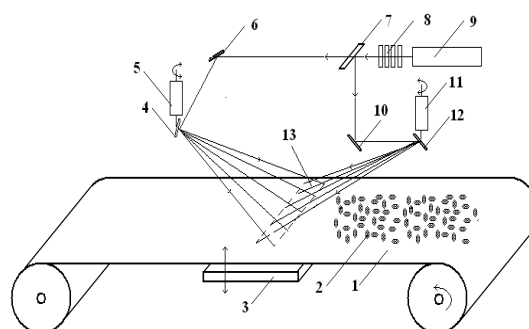


Fig. 3.2. Schema instalației pentru tratarea semințelor cu radiație laser [84]: 1 – bandă rulantă; 2 – semințe; 3 – dispozitiv cu vibrator; 4, 6, 10, 12 – oglindă; 5, 11 – dispozitiv de scanare; 7 – oglindă semitransparentă; 8 – filtre neutre; 9 – laser.

Pentru studiul efectelor radiației laser asupra semințelor unor culturi agricole a fost utilizat un laser cu lungimi de undă de 532 nm și 628 nm.

3.4. Tehnologia expunerii semințelor undelor sonore

Pentru tratarea semințelor cu unde sonore a fost proiectată, realizată și utilizată instalația prezentată în figura 3.4.

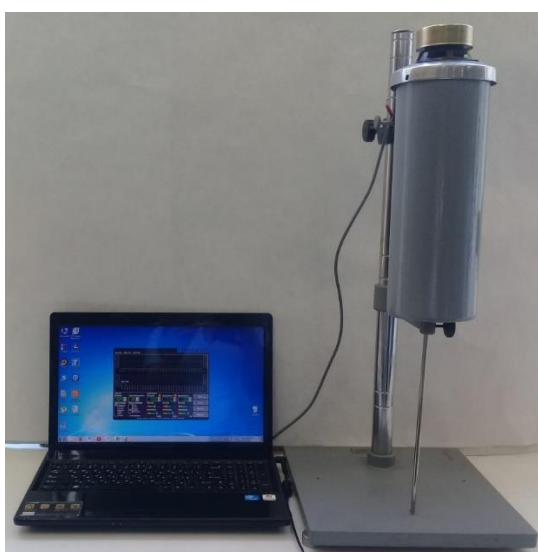


Fig. 3.3. Imagenă a instalației pentru tratarea semințelor cu unde sonore.

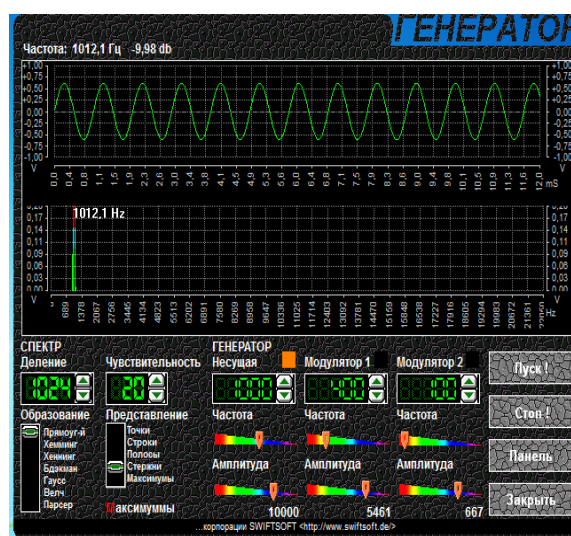


Fig. 3.4. Interfața soft-ului Generator [280].

Pentru generarea undelor sonore am utilizat soft-ul Generato (fig. 3.5) [280].

Schema funcțională a instalației este prezentată în imaginea din figura 3.6.

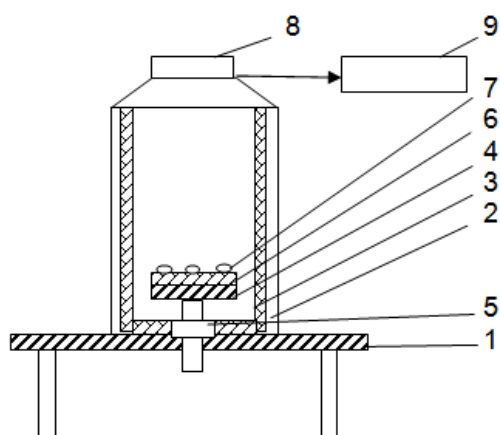


Fig. 3.5. Instalația pentru tratarea semințelor cu frecvențe acustice [99]:
1 - suport fix; 2 - cilindru; 3 - strat absorbant; 4 - suport mobil; 5 - șurub; 6 - suport; 7- semințe supuse tratării; 8 - difuzorul; 9- generator de sunete.

Tratarea semințelor a fost realizată timp de 5 zile, la un anumit interval de timp fiind determinată creșterea masei semințelor, raportată la masa inițială. Pe parcursul tratamentului măsurările au fost realizate în interval de 24 h, iar în intervalele unde apar abateri de la dependența caracteristică, măsurătorile au fost efectuate cu interval de 4 h.

3.5. Tehnologia expunerii semințelor acțiunii câmpului electric

Cercetările privind influența câmpului electric asupra materialului vegetativ au vizat semințele de *Phaseolus vulgaris L.* (fasole). Instalația experimentală pentru tratarea semințelor cu câmp electric cu frecvențe în limitele 0,1÷13 kHz este prezentată în figura 3.7.

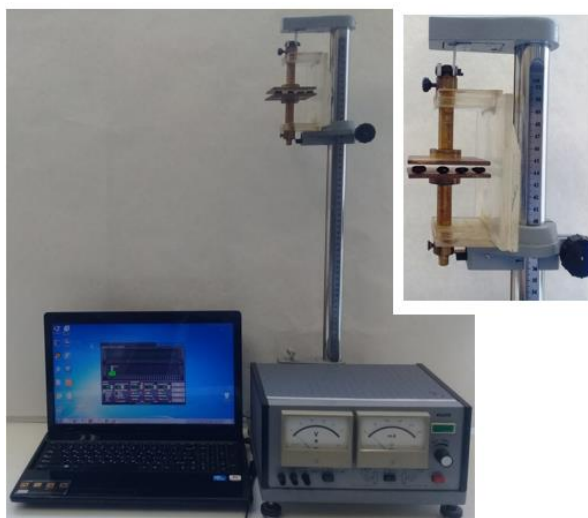


Fig. 3.6. Imaginea instalației pentru tratarea semințelor în câmp electric.

Schema funcțională a instalației este prezentată în figura 3.8.

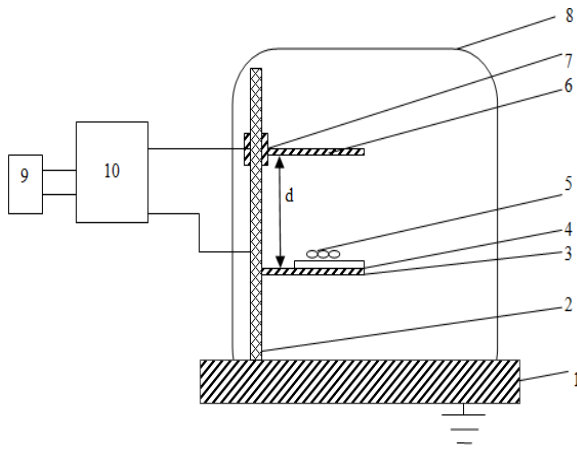


Fig. 3.7. Instalația experimentală pentru tratarea semințelor cu câmp electric:

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 – generatorul de curent; 10 – amplificator.

3.6. 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 domeniu lungimilor de undă de până la 210 nm (fig. 3.9).

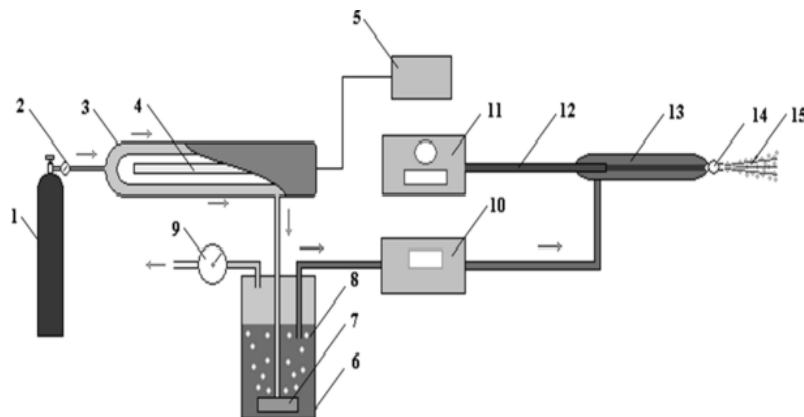


Fig. 3.8. Instalația pentru obținerea lichidelor ozonate [7, 8]:

1 - cilindru 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.

3.7. Tehnologia de sublimare în vid a semințelor

Cercetările experimentale necesare expunerii sublimării în vid au fost realizate pe semințele speciilor de *Triticum aestivum* L. (grâu) și *Zea mays* L (porumb).

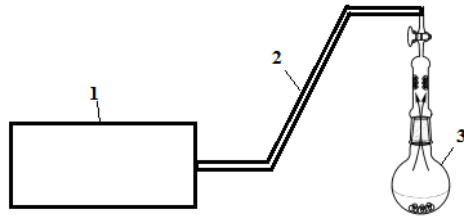


Fig. 3.9. Schema-funcțională a instalației pentru sublimarea în vid:
 1 - pompă de vid ; 2-tub; 3- sublimator vertical.

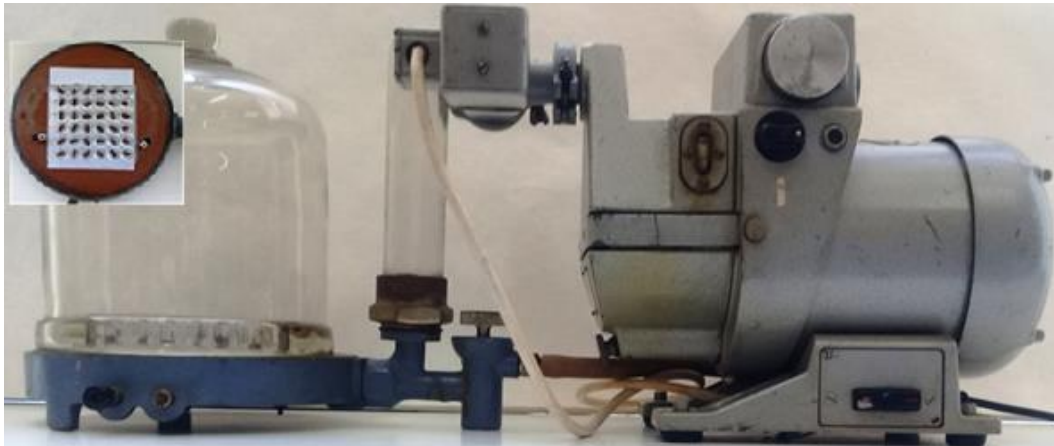
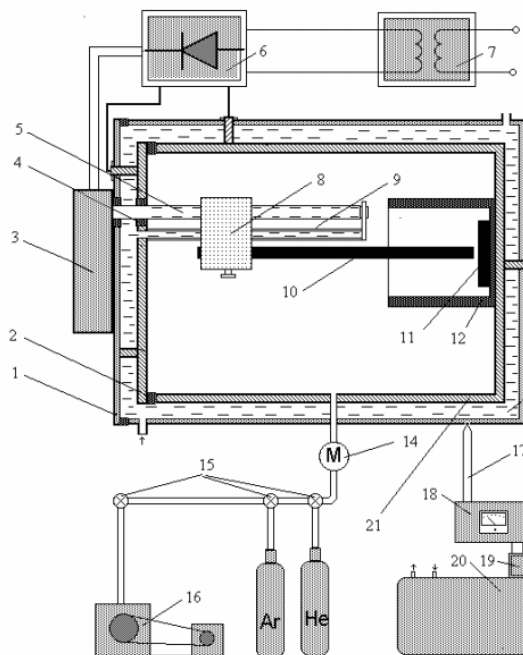


Fig. 3.10. Instalația pentru sublimarea în vid.

3.8. Tehnologia preparării și utilizării materialelor compozite ca factor stimulator de creștere

3.8.1. Prepararea și utilizarea materialelor compozite pe bază de clusteri de carbon

Schema instalației pentru sinteza clusterilor de carbon este prezentată în figura 3.12.



1 – capacul incintei de lucru; 2 – garnitură; 3 – dispozitiv mecanic de dirijare a electrodului de grafit; 4 – garnitură; 5 – bară cu filet; 6 – redresor; 7 – transformator de coborâre; 8 – dispozitiv de fixare a electrodului de grafit; 9 – directoare; 10, 11 – electrozi de grafit; 12- colector de fullerene; 13 – lichid de răcire; 14 – manometru; 15 – robinete; 16 - instalație de vid; 17 – termocuplu; 18- termoreglator; 19 – pompă de apă; 20 – rezervor cu lichid de răcire; 21 – incinta de lucru.

Fig. 3 11. Schema instalației pentru sinteza clusterilor de carbon [86]:

Materialul compozit a fost preparat pe bază de argilă cu conținut de 3% clusteri de carbon. Amestecul obținut de argilă și clusteri de carbon a fost depus în strat subțire de 0,3 ÷ 0,5 mm pe suprafața semințelor. După aplicarea tratamentului, semințele au fost plasate în vasele de vegetație și urmărită dinamica lor.

3.8.2. Prepararea și utilizarea materialelor compozite pe bază de lignoceluloză

Ca materie primă pentru obținerea lignocelulozei au fost folosite paie de grâu recoltate în anul 2017 de la o fermă locală. Materia primă, cu următoarea compoziție chimică: celuloză 39,1 %, hemiceluloze 27,3 %, lignină 16,5 %, extractive 13,7 % și cenușă 4,3 %, au fost mai întâi uscate la aer pentru echilibrul atmosferic și apoi măcinate într-un blender și sitate 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.

3.9. Metoda de tratare a apei prin diferite procedee fizice

3.9.1. Metoda de preparare a apei ionizate

Apa ionizată (apă alcalină și apă acidă) este obținută din apă potabilă prin metoda separării în câmp electric (pH-ul 11 – 12 și pH 3 – 4). În figura 3.14 este prezentată schema instalației pentru obținerea apei ionizate.

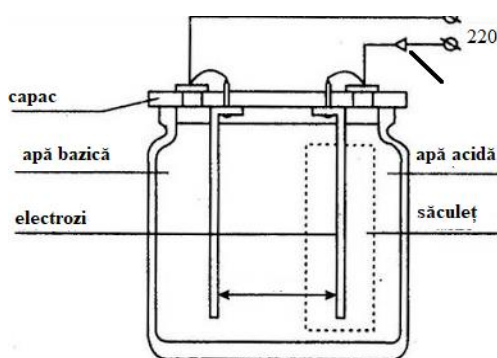


Fig. 3.14. Schema instalației pentru obținerea apei ionizate.

3.9.2. Metoda de tratare a apei în câmp magnetic

Apa influențată cu câmp magnetic poate fi obținută cu ajutorul instalației prezentate în figura 3.15.

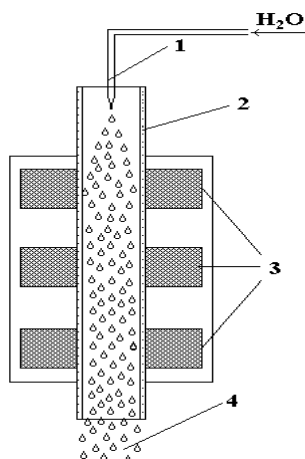


Fig. 3.15. Schema instalației pentru tratarea apei în câmp magnetic [84]:

1- tub cu dispozitiv de dispersare la capăt; 2 – tub de sticlă; 3 – magnet; 4 – apă dispersată.

3.9.3 Metoda de tratare a apei cu radiație laser

Tratarea efectivă a apei cu radiație laser se poate realiza prin metoda trecerii apei în stare de aerosoli prin flux de radiație laser defocalizat. Schema instalației este prezentată în figura 3.16.

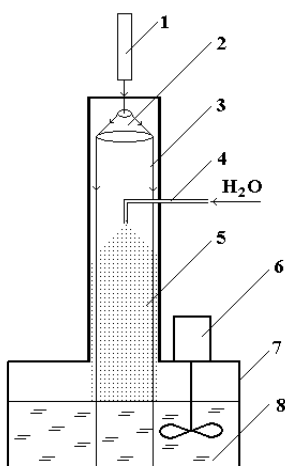


Fig. 3.16. Schema instalației pentru tratarea apei cu radiație laser [84]:

1 – laser; 2 – sistem optic; 3 - flux de radiație laser defocalizat; 4 – tub pentru dispersarea apei; 5 – flux de aerosol; 6 – agitator; 7 – rezervoar; 8 – apă tratată.

3.10. Stabilirea modului de influență a factorilor astrofizici asupra dezvoltării plantelor

Pentru a evalua efectul ciclurilor lunare asupra plantelor au fost utilizate semințele a trei specii de culturi agricole: grâu (*Triticum aestivum L.*), porumb (*Zea mays L.*) și fasole (*Phaseolus vulgaris L.*). Experimentele s-au desfășurat pe o perioadă de 4 luni (decembrie 2018 – martie 2019) în condiții de laborator. Zilnic, câte un eșantion de 20 de semințe au fost puse la germinat în apă. Alt eșantion a fost plantat în sol în vase de vegetație. În calitate de rezultate au fost urmărite absorbția apei de către semințe, rata de germinare, viteza de germinare și prima etapă de creștere a plantulelor.

3.11. Concluzii la Capitolul III

În Capitolul 3 sunt expuse materiile prime și metodele utilizate pentru cercetare. Pentru efectuarea cercetărilor au fost proiectate și realizate instalațiile pentru stimularea materialului vegetativ prin metode fizice, incluzând radiația laser, frecvențele acustice, câmpul electric, ozonarea, sublimarea în vid și materialele compozite pe bază de clusteri de carbon și cele care au la bază lignoceluloza și argila.

Au fost, de asemenea, determinate etapele de cercetare:

- pregătirea materialului vegetativ pentru studiul influenței factorilor fizici;
- asigurarea condițiilor optime de creștere a plantelor în condiții de laborator;
- expunerea semințelor la acțiunea câmpurilor fizice și aplicarea, în strat subțire, a materialului compozit asupra semințelor;
- monitorizarea particularităților de germinație și creștere a materialului vegetativ cercetat.

CAPITOLUL IV. ANALIZA REZULTATELOR OBTINUTE SUB INFLUENȚA FACTORILOR FIZICI DE MEDIU

4.1. Analiza rezultatelor obținute sub influența acțiunii radiației laser

Pentru a evalua influența radiației laser asupra semințelor culturilor cerealiere, precum orzul (*Hordeum vulgare L.*), grâul (*Triticum aestivum L.*) și porumbul (*Zea mays L.*), am utilizat două tipuri de laser cu $\lambda = 532$ nm și $\lambda = 628$ nm. Semințele fiecărei specii de plantă au fost expuse câte 1 min sub acțiunea radiației emise de laser. În figura 4.1 este prezentată rata finală de germinare a semințelor la a 5-a zi după tratament.

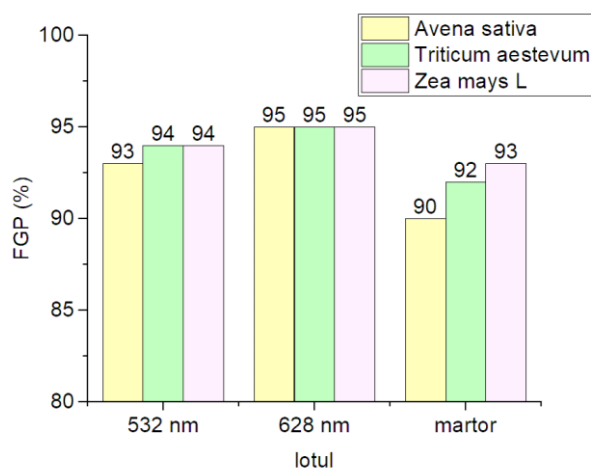


Fig. 4.1. Rata finală de germinare a semințelor speciilor *Hordeum vulgare L.*, *Triticum aestivum L.* și *Zea mays L* supuse acțiunii radiației laser de 532 nm și 628 nm.

Rata de germinare atinge valoarea maximă la varianta de expunere a laserului cu $\lambda=628$ nm, oferind cele mai multe unități de semințe germinate (95 %). După cum se observă din figura 4.1, rata de germinare pentru lotul testat cu acest tip de laser are o liniaritate asemănătoare pentru cele trei specii de culturi. În comparație cu proba martor, lotul expus acțiunii radiației laser de 532 nm a manifestat, de asemenea, o rată de germinare mai mare, cum ar fi: cu 3 % pentru orz, 2 % pentru grâu și cu 1 % pentru porumb.

Pentru a evalua efectele acțiunii radiației laser în prima fază de creștere a plantelor, timp de 10 zile s-a măsurat înălțimea lor (fig. 4.2).



Fig. 4.2. Creșterea plantulelor de *Triticum aestivum* L la a 7-a zi.

În figura 4.3 este prezentată dinamica creșterii plantulelor de orz (*Hordeum vulgare* L.), grâu (*Triticum aestivum* L.) și porumb (*Zea mays* L.) în dependență de tratamentul aplicat.

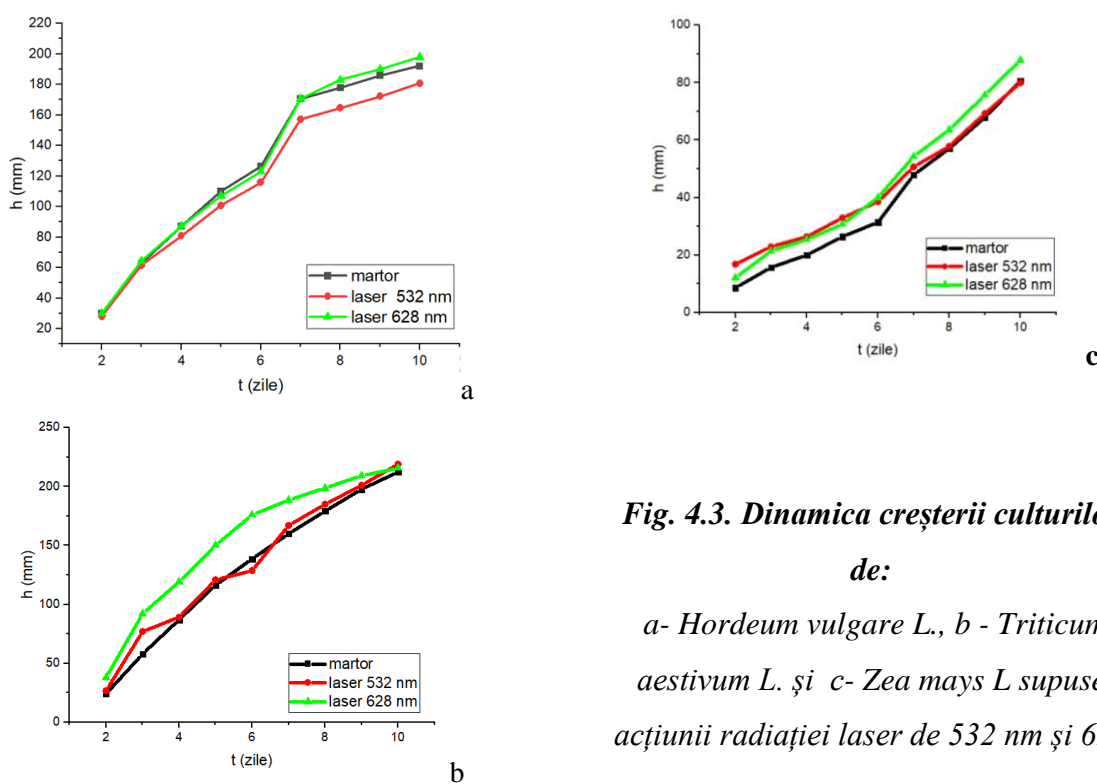


Fig. 4.3. Dinamica creșterii culturilor de:
a- *Hordeum vulgare* L., b - *Triticum aestivum* L. și c- *Zea mays* L supuse acțiunii radiației laser de 532 nm și 628 nm.

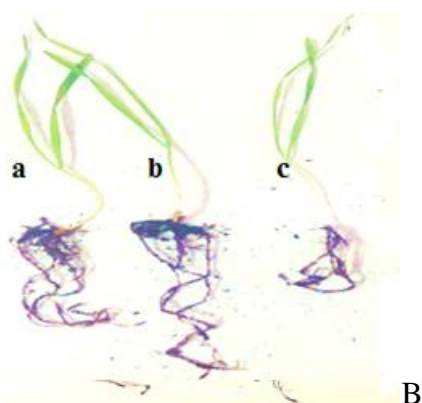
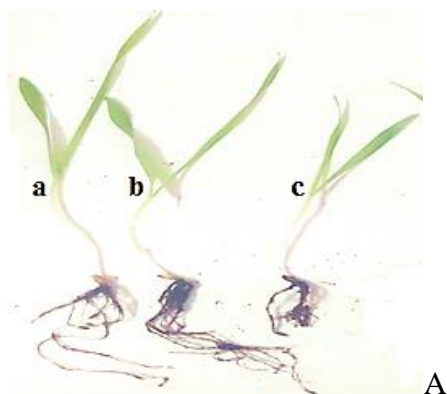


Fig. 4.4. Imaginea plantulelor de:

A - *Hordeum vulgare* L., B - *Triticum aestivum* L., C - *Zea mays* L. din loturile supuse acțiunii: a- radiației laser de 628 nm, b- radiației laser de 532 nm, c- proba martor.

Cele mai evidente rezultate se pot observa la creșterea speciei *Triticum aestivum* L. (figura 4.4 B). Pentru *Hordeum vulgare* L. (figura 4.4 A) și *Zea mays* L (figura 4.4 C), se observă o viteză de creștere mai mare pentru lotul iradiat cu laser de 628 nm abia în ziua 7. Radiația laser de 532 nm a avut un impact mai mic față de expunerea acțiunii laserului 628 nm, iar pentru *Avena sativa* s-a dovedit a fi inefficient.

4.1.1. Analiza rezultatelor obținute sub influența radiației laser în combinație cu apă supusă acțiunii diferitor factori fizici

Tabelul 4. 1. Specificul tratării semințelor

Nr. crt.	Nr. lot	radiație laser $\lambda=532$ nm	radiație laser $\lambda=632$ nm	ρ , mW/cm ²	t, min	Soluție de nanoclusteri de carbon	Tipul apei
1	l_1	-	-	-	-	-	neprelucrată
2	l_2	-	-	-	-	+	neprelucrată
3	l_3	+	-	2	2	-	prelucrată termic
4	l_4	+	-	2	2	-	ionizată
5	l_5	+	-	2	2	-	supusă acțiunii câmpului magnetic
6	l_6	-	+	0,5	2	-	prelucrată termic
7	l_7	-	+	0,5	2	-	ionizată
8	l_8	-	+	0,5	2	-	supusă acțiunii câmpului magnetic
9	l_9	-	-	2	1	-	expusă radiației laser

În figura 4.5 sunt prezentate rezultatele referitor la gradul de germinare a semințelor.

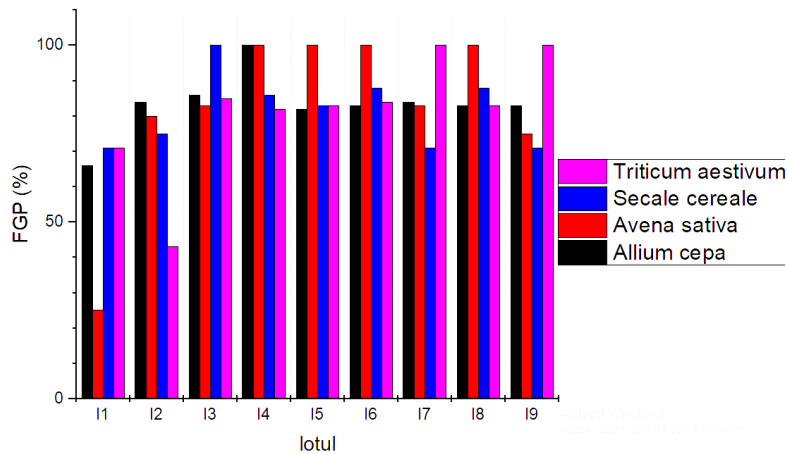


Fig. 4.5. Rata de germinare la 96 h a grâului (*Triticum aestivum L.*), ovăzului (*Avena sativa L.*), secarei (*Secale cereale*) și cepei (*Allium cepa L.*) în dependență de tratamentul aplicat.

Comparativ cu lotul de control germinarea maximă a fost obținută la semințele de ceapă - lotul l_4 , ovăz - lotul l_4, l_5, l_6, l_8 , secară – lotul l_3 , grâu- lotul l_7, l_9 . Germinarea minimă a fost obținută pentru toate loturile la care semințele au fost tratate cu soluții de nanoclusteri de carbon. Din imagine se evidențiază faptul că nu toate culturile reacționează în mod egal la același stimul.

Rezultatele privind dinamica creșterii culturilor la a 5- a zi după plantare sunt prezentate în figura 4.6. Astfel, cel mai mare grad de dezvoltare au atins culturile care au fost prelucrate în soluții cu clusteri de carbon.

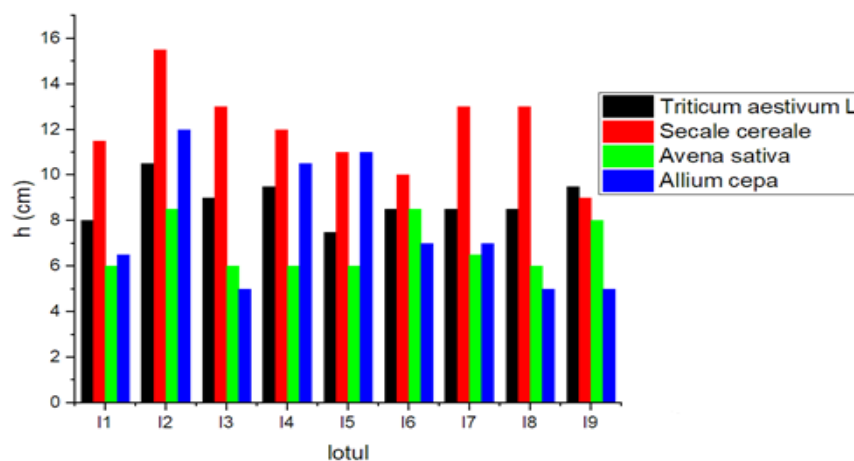


Fig. 4.6. Dinamica creșterii la a 5- a zi după plantare a semințelor speciilor de *Triticum aestivum L.*, *Avena sativa L.*, *Secale cereale* și *Allium cepa L.* în dependență de tratamentul aplicat.

Pentru ceapă valori maxime au fost obținute în loturile l_4 și l_5 , pentru ovăz- loturile l_6, l_9 , pentru secară – loturile l_3, l_4, l_7, l_8 , pentru grâu – loturile l_3, l_4, l_9 .

Imaginea plantulelor speciilor studiate este prezentată în figura 4.7.

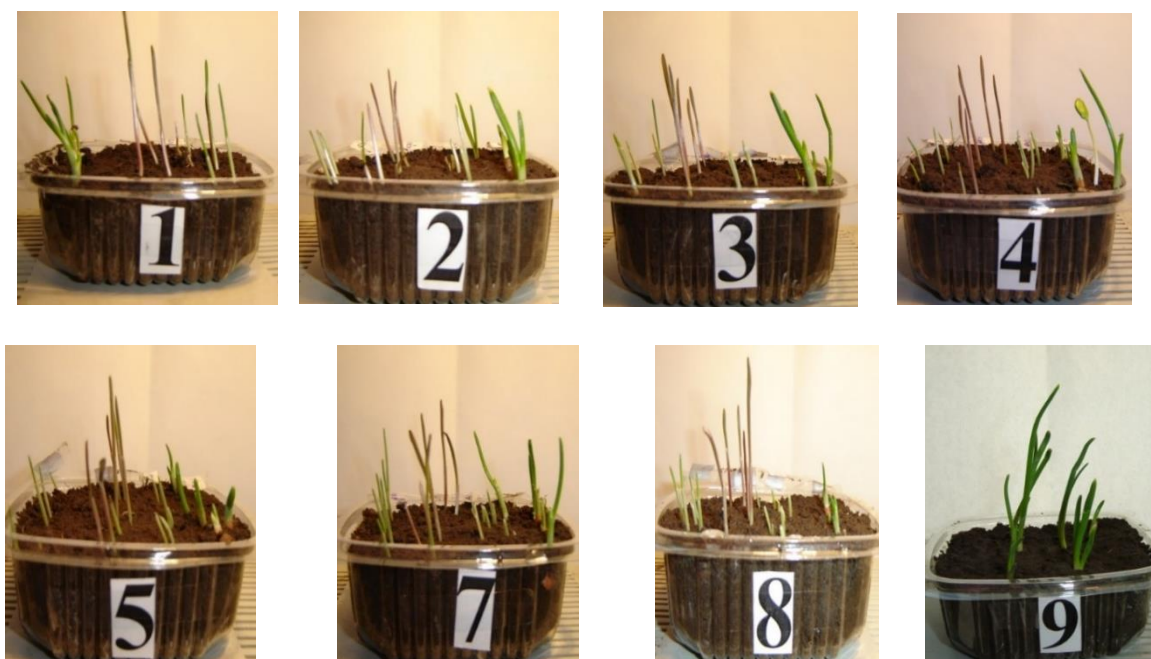


Fig. 4.7. Stadiul dezvoltării plantulelor grâu (*Triticum aestivum* L.), ovăz (*Avena sativa* L.), secară (*Secale cereale*) și ceapă (*Allium cepa* L.) în la a 5- a zi după semănare în vasele de vegetație.

4.1.2. Analiza rezultatelor obținute la biostimularea semințelor cu radiație laser și soluție argilo-lignocelulozică

Biostimularea a constat într-o pretratare a semințelor de grâu (*Triticum aestivum* L.), porumb (*Zea mays* L.) și fasole (*Phaseolus vulgaris* L.), prin imersie într-o soluție argilo-lignoceluloză, urmată de tratament cu laser. Specificul biostimulării loturilor este prezentat în tabelul 4.2.

Tabelul 4. 2. Condiții experimentale utilizate în studiu

Nr. crt.	Nr. lot	Soluția de pretratare	Durata tratamentului cu radiație laser, min
1	l_1	-	-
2	l_2	+	-
3	l_3	+	5
4	l_4	+	7

l_1 –proba martor; l_2 , l_3 și l_4 - eșantioanele supuse tratamentului.

În figura 4.8 este reprezentată dependența variației masei semințelor de porumb, fasole și grâu de timp, în funcție de tratamentul la care a fost supusă.

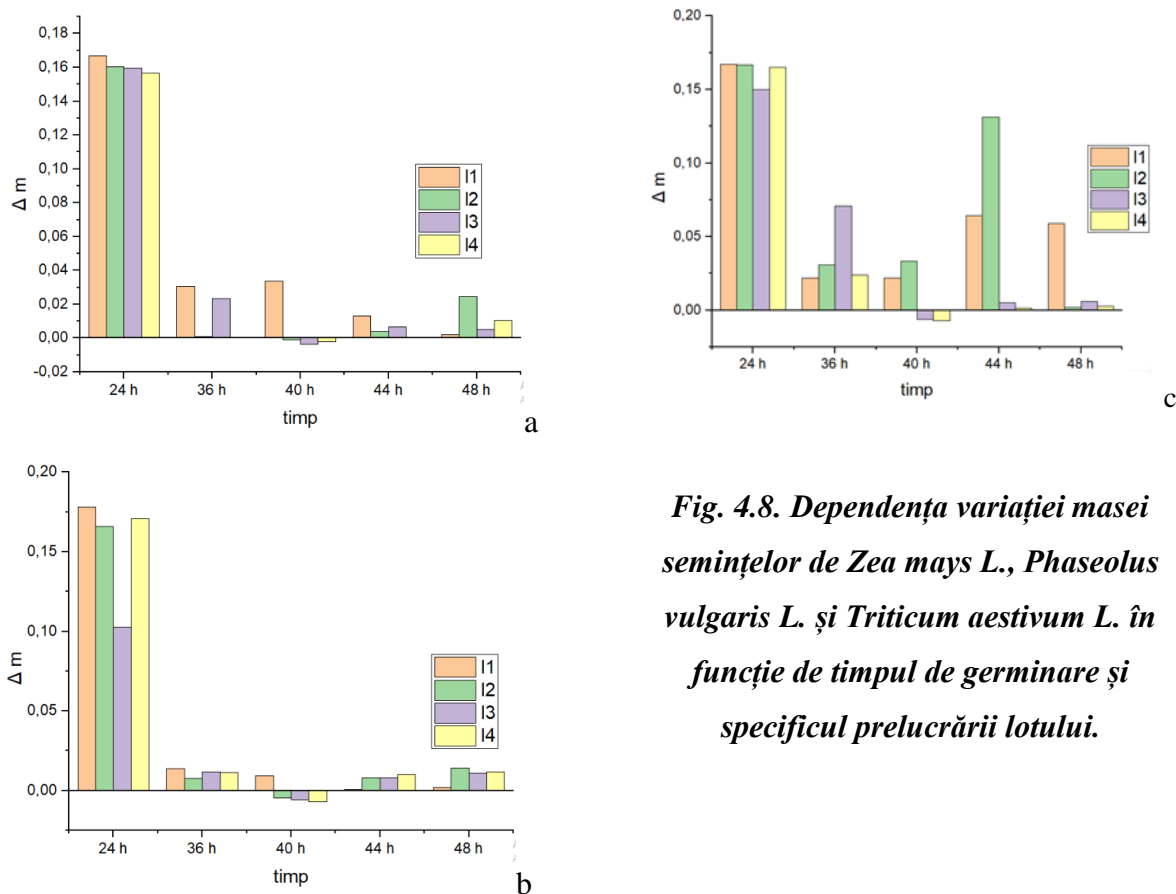


Fig. 4.8. Dependența variației masei semințelor de *Zea mays L.*, *Phaseolus vulgaris L.* și *Triticum aestivum L.* în funcție de timpul de germinare și specificul prelucrării lotului.

Din figura 4.8 se observă că în primele 24 h de menținere în apă, semințele au acumulat cel mai mult în volum. S-a constatat că punctele minime din grafic coincid cu perioada de declanșare a procesului de germinare, care de asemenea este diferită, în dependență de modul de tratare a lotului. Astfel, din grafic se poate observa că semințele supuse tratamentului laser în combinație cu argilă și lignoceluloza au reacționat cel mai rapid stimulentele fizice, având o perioadă mai redusă de germinare de 36 h, față de lotul de control (48 h). Rezultate semnificative s-au înregistrat și pentru lotul l₄.

Tabelul 4.3 prezintă rata de germinare a semințelor studiate evaluate după o perioadă de germinare de 84 ore ca funcție a condițiilor de tratament, în timp ce figura 4.9. prezintă evoluția ratei de germinare în timp.

Tabelul 4.3. Rata finală germinare a semințelor în dependență de specificul tratării, %

Specia	Lotul			
	<i>l</i> ₁	<i>l</i> ₂	<i>l</i> ₃	<i>l</i> ₄
Porumb (<i>Zea mays L.</i>)	40	75	80	80
Fasole (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)	60	90	100	100
Grâu (<i>Triticum aestivum L.</i>)	60	80	80	80

Atât datele din tabelul 4.3, cât și graficele din figura 4.9 indică clar că *Phaseolus vulgaris L.* au avut cea mai mare și cea mai rapidă rată de germinare dintre speciile studiate.

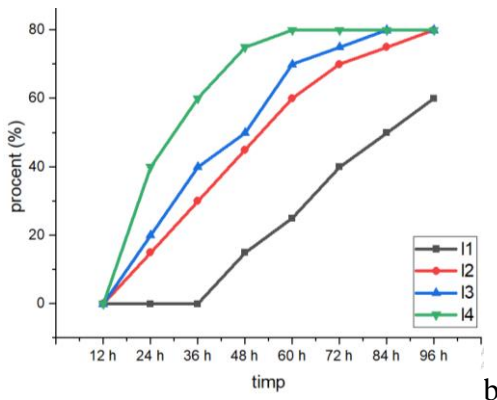
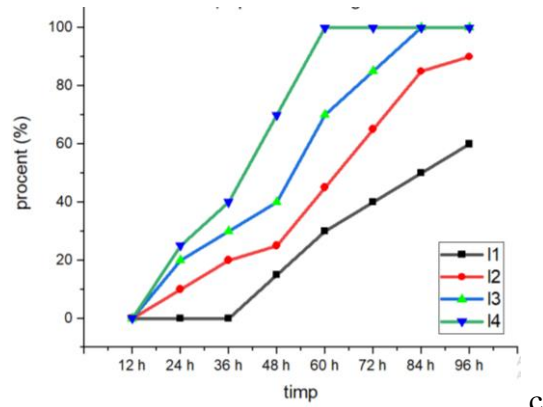
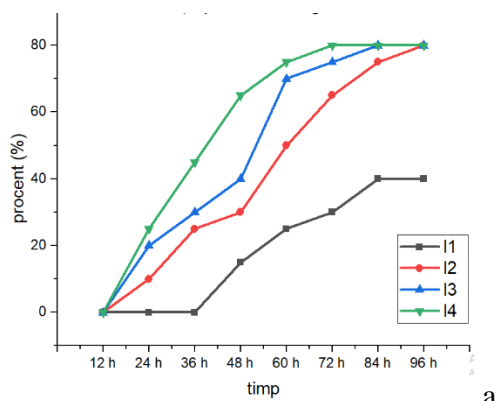


Fig. 4.9. Dependența ratei de germinare a semințelor de: a- porumb; b- grâu; c- fasole de durata de timp.

Astfel, atunci când se iau în considerare diferitele tratamente aplicate, fasolea (fig. 4.9 c) a prezentat o rată de germinare mult mai mare, comparativ cu controlul, pentru lotul I2 - semințele supuse numai pretratării prin imersare în soluția argilo-lignoceluloză și o rată de germinare de 100% pentru ambele loturi, supuse unui tratament complet combinat care implică durate diferite ale expunerii la radiații (5 și 7 min - I3 și, respectiv, I4). Semințele de grâu și porumb nu au atins rata maximă de germinare, în comparație cu fasolea, cu toate acestea, acestea au arătat și efectele benefice ale tratamentelor, iar ratele de germinare ale I4, I3 și I2 au depășit în mod semnificativ pe cea a I1 (control) (fig. 4.9 a, c). În comparație cu proba martor, semințele din I4 pentru toate speciile au prezentat o germinare și dezvoltare timpurie cu aproximativ 50%, dar numai fasolea a obținut rata maximă de germinare pentru o scădere a timpului de germinare, care a fost redus de la 120 de ore (martor) la 60 de ore.

Timpul mediu de germinare (MGT) este o măsură a vitezei de germinare și a răspândirii temporale a germinării. Astfel, s-a determinat numărul de semințe germinate în prima zi și numărul total de semințe germinate în a noua zi, luând în considerare numărul de semințe viabile germinate.

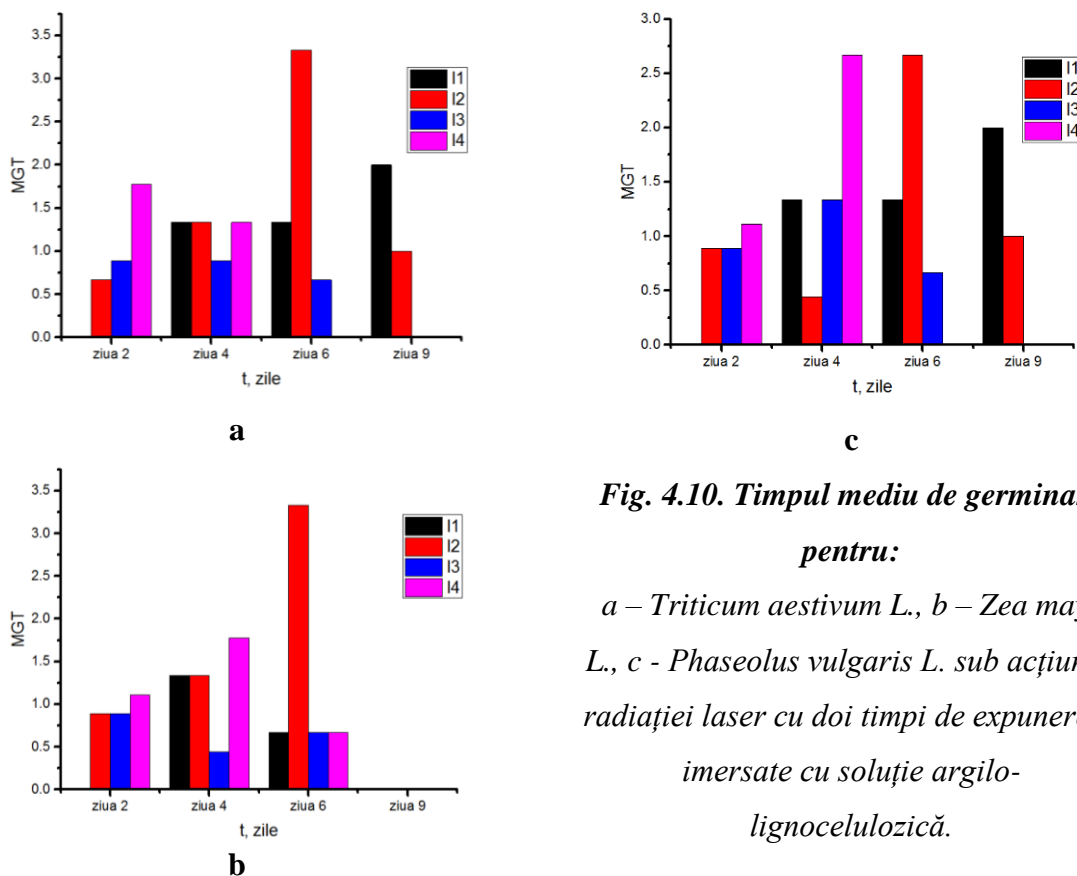


Fig. 4.10. Timpul mediu de germinare pentru:

a – Triticum aestivum L., b – Zea mays L., c - Phaseolus vulgaris L. sub acțiunea radiației laser cu doi timpi de expunere și imersate cu soluție argilo-lignocelulozică.

După cum se poate observa din figura 4.10, biostimularea cu radiație laser timp de 7 min, combinată cu imersarea semințelor în mixtură de argilă-lignoceluloză a contribuit la dezvoltarea timpurie a semințelor pentru toate speciile studiate. În a doua zi după începerea experimentului, au fost înregistrate semințe germinate doar pentru loturile pretratate, indicele MGT maximal fiind atins de I4. În a patra zi semințele au început să germineze atât din lotul de control I1, cât și pe loturile tratate, iar cea mai mare valoare MGT este înregistrată pentru speciile *Phaseolus vulgaris L.* și *Zea mays L.* din I4. Pentru *Triticum aestivum L.* rezultate echivalente s-au obținut pentru loturile I1, I2 și I4. În zilele 6 și 9 cele mai mari valori MGT s-au înregistrat pentru I1 și I2.

În figura 4.11 este reprezentată variația indicelui GRI a semințelor în funcție de specificul procesării lotului. Un GRI scăzut exprimă o vitalitate scăzută a germinării semințelor. Din figura 4.11 rezultă că cea mai mică valoare a indicelui GRI a fost obținut pentru semințele de porumb din I1 (19,46 %). Biostimularea laser și mixtură de argilo-lignoceluloză a avut un impact mare asupra valorii GRI, rezultate maxime fiind înregistrate pentru semințele de fasole (94,28 %) și grâu (99,51 %) din lotul I4, cu o diferență de 69,48 % și, respectiv 63,36 % față de lotul de control.

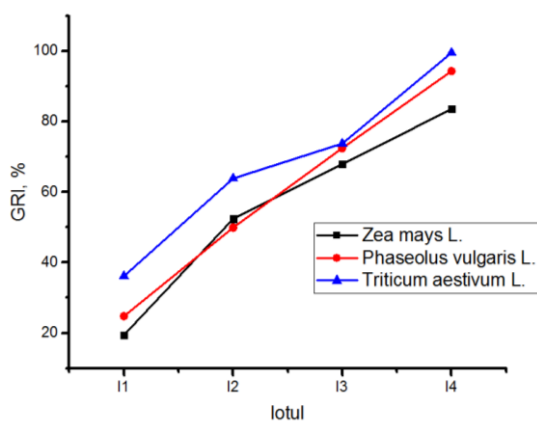


Fig. 4.11. Indicele ratei de germinare a semințelor de *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L., *Phaseolus vulgaris* L. sub acțiunea radiației laser cu doi timpi de expunere și imersate cu soluție argilo-lignocelulozică.

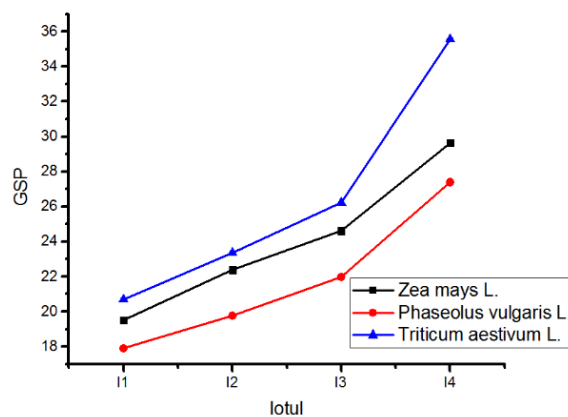


Fig. 4.12. Viteza medie de germinare a semințelor de *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L., *Phaseolus vulgaris* L. sub acțiunea radiației laser cu doi timpi de expunere și imersate cu soluție argilo-lignocelulozică.

Viteza medie de germinare (GSP) reprezintă un trend ascendent cu maximumul în 14 pentru toate speciile de semințe cercetate (fig. 4.12). GSP are valorile cele mai scăzute pentru eșantionul de control 11, cu valori de 17,91 pentru fasole, 19,51 – porumb și 20,68 pentru grâu. În cazul analizei vitezei de germinare, valoarea cea mai mare obținută este în cazul semințelor de grâu din lotul 14 (35,55). Valorile obținute pentru semințele din loturile 12 și 13 sunt intermediare, sensibil crescute peste martor și sub valoarea cea mai mare din lotul 14.

În figura 4.13 este reprezentată variația coeficientului CVt în dependență de tratamentul aplicat.

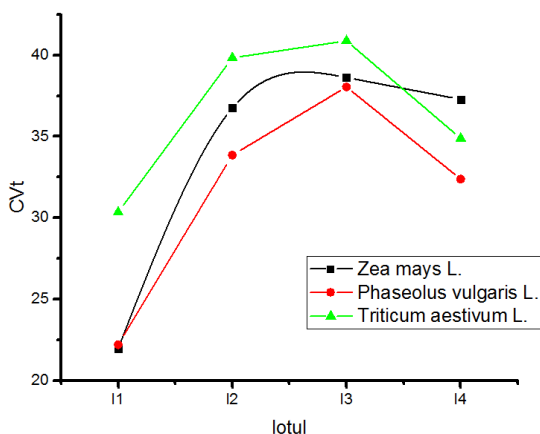


Fig. 4.13. Coeficientul de variație a timpului de germinare a semințelor de *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L., *Phaseolus vulgaris* L. sub acțiunea radiației laser cu doi timpi de expunere și imersate cu soluție argilo-lignocelulozică.

Coeficientul de viteză al germinării (CVt) ne oferă un indiciu cu privire la rapiditatea germinării semințelor. Semințele tuturor speciilor studiate nu au o valoare CVt mai mare de 45 % pentru oricare dintre variantele testate. Cu toate acestea, semințele *Triticum aestivum* L. din lotul 13 au cea mai mare valoare CVt (40,88 %). Comparativ și loturile de control, 12 și 14, la fel au valori mai mari ai CVt.

Figura 4.14 prezintă dinamica creșterii plantelor pentru toate cele trei specii analizate în funcție de tratamentul aplicat.

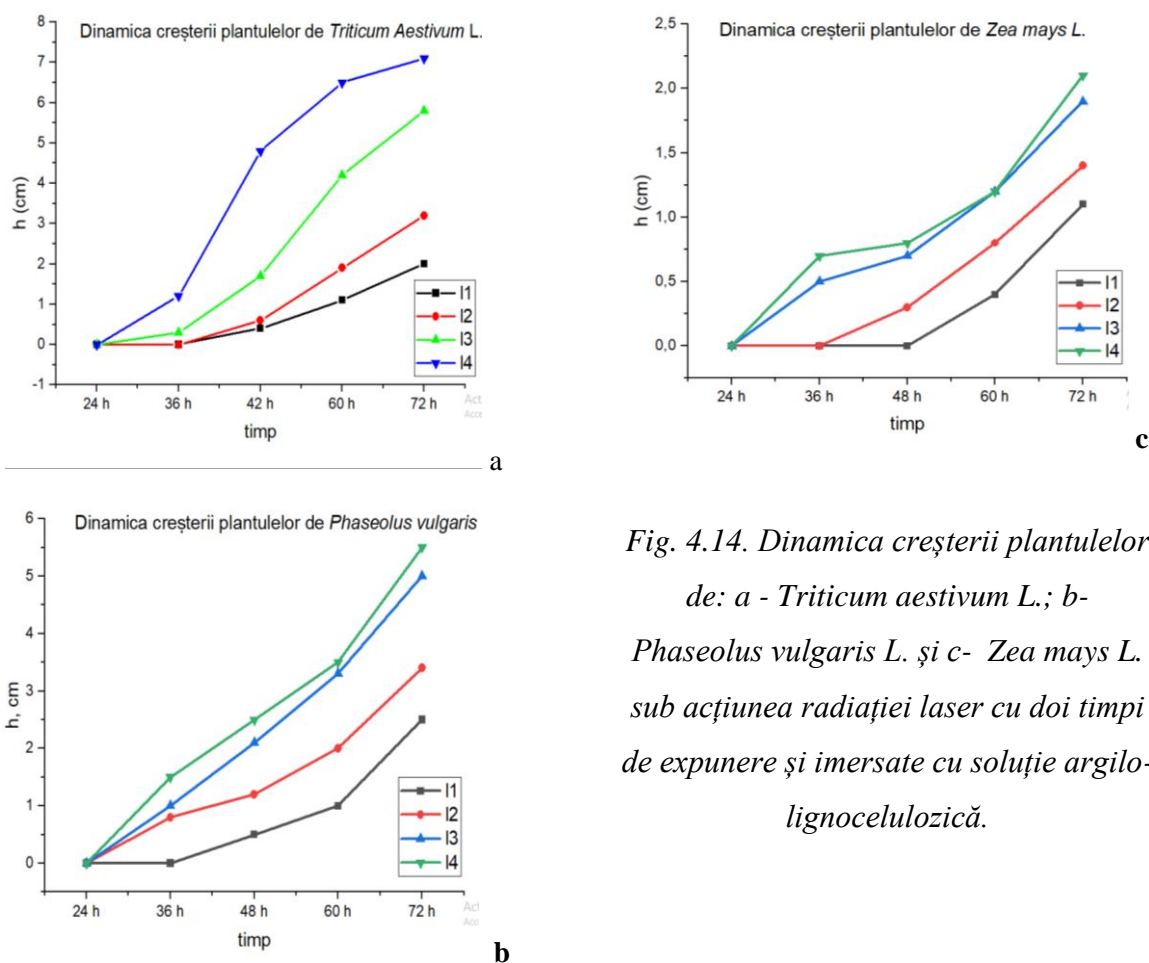


Fig. 4.14. Dinamica creșterii plantulelor de: a - *Triticum aestivum* L.; b- *Phaseolus vulgaris* L. și c- *Zea mays* L. sub acțiunea radiației laser cu doi timpi de expunere și imersate cu soluție argilo-lignocelulozică.

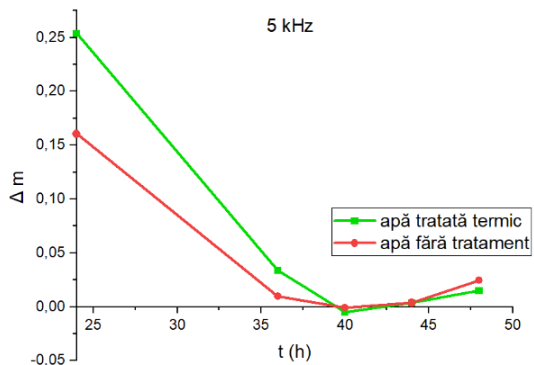
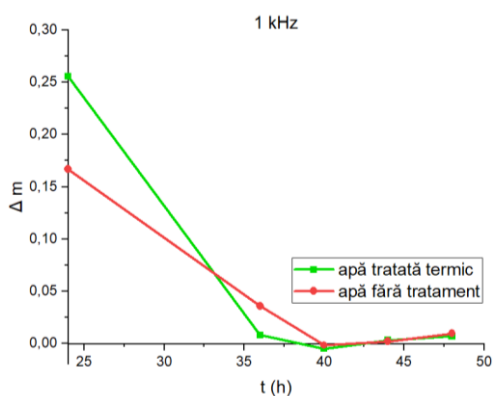
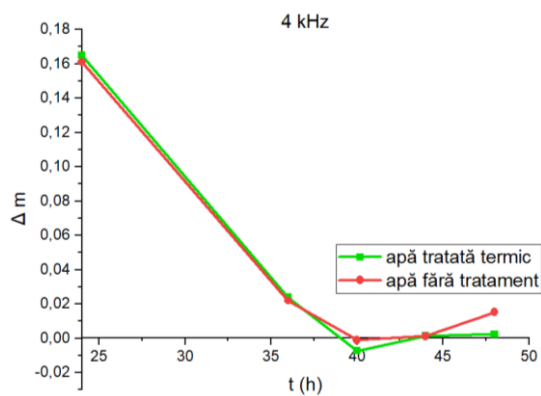
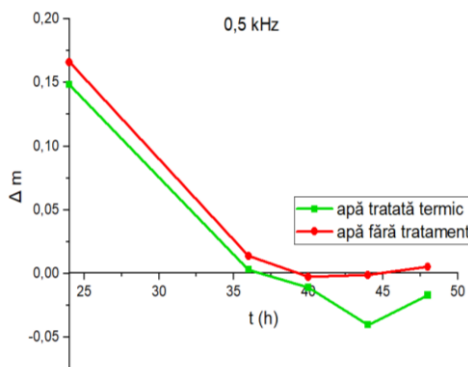
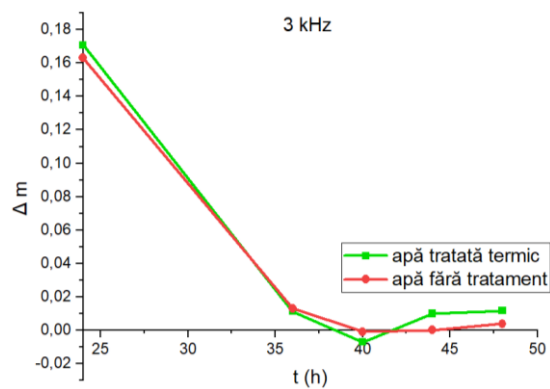
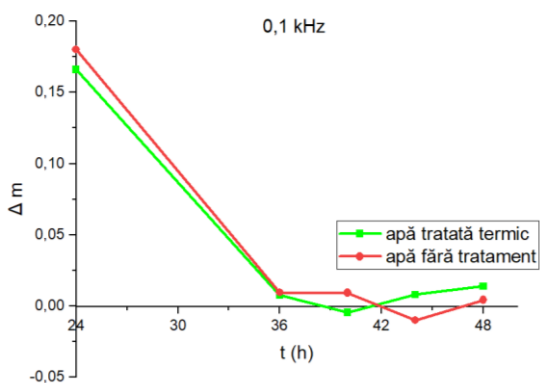
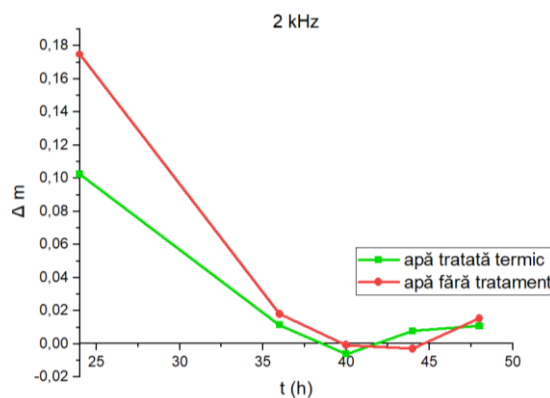
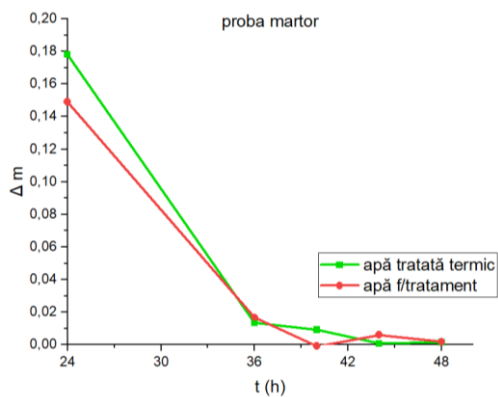
În mod similar cu evoluția ratei de germinare discutată mai sus, se poate observa că lotul 14 a dat cele mai mari rezultate. Celelalte serii de eșantioane au prezentat răspunsuri mai puțin semnificative în ceea ce privește înălțimea plantulelor, dar totuși au atins valori mai mari decât rezultatele lotului de control cu aproximativ 25-35%. Evident, efectul de stimulare al tratamentului combinat (14) a dus la valori mai mari pentru înălțimea plantulelor cu 71,8% pentru grâu, 54,5% pentru fasole și cu 47,61% pentru porumb, comparativ cu probele martor, măsurate la 72 ore după plantarea semințelor germinate.

4.2. Analiza rezultatelor obținute sub influența frecvențelor sonore

4.2.1. Influența undelor sonore asupra procesului de germinare

În figura 4.14 este prezentată dependența $\delta = f(t)$ pentru semințele menținute în apă simplă și apă tratată termic. În funcție de frecvență, creșterea de masă a probei martor diferă de creșterea masei seminței tratate. Diferență maximă se observă pentru probele tratate cu

frecvența de 1 kHz. La 48 h creșterea în masă se micșorează atât pentru apa simplă cât și pentru apa tratată în majoritatea cazurilor δ este aproape de valoarea 0, excepție se observă pentru frecvențele 1 kHz, 7 kHz. Minimul din grafice corespunde cu declanșarea procesului de germinare.



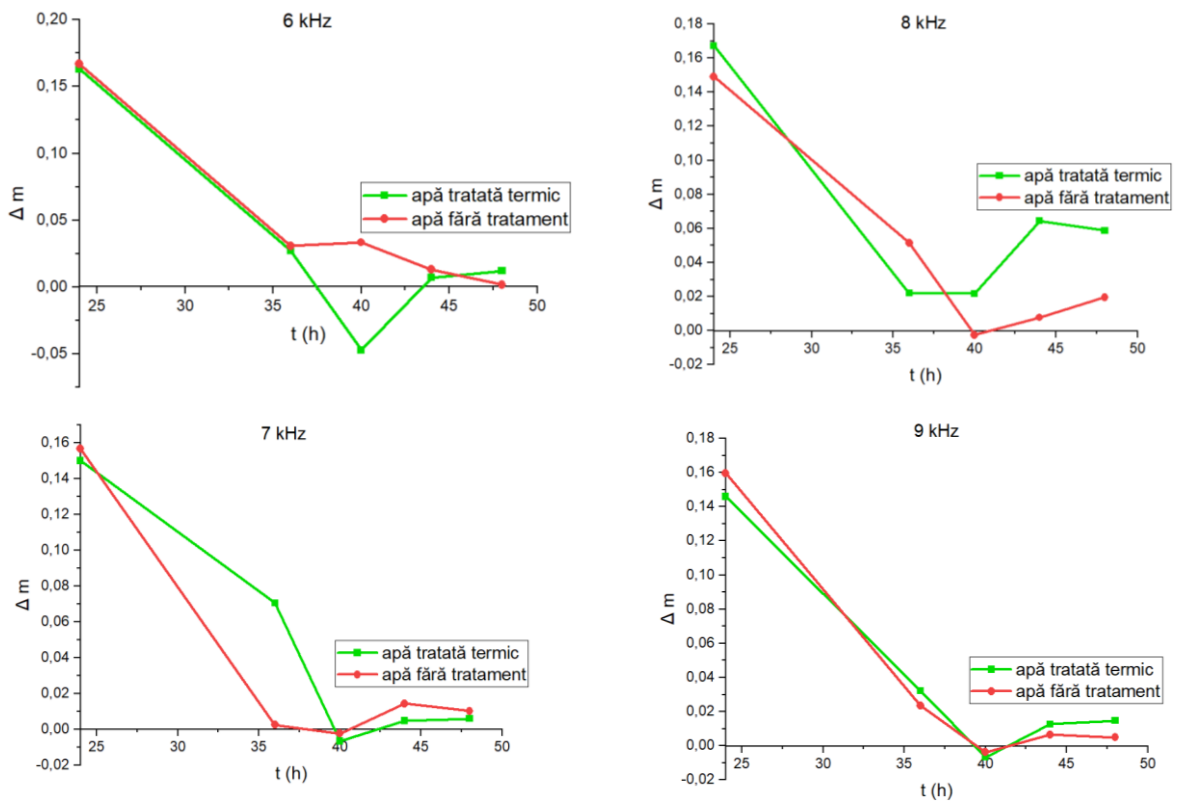


Fig. 4.15. Dinamica absorbției apei de către semințele *Phasoleus vulgaris* L. supuse acțiunii frecvențelor acustice din gama (0,1-9) kHz.

În figura 4.16 este reprezentată imaginea semințelor de fasole, după anumite perioade de tratament.

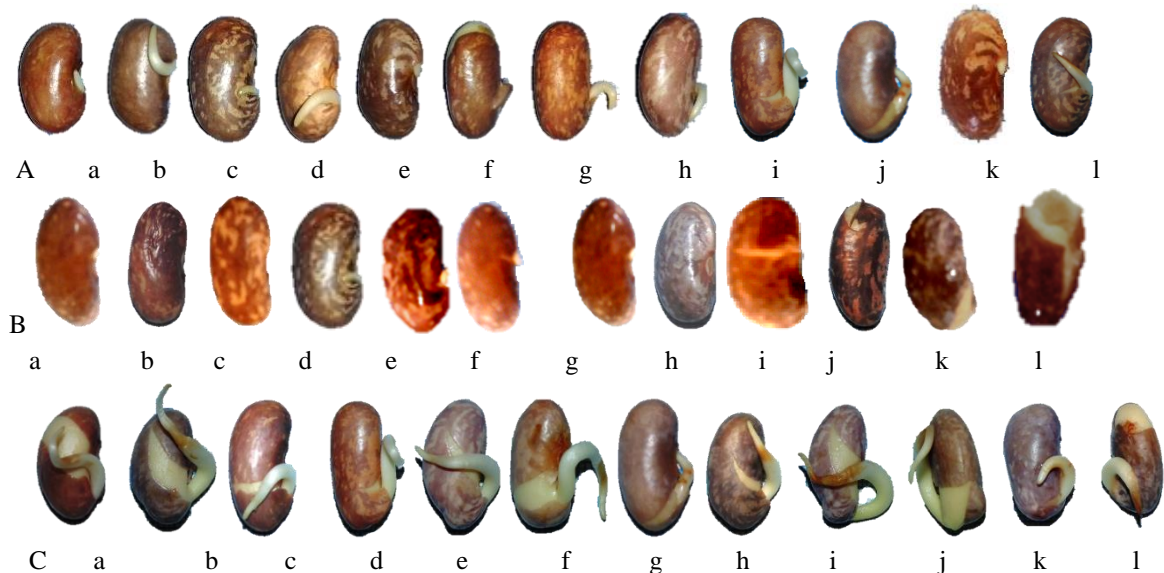


Fig. 4. 16. Imaginea semințelor tratate cu frecvențe acustice:

A- după 48 h, menținute în apă tratată termic; B- după 48 h, menținute în apă simplă,
 C- după 72 h, menținute în apă tratată termic: a-de control; b- 0,1 kHz; c- 0,5 kHz;
 d – 1 kHz; e -2 kHz; f- 3 kHz; g – 4 kHz; h -5 kHz; i – 6 kHz; j – 7 kHz; k – 8 kHz;
 l – 9 kHz.

4.2.2. Influența undelor sonore asupra procesului de creștere

În figura 4.17 este reprezentată dinamica creșterii plantelor de fasole în funcție de tratamentul la care au fost supuse semințele și tipul de apă în care au fost menținute acestea inițial până la etapa de germinare. În cazul loturilor menținute în apa simplă productivitatea maximă, față de lotul martor, a fost atinsă doar de loturile tratate cu frecvențe din gama 2-5 kHz. Loturile menținute în apă tratată termic au înregistrat rezultate semnificative în comparație cu proba de control pentru diapazonul de frecvențe sonore 1-7 kHz.

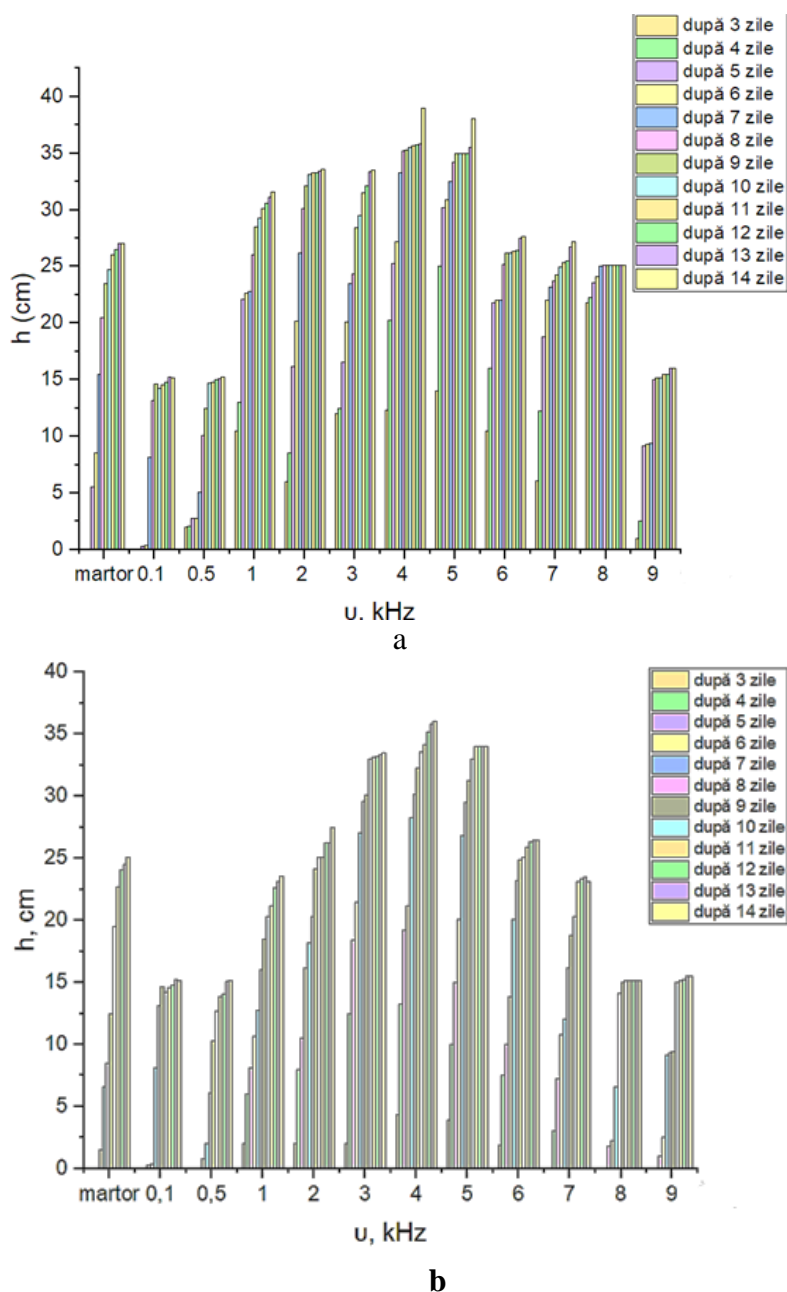


Fig. 4.17. Dinamica creșterii plantelor de fasole după germinare alimentate cu:

a- apă tratată termic, b- apă netratată.

Un alt criteriu după care poate fi analizată influența frecvențelor acustice asupra dezvoltării plantelor este după numărul de frunze prezente pe plantă (fig. 4.18). După cum se vede din imagine (fig. 4.18), ca și în cazul procesului de germinare 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 înalte 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.

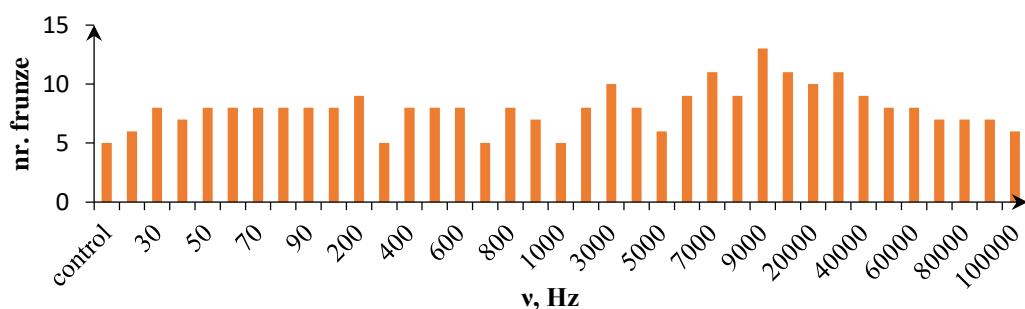


Fig. 4.18. Numărul de frunze plantelor de fasole supuse influenței frecvențelor acustice (la a 27 zi de creștere).

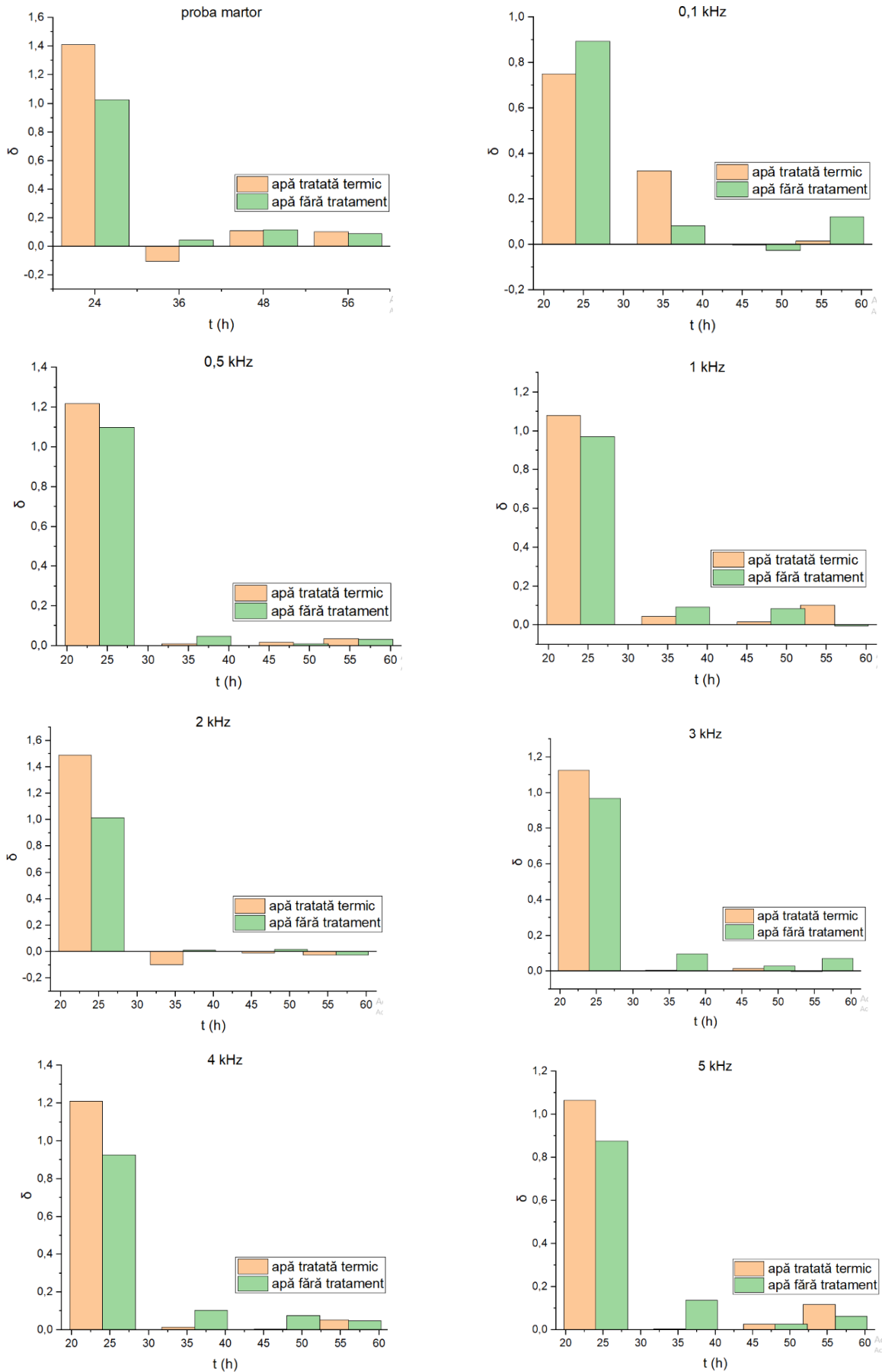


Fig. 4.19. Stadiul dezvoltării plantelor de fasole la a 27-a zi de creștere supuse acțiunii frecvențelor acustice.

4.3. Analiza rezultatelor obținute sub influența câmpului electric

În calitate de criteriu pentru variația masei semințelor a fost utilizată diferența variației masei, δ dintre două măsurări consecutive, raportată la masa seminței în momentul

cântării. În figura 4.20 este reprezentată dependența $\delta = f(t)$ pentru frecvența utilizată și tipul de apă.



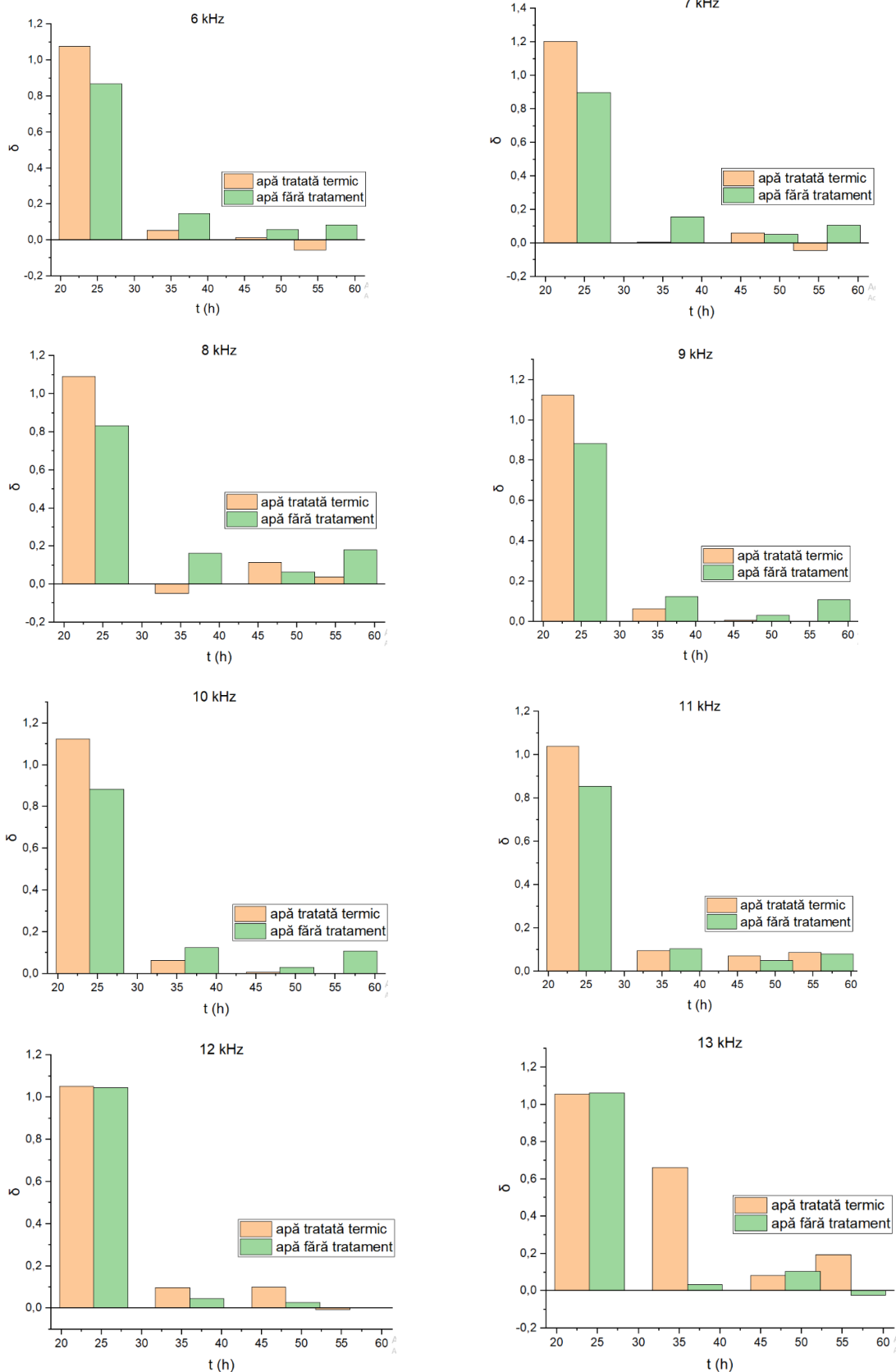


Fig. 4.20. Dependența variației masei semințelor de fasole supuse acțiunii câmpului electric cu frecvența 0,1-13 kHz în funcție de timpul de germinare pentru cazurile de alimentare cu apă simplă și apă tratată termic

În perioada 36-48 h, perioada ce coincide cu minimumul din grafice, are loc declanșarea procesului de germinare, care de asemenea este diferit, în dependență de modul de tratare a lotului. Astfel, în figura 4.20 a se observă că semințele menținute în apă tratată termic au absorbit o cantitate mai mare de apă față de cele din lotul cu apă simplă. Efectele benefice ale apei tratate s-au manifestat prin reducerea perioadei de germinare 30 h fata de 36 h și creșterea ratei de germinare de 80% față de 60%. Rezultate semnificative s-au înregistrat, în ceea ce privește reducerea perioadei de germinare, pentru loturile 0,5 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 5 kHz, 7 kHz și 8 kHz, menținute în apă tratată termic la 36 h. Pentru loturile menținute în apa simplă rezultate maximale s-au obținut pentru loturile tratate cu frecvențe în diapazonul 0,1 kHz, 0,5 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 6 – 10 kHz.

Figura 4.21 ilustrează rata de germinare a semințelor de *Phaseolus vulgaris* L. în dependență de frecvența câmpului electric cu care a fost influențată.

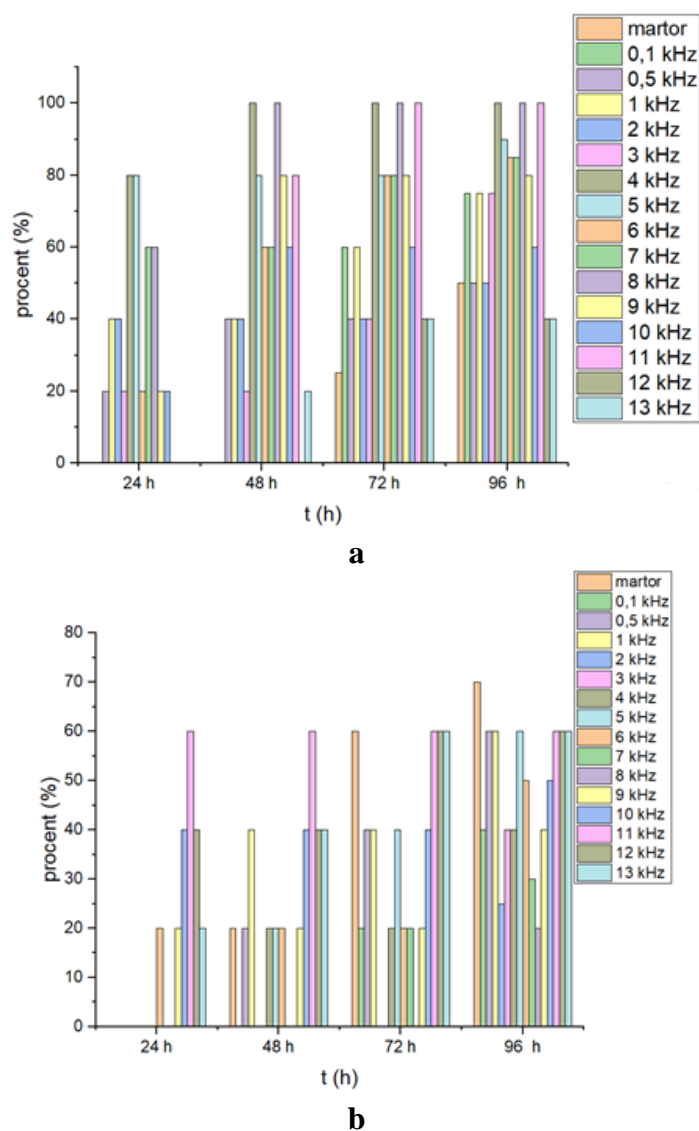


Fig. 4.21. Evoluția ratei de germinare a semințelor de *Phaseolus vulgaris* L. în dependență de frecvența câmpului electric la care au fost expuse și tipul apei în care au fost menținute: a -apă netratată; b – apă tratată termic.

Rata maximală de germinare a fost atinsă de loturile supuse acțiunii câmpului electric cu frecvențe de 4, 8 și 11 kHz, menținute în apă tratată termic (fig. 4.21 a). Pentru loturile menținute în apă simplă, timp redus de germinare au avut loturile tratate în câmp electric, cu frecvențele 6, 9-13 kHz (fig. 4.21 b), însă rata de germinare maximală atinsă a fost doar de 60 % față de loturile menținute în apă tratată.

4.4. Rezultatele obținute sub acțiunea lichidelor ozonate

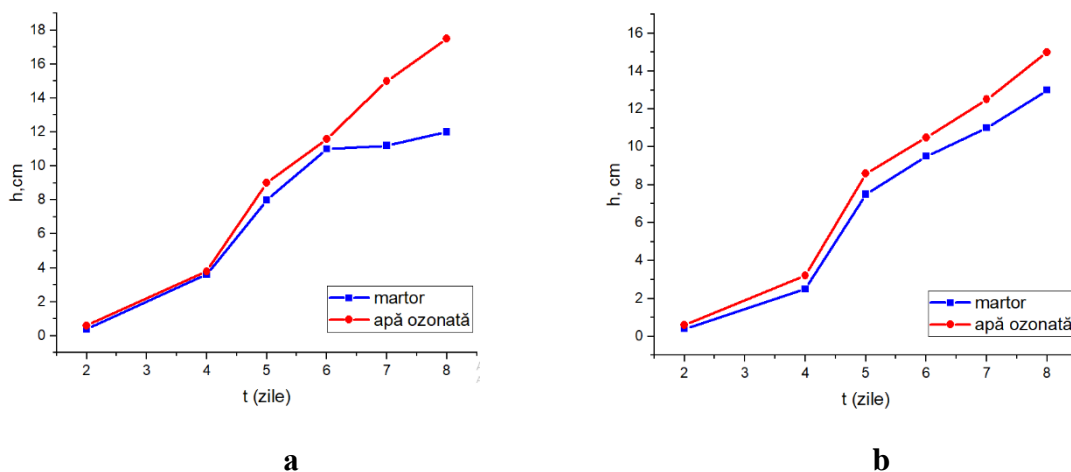
Studiul de față a investigat efectele unui tratament de biostimulare cu apă ozonată cu concentrația în limitele 1,4÷4,5 mg/L asupra semințelor a două specii: grâu (*Triticum aestivum L.*) și porumb (*Zea mays L.*) asupra germinării și creșterii.

Semințele au fost menținute timp de 30 minute în apă ozonată, apoi ulterior au fost plasate în incinte, pregătite în felul următor: pe solul presat au fost plasate câteva straturi de tifon pe care au fost aranjate semințele. După germinarea ele au fost introduse în sol.



Fig. 4.22. Imaginea plantelor de *Zea mays L.* și *Triticum aestivum L.* tratate în faza inițială cu apă ozonată.

În perioada creșterii au fost evaluate dinamica creșterii în comparație cu proba martor. Dinamica creșterii este prezentată în figura 4.23.



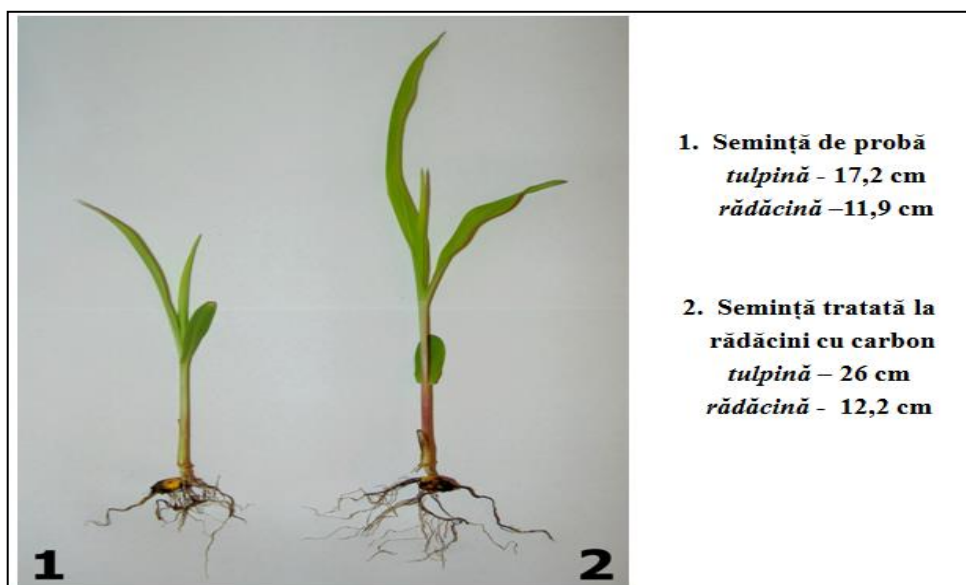
a

b

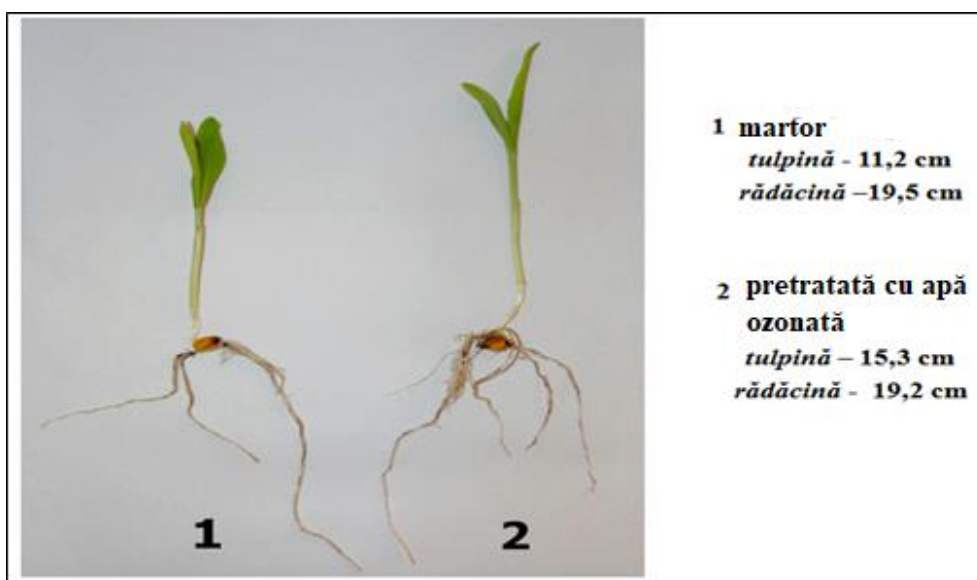
Fig. 4.23. Dinamica creșterii culturilor de: a – de porumb; b – de grâu, tratate în faza inițială cu apă ozonată.

Din dependența înălțimii medii a eșantioanelor de probă și a celor tratate cu apă ozonată în funcție de timp pentru culturile de porumb și grâu a fost stabilit că la faza inițială de creștere (48 h) nu se evidențiază pronunțat diferența dintre proba martor și semințele tratate pentru ambele culturi. După 72 h apare o deosebire relativ mai mică, dar care continuă să se evidențieze treptat. Aceleași rezultate au fost obținute pentru 7 serii de eșantioane.

În figura 4.24 este prezentată, pentru studiu comparativ, plantele martor și cele tratate cu apă ozonată la a 12 – a zi după plantare în sol.



a



b

Fig. 4.24. Imaginea culturilor la a 12-a zi de creștere:

a- Zea mays L.; b- Triticum aestivum L.

Înălțimea plantei mator de porumb (fig. 4.24 a) este cu 8,8 cm mai mică ca planta tratată. Pentru eșantioanele cercetate a fost stabilit că deosebirea medie în înălțime între mator și planta tratată constituie 34 %, iar pentru grâu (fig. 4.24 b) de 26,79 %.

4.4.1. Rezultatele obținute sub acțiunea lichidelor ozonate și materialelor compozite

Studiul de față a investigat efectele unui tratament de biostimulare asupra semințelor a trei specii de culturi agricole: grâu (*Triticum aestivum L.*), porumb (*Zea mays L.*) și fasole (*Phaseolus vulgaris L.*), asupra germinării și creșterii. Biostimularea constă în pretratarea semințelor cu material compozit - argilă și clusteri de carbon și tratarea cu apă ozonată.

În figura 4.25 este reprezentată rata de germinare finală a semințelor de *Triticum aestivum L.*, *Zea mays L.* și *Phaseolus vulgaris L.* în dependență de modul de prelucrare a loturilor.

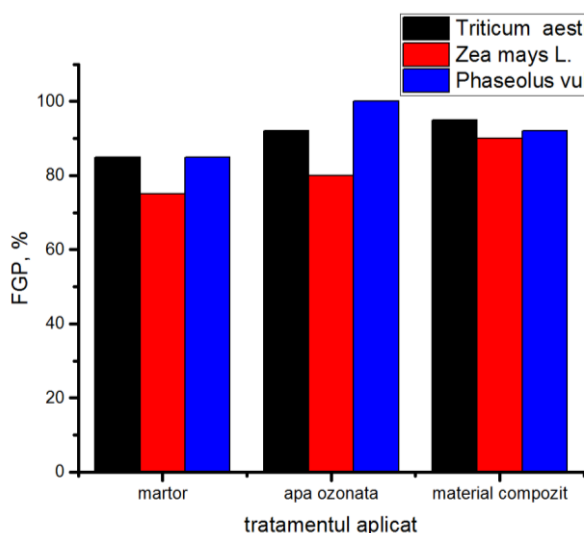


Fig. 4.25. Rata finală de germinare a semințelor de *Triticum aestivum L.*, *Zea mays L.* și *Phaseolus vulgaris L.* pretratate cu apă ozonată și material compozit.

Figura 4.25 arată că pe variantele studiate, rata maximală de germinare a fost atinsă de semințele de *Phaseolus vulgaris L.*, prelucrate cu ozon, iar cea mai mică rată, de 75 %, a fost obținută de semințele de *Zea mays L.* din lotul de control. 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 4.26 este reprezentat timpul mediu de germinare al semințelor ca funcție a condițiilor de tratament. Timpul mediu de germinare (MGT) este o măsură a vitezei de germinare și a răspândirii temporale a germinației. Astfel, s-a determinat numărul de semințe germinate din prima zi și numărul total de semințe germinate în a noua zi, luând în considerare numărul de semințe viabile germinate.

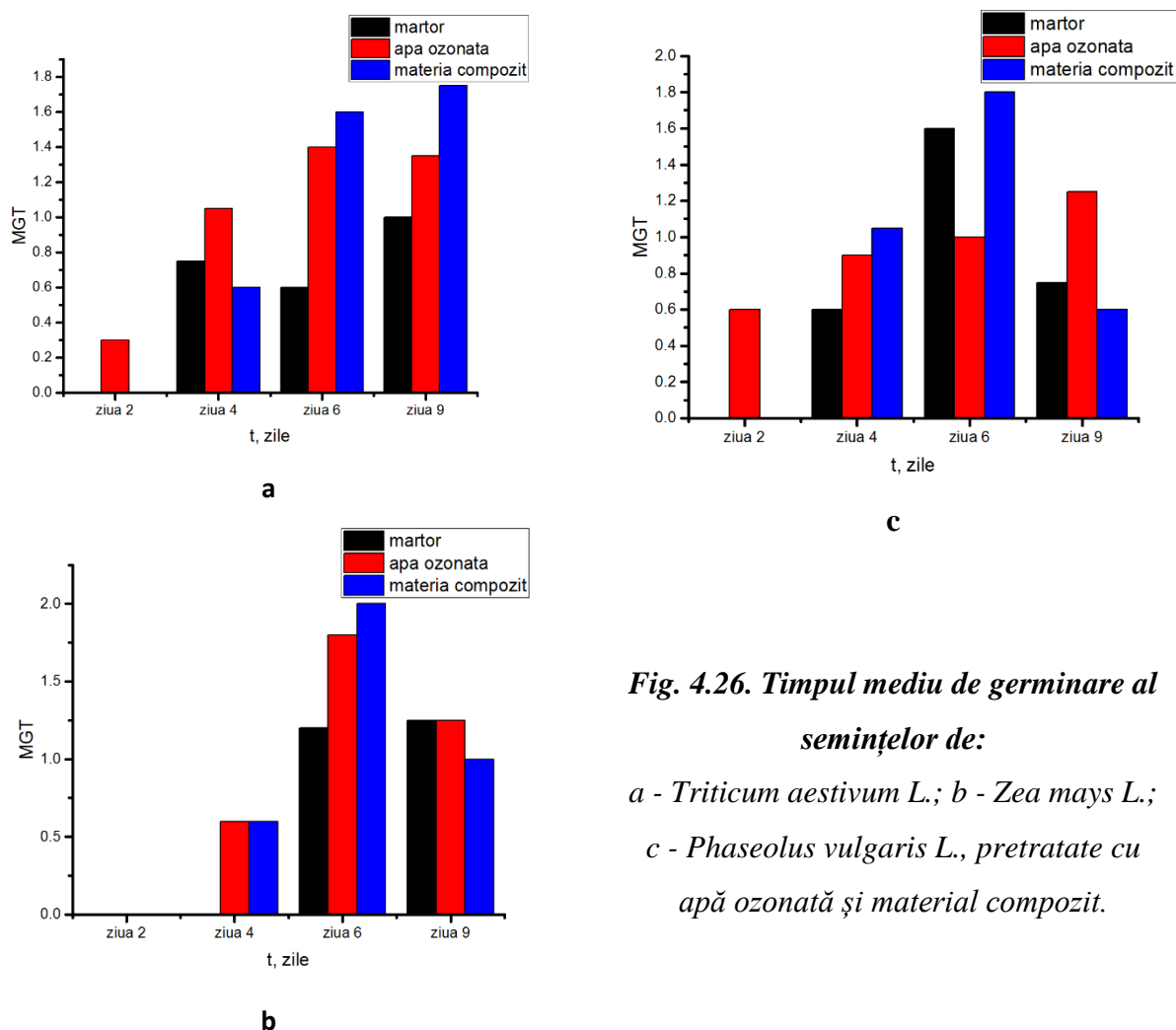


Fig. 4.26. Timpul mediu de germinare al semințelor de:
a - Triticum aestivum L.; b - Zea mays L.;
c - Phaseolus vulgaris L., pretratate cu apă ozonată și material compozit.

După cum se observă din grafic (fig. 4.26) ozonul a contribuit la o dezvoltare timpurie a semințelor de *Phaseolus vulgaris L.* și *Triticum aestivum L.* la 36 h. În ceea ce privește loturile prelucrate cu material compozit s-a observat o valoare MGT mai mică în primele 48 h față de celelalte eşantioane, însă, începând cu 60 h au fost înregistrați indicatori care depășesc valorile loturilor de control la semințele de fasole și porumb.

În figura 4.27 este reprezentată variația GI a semințelor în dependență de specificul prelucrării lotului. Cea mai mică valoare GI au obținut-o semințele de porumb. Tratamentul cu ozon și materiale compozite a sporit valoarea indicelui cu 16,9% și respectiv 1,6%. Cel mai mare indice de germinare l-au obținut semințele de fasole (65,41 %) și grâu (57,98 %),

tratate cu ozon. În comparație cu ozonul, materialele compozite au avut un impact mai mic asupra valorii GI, dar care diferă considerabil față de lotul de control.

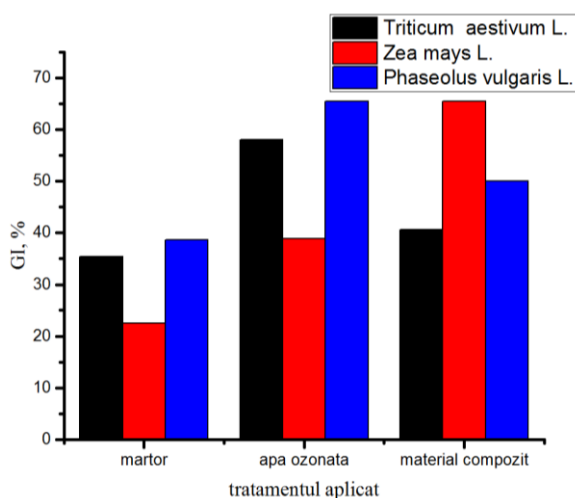


Fig. 4.27. Efectul tratamentului cu apă ozonată și materiale compozite asupra indecelui de germinare a semințelor de *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L. *Phaseolus vulgaris* L.

Figura 4.28 reprezintă dinamica creșterii plantelor *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L. și *Phaseolus vulgaris* L., în dependență de tratamentul la care au fost supuse, timp de 10 zile de la semănat.

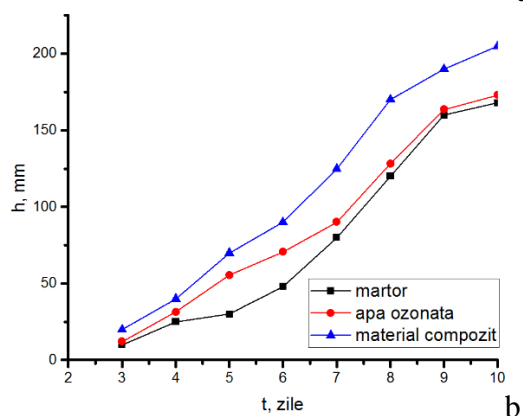
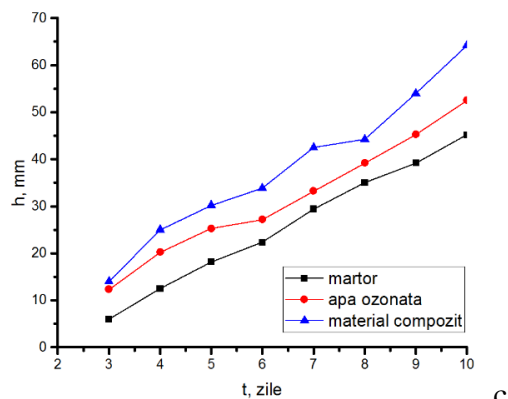
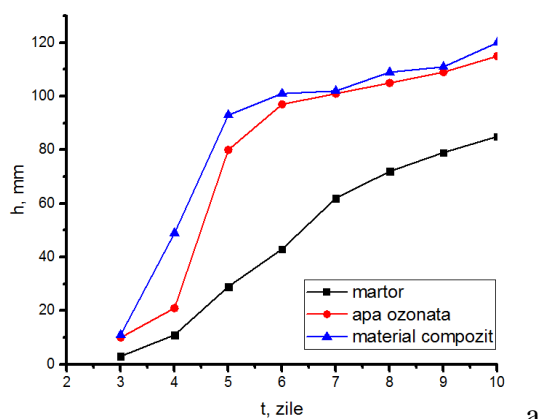


Fig. 4.28. Dinamica creșterii plantelor: a- *Triticum aestivum* L., b-*Zea mays* L. și c-*Phaseolus vulgaris* L., pretratate cu apă ozonată și material compozit.

Astfel, la a 10-a zi de la semănat, înălțimea plantelor de fasole prelucrate cu material compozit depășește rata de creștere a lotului de control cu 29,5 %, iar pe cel prelucrat cu apă ozonată – cu 18 %. Rezultatul maximal de 205 mm al plantulelor de porumb din lotul

prelucrat cu material compozit diferă cu 18,46 % mai mult decât eşantionul de control și 15,65 % față de lotul prelucrat cu apă ozonată. Rezultatul maximal de 120 mm al plantulelor de grâu din lotul prelucrat cu material compozit diferă cu doar 41,17 % mai mult decât eşantionul de control și doar cu 4,1 % față de lotul prelucrat cu apă ozonată.

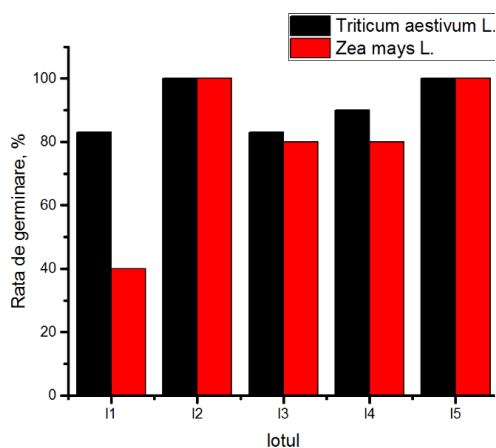
4.5. Rezultatele obținute sub acțiunea tehnicii de sublimare în vid a semințelor

Pentru evaluarea influența tehnicii de sublimare în vid a semințelor în calitate de factor stimulator, au fost utilizate semințele de grâu (*Triticum aestivum L.*) și porumb (*Zea mays L.*). Specificul prelucrării eşantioanelor experimentale este prezentat în Tabelul 4.5.

Tabelul 4. 4. Caracteristicile pretratării semințelor speciilor *Triticum aestivum L.* și *Zea mays L.* prin sublimarea în vid, iradierea cu radiație laser, tratare termică la temperatura azotului lichid, imersia cu materiale compozite.

Nr. lot	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅
Specificul prelucrării lotului	martor	Sublimare în vid	Iradiere cu radiație laser	Tratare termică la temperatura azotului lichid	imersia semințelor în soluției de nanoclusteri de carbon
Caracteristici	-	$P_{\text{aer}} = 10^{-2}$ Torri U = 6 -10%	$\lambda=532$ nm $t_{\text{irad}} = 1$ min P = 15 mW	$t_{\text{răc}} = -196^{\circ}\text{C}$ $v_{\text{răc}} = (10-90)^{\circ}\text{C/s}$ $t_{\text{inc}} = 40-42^{\circ}\text{C}$	Clusteri de carbon de ordin inferior fullerenilor C60

Energia germinativă a fost determinată după menținerea materialului cercetat în termostat timp de 3 zile, iar pentru a aprecia germinația facultativă perioada a fost prelungită cu încă 4 zile. Rezultatele obținute sunt prezentate în figura 4.29.



*Fig. 4.29. Rata de germinare a semințelor speciilor *Triticum aestivum L.* și *Zea mays L.* supuse acțiunii sublimării în vid, iradierii cu radiație laser, tratării termice la temperatura azotului lichid, imersiei cu materiale compozite.*

În comparație cu proba martor, germinarea maximală s-a obținut pentru semințele supuse tratamentului cu nanoclusteri de carbon și pentru cele prelucrate prin metoda sublimării în vid. Radiația laser și tratarea termică la temperatura azotului lichid influențează semnificativ prima etapă de dezvoltare, însă după 4 zile dezvoltarea încetinește lent. Creșterea plantulei a fost urmărită în vasele de vegetație timp de 7 zile. Au fost măsurate în lungime tulpinițele materialelor vegetative. Rezultatele sunt reprezentate în figura 4.30 și figura 4.31.

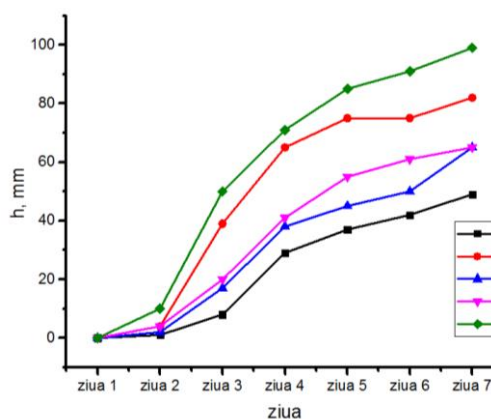


Fig. 4.30. Dinamica creșterii timp de 7 zile a plantulelor de *Triticum aestivum* L. supuse acțiunii sublimării în vid, iradierii cu radiație laser, tratării termice la temperatura azotului lichid, imersiei cu materiale compozite.

Analizând figura 4.30, se constată că se observă o ascensiune pentru toate loturile cercetate. Din graficul analizat în acest caz, se observă că toate loturile expuse acțiunii factorilor fizici, au evoluții cu liniarități situate deasupra liniei de evoluție a lotului de semințe de *Triticum aestivum* L. martor (I1), lot care nu a fost expus acțiunii nici unui câmp fizic, sau altă influență. Liniile de evoluție cele mai superioare sunt ale loturilor supuse pretratamentului cu material compozit cu nanoclusteri de carbon și sublimării în vid. În cazul influenței radiației electromagnetice prin utilizarea laserului verde evoluția germinăției este rapidă în primele cinci zile, cu o liniaritate vizibil ascendentă, după care progresul se manifestă relativ constant timp de trei zile, după care iarăși crește.

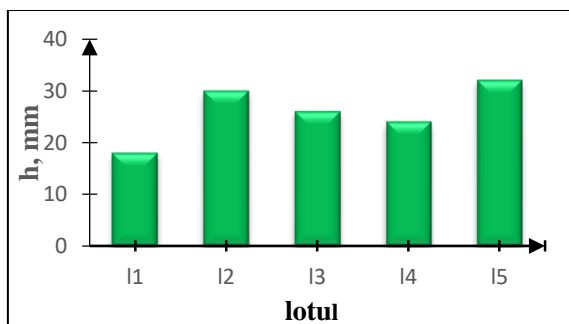


Fig. 4.31. Înălțimea plantulelor de *Zea mays* L. la a 5 zi, supuse acțiunii sublimării în vid, iradierii cu radiație laser, tratării termice la temperatura azotului lichid, imersiei cu materiale compozite.

Ca și în cazul semințelor de *Triticum aestivum* L. se observă aceeași dependență a influenței factorilor fizici cercetați la creșterea plantulelor *Zea mays* L.

4.6. Rezultate obținute în urma utilizării materialelor compozite ca factor stimulator

Pentru compararea eficacității metodei, au fost utilizate radiația laser și apa bazică, obținută prin metoda ionizării. În calitate de material biologic au servit semințele speciilor de *Triticum aestivum L.* și *Zea mays L.* Încercările experimentale au fost efectuate în așa fel, încât să se creeze condiții de seră.

Din imagini (figura 4.32), se observă foarte bine că la semințele de porumb și grâu, tratate cu soluție de nanoclusteri de carbon, procesul de germinare se declanșează la 48 h.

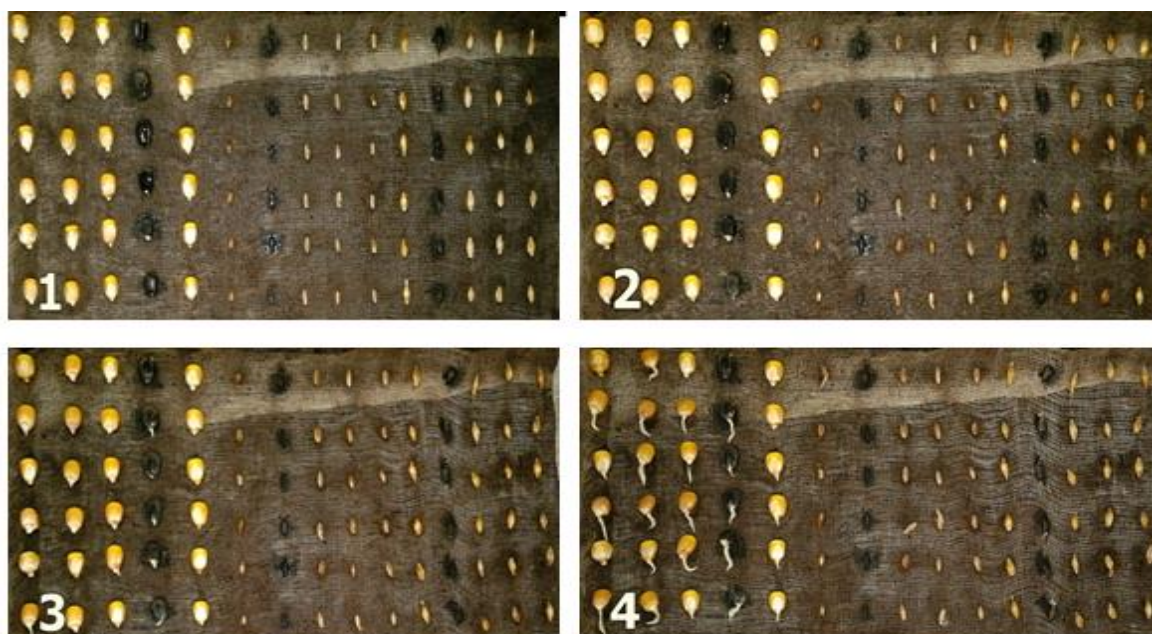
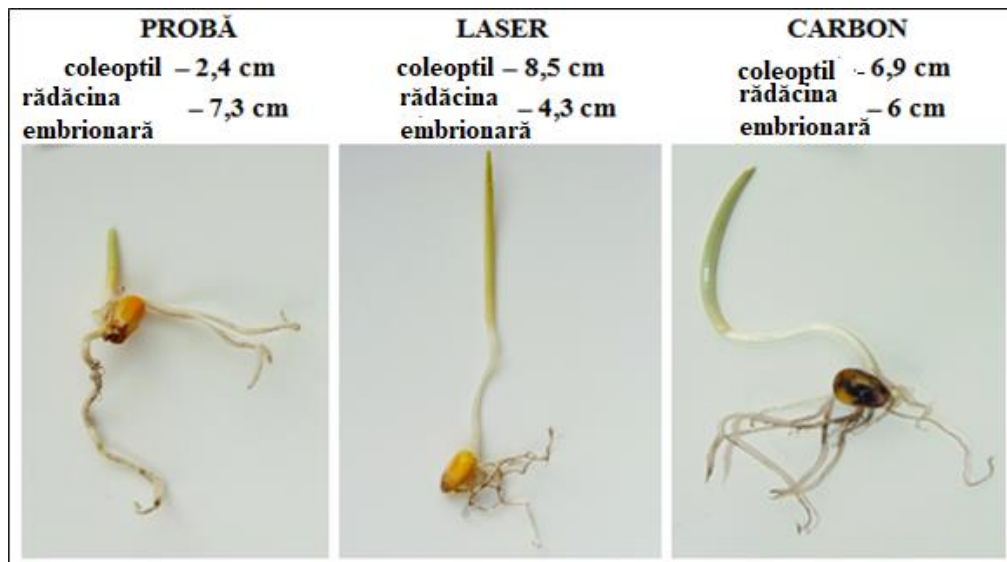


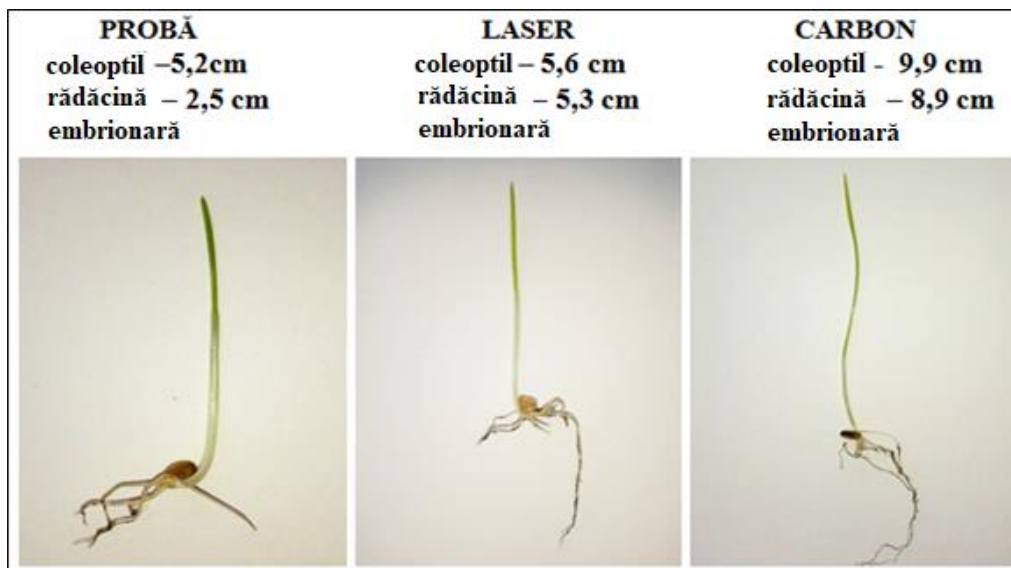
Fig. 4.32. Imaginea semințelor speciilor *Triticum aestivum L.* și *Zea mays L.* pretratate cu soluție de clusteri de carbon, radiație laser, apă bazică după:

1 - 24 h; 2 - 48 h; 3 - 72 h; 4 - 96 h.

În figura 4.33 este reprezentată imaginea semințelor de porumb și grâu la a 7-a zi de dezvoltare după aplicarea tratamentului. Iradierea cu laser a semințelor speciei *Zea mays L.* a stimulat dezvoltarea mai rapidă a coleoptilului față de celelalte loturi, dar sistemul radicular embrionar e mai viguros în cazul lotului tratat cu material compozit. Pentru grâu, cel mai bun stimulator s-a dovedit a fi materialele compozite.



a



b

Fig. 4. 33. Imaginea semințelor speciilor: a- *Zea mays L.* și b - *Triticum aestivum L.* pretratate cu soluție de clusteri de carbon, radiație laser.

În figura 4.34 este prezentată dinamica creșterii plantulelor de grâu și porumb timp de 8 zile. Semințele tratate cu materialele compozite manifestă cel mai bun rezultat pentru ambele specii de semințe cercetate. În cazul influenței radiației electromagnetice prin utilizarea laserului cu lungimea de undă de 532 nm, evoluția creșterii grâului este rapidă în primele cinci zile, cu o liniaritate vizibil ascendentă, după care progresul se manifestă relativ constant, pentru porumb însă s-a înregistrat o ascensiune continuă. Acțiunea apei bazice nu manifestă progres față de probele martor în primele 4 zile de dezvoltare, dar începând cu a 5-a zi s-au înregistrat valori crescânde pentru semințele de porumb, însă, la grâu din a 6-a zi rezultatele sunt ne semnificative.

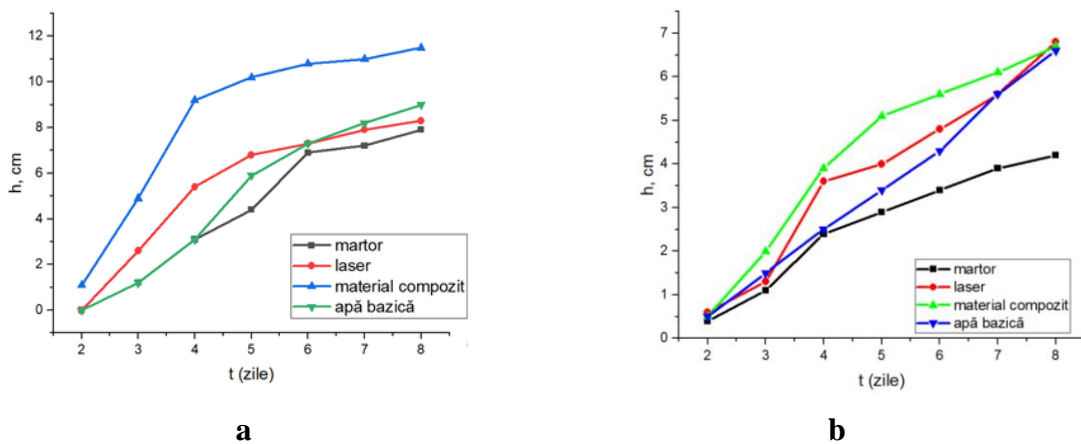


Fig. 4.34. Dinamica creșterii plantulelor de:

a – Triticum aestivum L. și b – Zea mays L. timp de 8 zile după aplicarea cu apă bazică, laser și material compozit.

4.7. Rezultate obținute sub acțiunea influenței factorilor astrofizici

În figura 4.35 este reprezentată dependența variației masei semințelor de *Phaseolus vulgaris L.* de timp, în funcție de faza ciclului lunar.

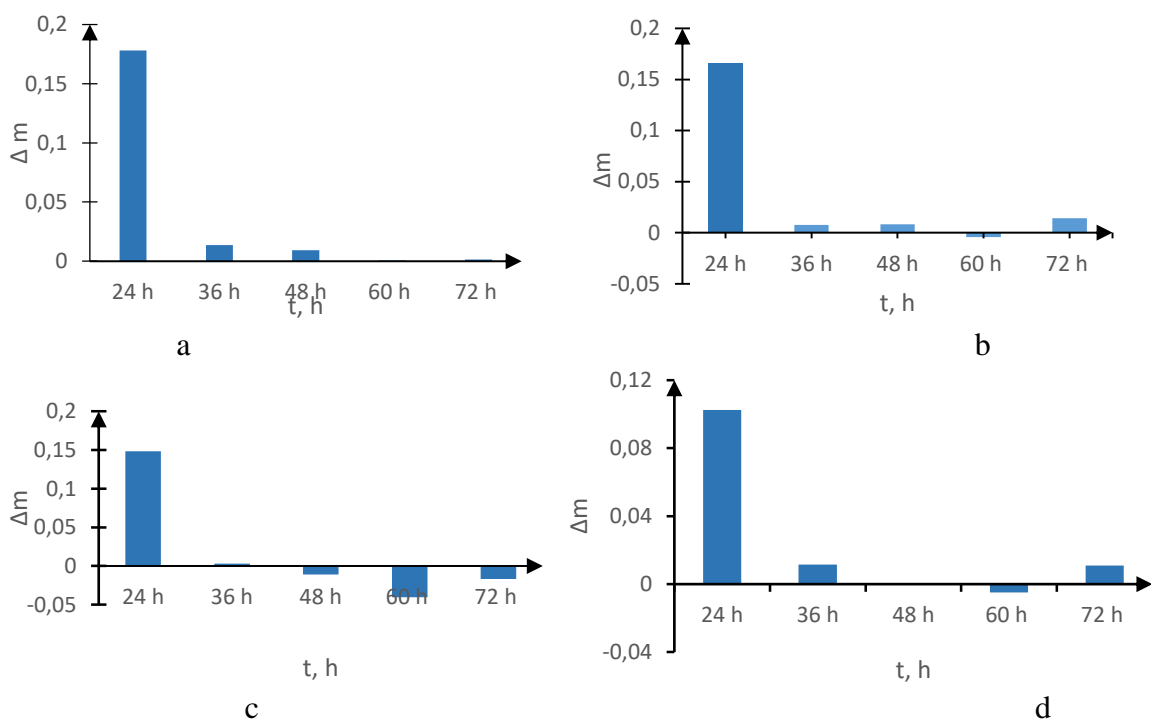


Fig. 4.35. Dependența variației semințelor de *Phaseolus vulgaris L.* în funcție de timpul de germinare și faza lunii:

a – lună nouă; b – primul pătrar; c – lună plină; d- ultimul pătrar.

Astfel, în primele 24 de ore semințele au acumulat cel mai mult în volum. Datorită procesului osmotic ce are loc în celulele seminței, aceasta absoarbe apă și a crescut în volum, depășind

masa inițială de până la 120%. S-a constatat că punctele minime din grafic coincid cu perioada de declanșare a procesului de germinare, care de asemenea este diferită, în dependență de faza ciclului lunar. De asemenea, s-a înregistrat un paralelism între absorbția apei și rata de germinare. Astfel, din grafic se poate observa că semințele supuse germinării în faza de lună plină (fig. 4.35 c) au înregistrat cel mai bun rezultat de 48 h în comparație cu faza de lună nouă (fig. 4.35 a), care au avut o viteză de germinare mai lentă (peste 60 h).

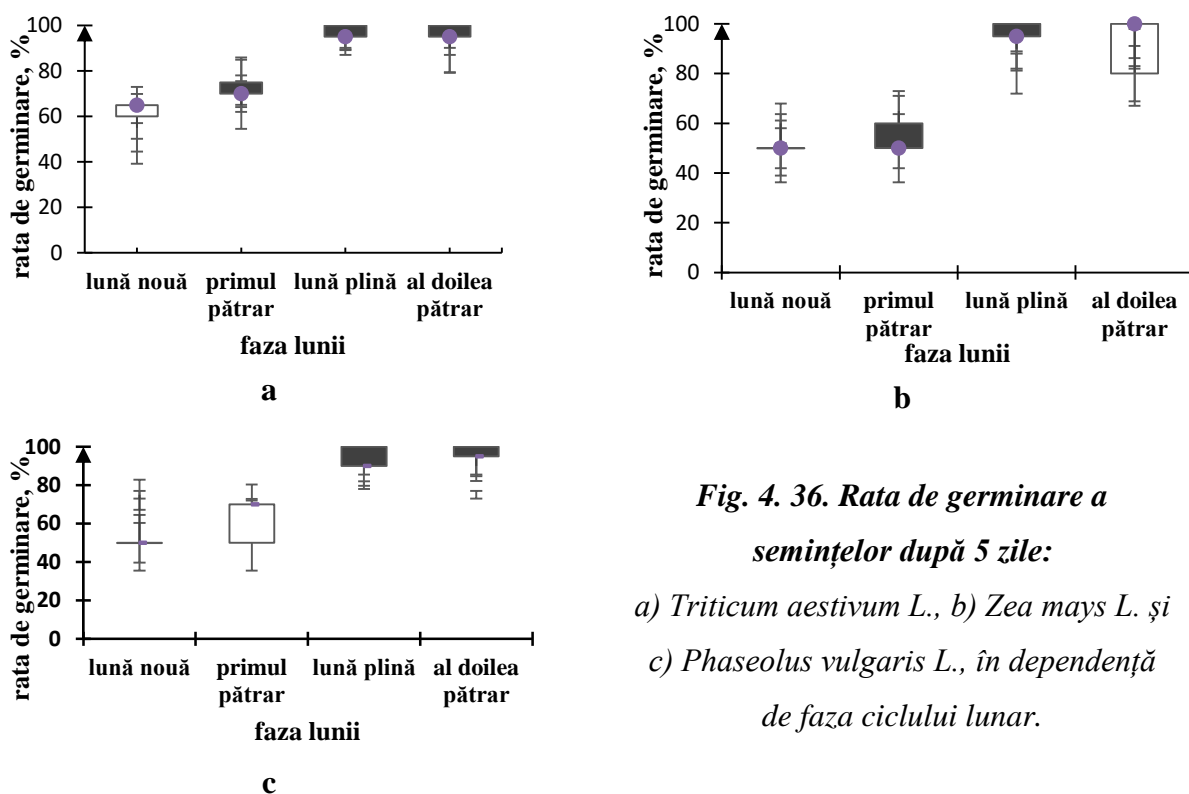


Fig. 4. 36. Rata de germinare a semințelor după 5 zile:

a) *Triticum aestivum* L., b) *Zea mays* L. și c) *Phaseolus vulgaris* L., în dependență de faza ciclului lunar.

În figura 4.36 este prezentată rata de germinare a semințelor *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L. și *Phaseolus vulgaris* L., în dependență de faza ciclului lunar, după 5 zile.

Conform rezultatelor, pentru toate soiurile de semințe s-au obținut aproximativ aceeași tendință, cel mai bun rezultat înregistrându-se pentru *Triticum aestivum* L.. Astfel, rata maximală de germinare s-a înregistrat pentru semințele din loturile plasate la germinat în faza de lună plină, urmată de al doilea pătrar, depășind, în medie cu 25 % lotul semințelor germinate în faza de lună nouă și primul pătrar. În lună nouă loturile au absorbit cea mai mare cantitate de apă, ceea ce a contribuit la germinarea mai timpurie. Prin urmare, rezultatele experimentale obținute validează postulatul lui G. Dorda [29].

Figura 4.37 arată că, pentru variantele studiate, cea mai mare rată de germinare este obținută de semințele tuturor speciilor studiate din lotul corespunzător fazei de lună plină. Cele mai semnificative rezultate au fost obținute pentru semințele de *Triticum aestivum* L.

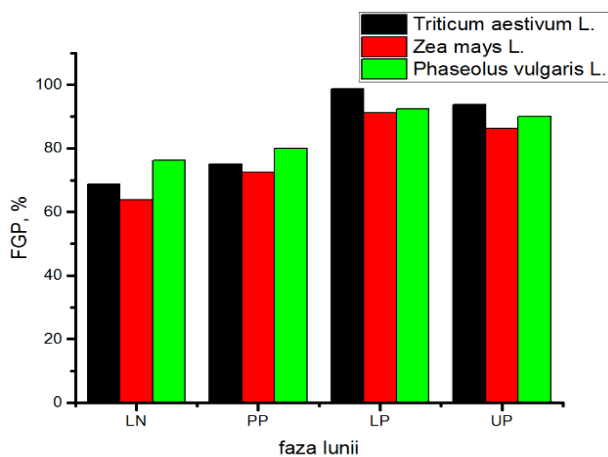


Fig. 4.37. Procentajul final de germinare al semințelor în dependență de fazele lunii.

Astfel, cea mai mare rată de germinare, de 98,75 % a fost obținută pentru semințele supuse germinării când luna e plină față de 68,75 % corespunzătoare fazei de lună nouă. Și pentru celelalte specii se respectă aceeași tendință, înregistrându-se o diferență de 27,5 % pentru porumb și 16,25 % pentru fasole. Pentru semințele supuse germinării în faza de prim pătrar, față de lună nouă s-a înregistrat o diferență de doar 6,25 % pentru grâu, 8,75 % pentru porumb și 3,75 % pentru fasole. Și poziția lunii în ultimul pătrar influențează asupra ratei de germinare, obținând-se valori puțin mai mici decât în faza de lună plină, dar mai mari față de lună nouă cu 23 % pentru grâu, cu 22,5 % pentru porumb și cu 13,75 % pentru fasole.

În figura 4.38 este reprezentată rata medie de germinare al semințelor de *Triticum aestivum L.*, *Zea mays L.* și *Phaseolus vulgaris L.* în dependență de faza ciclului lunar. După cum se poate observa din figura 4.38, pentru toate speciile de semințe s-a înregistrat aceeași tendință a variației parametrului MR. Astfel, din faza de lună nouă se observă o creștere continuă până se atinge valoarea maximă în faza de lună plină, ca mai apoi să scadă în ultimul pătrar.

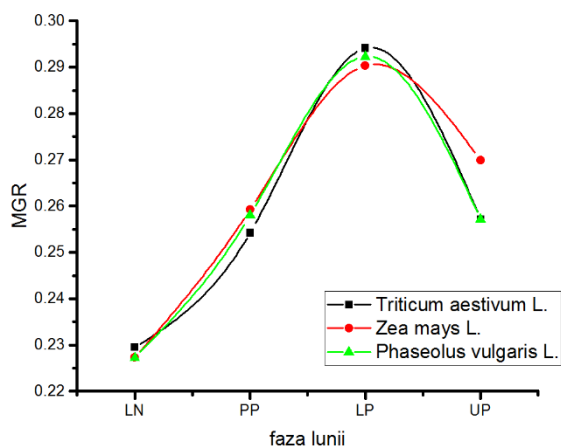


Fig. 4.38. Variația ratei medii de germinare a semințelor de *Triticum aestivum L.*, *Zea mays L.* și *Phaseolus vulgaris L.* în dependență de faza ciclului lunar.

Figura 4.39 prezintă variația indicelui ratei de germinare în dependență de fazele ciclului lunar. Valorile procentuale ridicate ale indicelui ratei de germinare (GRI), indică o germinare mai mare și mai rapidă pentru semințe. Observăm acest lucru pentru eșantionul

de semințe supuse germinării în etapa de lună plină. Astfel, grâul a atins cel mai mare procent mediu GRI (30 %) dintre toate variantele analizate. Cel mai mic GRI (16,25 %) s-a înregistrat pentru semințele de porumb din lotul corespunzător fazei de lună nouă.

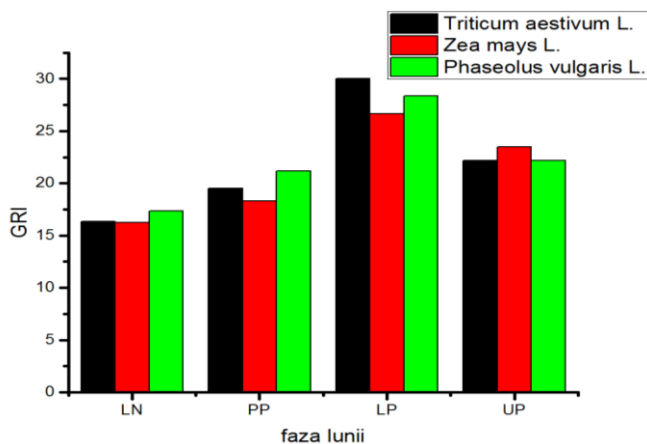
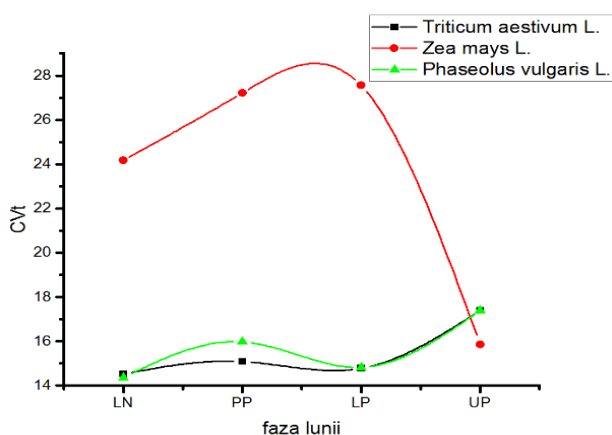


Fig. 4.39. Variația indicelui ratei de germinare în dependență de fazele ciclului lunar.

În figura 4.40 este reprezentată variația coeficientului CVt în dependență de poziția lunii. Coeficientul de viteză al germinării (CVt) ne oferă un indiciu cu privire la rapiditatea germinării semințelor. Indicele CVt crește atunci când numărul semințelor germinate crește și timpul necesar pentru germinare scade. După cum se poate observa, cele mai mari valori ale lui CVt s-au înregistrat pentru eșantioanele cu semințe de *Zea mays* L. puse la germinat în perioada de lună plină. Pentru celelalte specii de semințe coeficientul CVt nu se diferențiază major de faza lunii, o ascensiune observându-se pentru eșantioanele corespunzătoare ultimului pătrar.



*Fig. 4.40. Coeficientul vitezei de germinare al semințelor de *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L. și *Phaseolus vulgaris* L. în dependență de faza ciclului lunar.*

În tabelul 4.6 sunt prezentați mai mulți indici ai germinării, printre care și indicele de sincronizare a germinării și incertitudinea procesului de germinare.

Tabelul 4.5. Valoarea indicilor de germinare calculați pentru semințele de grâu, porumb și fasole în dependență de fazele lunii.

Faza lunii	G, %	\bar{t} , zile	CV _t , %	MR, (zile ⁻¹)	U	Z
<i>Triticum aestivum L.</i>						
LN	68,75	4,357143	14,53529789	0,229508	1,094914	0,042553
PP	75	3,933333	15,09195355	0,254237	0,77756	0,041667
LP	98,75	3,4	14,78307912	0,294118	0,528771	0,021505
UP	93,75	3,888889	17,39313107	0,257143	0,901936	0,035088
<i>Zea mays L.</i>						
LN	63,75	4,307692	24,17469	0,232143	0,890492	0,04878
PP	72,5	3,857143	27,21655	0,259259	0,618687	0,042553
LP	91,25	3,444444	27,5502	0,290323	0,519967	0,027778
UP	86,25	3,705882	15,86309	0,269841	0,690754	0,033898
<i>Phaseolus vulgaris L.</i>						
LN	76,25	4,4	14,37399	0,227273	1,158939	0,04
PP	80	3,875	15,97779	0,258065	0,798795	0,039216
LP	92,5	3,421053	14,82752	0,292308	0,525443	0,02439
UP	90	3,888889	17,39313	0,257143	0,901936	0,035088

Deoarece germinarea semințelor, în general, este asincronizată, este posibilă cuantificarea acestei caracteristici printr-o măsurătoare numită index de sincronizare, incertitudine asociată cu distribuția frecvenței relative a germinării sau entropiei informaționale. Astfel, valorile mai mari pentru acest indice arată o diversitate ridicată, iar numerele în direcția zero – o diversitate scăzută. Pentru *U*, valorile scăzute indică frecvențe cu câteva vârfuri, adică o germinare mai concentrată. După cum se poate observa din tabelul 4.6, pentru toate speciile de semințe, valorile lui *U* și lui *Z* sunt cele mai mici pentru eşantioanele caracteristice fazei de lună plină. Prin urmare, rezultă că procesul de germinare este mai intens anume în această perioadă.

Figura 4.41 reprezintă dinamica creșterii plantelor *Triticum aestivum L.*, *Zea mays L.* și *Phaseolus vulgaris L.*, în dependență de faza ciclului lunar, după 7 zile de la plantare.

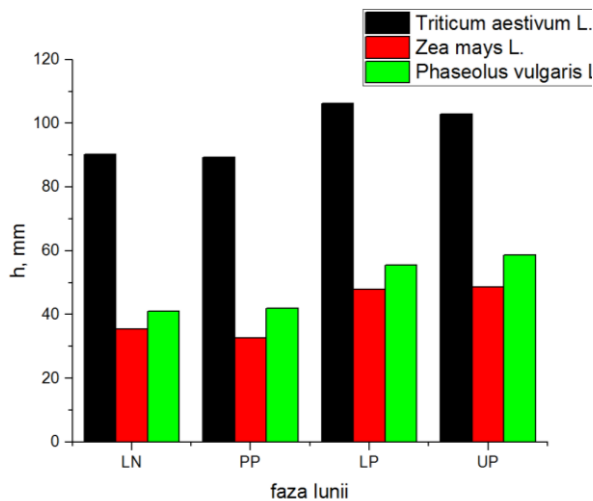


Fig. 4.41. Dinamica creșterii plantelor *Triticum aestivum L.*, *Zea mays L.* și *Phaseolus vulgaris L.* în dependență de faza ciclului lunar, după 7 zile de la plantare.

Figura 4.41 ne indică, la fel, că fazele lunii influențează într-o oarecare măsură procesul de creștere a plantelor, dar totuși înălțimea plantulelor nu a variat foarte mult. Astfel, cele mai bune rezultate privind creșterea a înregistrat lotul semănat în faza de lună plină și ultimul pătrar pentru toate trei soiurile de plante. Rezultatul maximal de 106,25 mm al înălțimii plantulelor de grâu din lotul semănat în lună plină diferă cu 17 % mai mult decât lotul din lună nouă, cu 18 % de primul pătrar și cu 4,2 % de ultimul pătrar. Diferența maximă între loturile de porumb este de 7,6 %, iar pentru fasole 9,86 %. Acest fenomen poate fi explicat prin ceea că în etapa de lună plină, lumina lunii atinge nivelul maxim, favorizând creșterea plantelor și o dezvoltare sănătoasă a frunzelor.

4.8. Concluzii la Capitolul IV

Ca rezultate ale cercetării efectelor stimulării culturilor agricole prin metode fizice, menționate anterior, se poate de remarcat următoarele:

1. Tratarea semințelor cu radiație laser, carbon, apă bazică și ozon, frecvențe acustice și câmp electric determină modificări în metabolismul plantelor, cum ar fi intensificarea sau reducerea unor procese fiziologice cu urmări asupra reducerii perioadei de rasărire și sporirii potențialului productiv;
2. Biostimularea cu radiație laser de 532 nm a înregistrat cel mai bun rezultat la timpul de expunere de 7 min în combinație cu imersarea semințelor în mixtură de argilă-lignoceluloză. Însă, nu toate culturile cercetate sunt receptive la unul și același stimulator, intensitatea răspunsului fiind condiționată de particularitățile biologice ale speciilor și dozele aplicate. În comparație cu proba martor, semințele expuse timp de 7 min pentru toate speciile au prezentat o germinare și dezvoltare timpurie cu

- aproximativ 50 %, dar numai fasolea a obținut rata maximă de germinare pentru o scădere a timpului de germinare, care a fost redus de la 120 de ore (martor) la 60 de ore. De asemenea, toții indicii de germinare au rezultate maxime pentru lotul respectiv. Efectul de stimulare al tratamentului combinat dintre radiația laser și materialul compozit a dus la valori mai mari pentru înălțimea plantulelor cu 71,8% pentru grâu, 54,5 % pentru fasole și cu 47,61 % pentru porumb, comparativ cu probele martor, măsurate la 72 ore după plantarea semințelor germinate;
3. Utilizarea laserului verde, luând în calcul și tipul apei (tratată termic, ionizată, magnetizată, iradiată cu laser) cu care au fost irigate vasele de vegetație au înregistrat, de asemenea, rata maximă de germinație, cel mai bine reacționând stimulilor fizici semințele de grâu și ovăz. Apa ionizată și cea tratată termic au contribuit și la îmbunătățirea proprietăților solului;
 4. S-a constatat că frecvențele acustice pot stimula sau inhiba dezvoltarea semințelor de fasole. Semințele supuse acțiunii frecvențelor acustice în diapazonul 3÷6 kHz au o energie germinativă mai mare față de eșantionul martor, iar diapazonul 6÷9 kHz poate fi dăunător pentru plante, unele din ele au murit;
 5. Câmpul electric s-a dovedit a fi un bun stimulator al energiei de germinare. Rezultate semnificative s-au înregistrat, în ceea ce privește reducerea perioadei de germinare, pentru loturile expuse la 0,5 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 5 kHz, 7 kHz și 8 kHz, menținute în apă tratată termic la 36 h. Rata maximală de germinare a fost atinsă de loturile supuse acțiunii câmpului electric cu frecvențe de 4, 8 și 11 kHz, menținute în apă tratată termic;
 6. Apa ozonată este capabilă să acționeze ca inițiator al mecanismelor de declanșare a germinării. Tratarea cu apă ozonată a semințelor de fasole a crescut rata de germinare cu 16,19%, dar porumbul nu a suferit modificări majore, depășind valorile lotului de control cu doar 2,97%. Înălțimea maximă, măsurată în a zecea zi după însămânțare, a fost atinsă valoarea de 115 mm pentru grâu, care depășește cu 26,08% rata de creștere a plantelor din lotul de control;
 7. Sublimarea în vid a semințelor de grâu și porumb au asigurat atingerea ratei maxime de germinare pentru ambele specii de plante. La a 5-a zi de la semănare s-a înregistrat o diferență de creștere cu 60% mai mult față de lotul de control;
 8. Materialul compozit e factorul stimulator cu rezultate maxime înregistrate din primele etape de dezvoltare a plantulelor. Pentru grâu diferențele sunt mai evidente. Rezultatul maximal de 120 mm al plantulelor de grâu din lotul prelucrat cu material compozit diferă cu 41,17 % mai mult decât eșantionul de control.

CAPITOLUL V. ELABORAREA MODELULUI MATEMATIC

5.1. Elaborarea modelului matematic privind influența radiației laser asupra procesului de germinare și creștere a plantelor

5.1.1. Stabilirea modelului matematic care descrie corelația dintre rata de germinare și durata expunerii radiației laser de 532 nm

Din analiza datelor prelucrate cu ajutorul programului Table Curve 3D a reieșit faptul că acest model matematic este descris de următoarea relație matematică:

$$z = a + bx + cy + dx^2 + ey^2 + fxy + gx^3 + hy^3 + ix^2y + jx^2y \quad (5.1)$$

unde:

x este durata iradierii cu laser a semințelor [min];

y – perioada de germinație a semințelor [h];

z – rata de germinare [%];

$a, b, c, d, e, f, g, h, i, j$ - constantele ecuației care descrie modelul matematic.

Coeficientul de corelație corespunzător acestei ecuații este cuprins între valorile $r^2 = 0,977 \div 0,985$.

În figurile 5.1 -5.3 sunt reprezentate variația germinării semințelor de *Zea mays L.*, *Phaseolus vulgaris L.* și *Triticum aestivum L.* în dependență de timp de durată expunerii radiației laser de 532 nm.

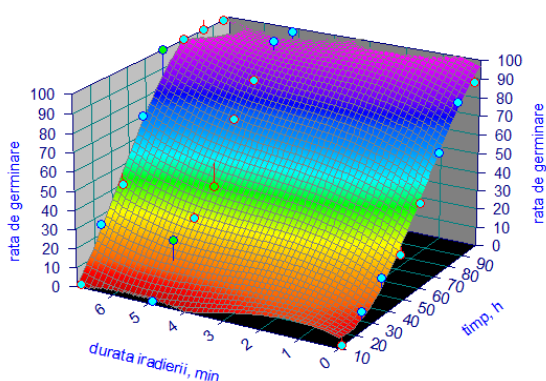


Fig. 5.1. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre rata de germinare și durată expunerii radiației laser de 532 nm pentru semințele speciei *Phaseolus vulgaris L.*

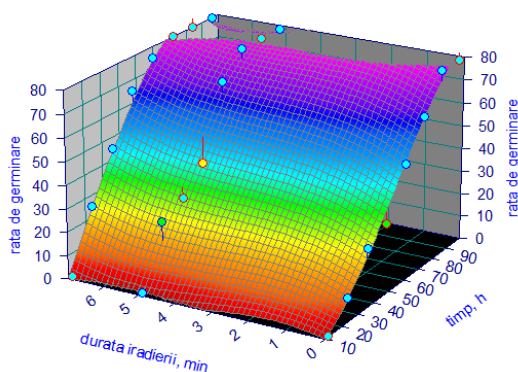


Fig. 5.2. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre rata de germinare și durată expunerii radiației laser de 532 nm pentru semințele speciei *Zea mays L.*

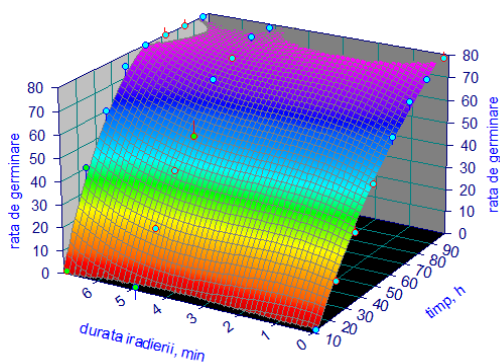


Fig. 5.3. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre rata de germinare și durata expunerii radiației laser de 532 nm pentru semințele specie *Phasoleus vulgaris* L.

5.1.2. Stabilirea modelului matematic care descrie corelația dintre rata de creștere și lungimea de undă a radiației laser

În figurile 5.4-5.6 sunt prezentate modelele matematice care descriu corelația dintre variația creșterii plantelor din speciile *Zea mays* L., *Triticum aestivum* L. și *Avena sativa* L. în funcție de lungimea de undă a radiației laser utilizată la tratarea semințelor.

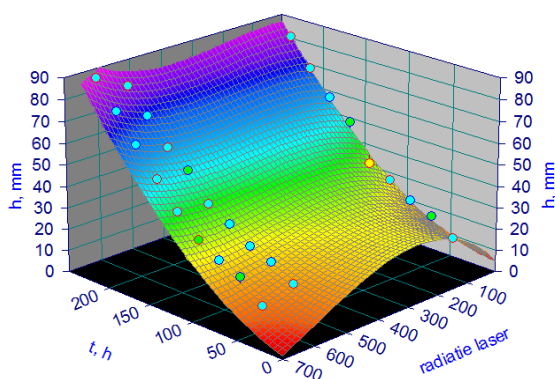


Fig. 5.4. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre rata de creștere și lungimea de undă a radiației laser pentru specia *Zea mays* L.

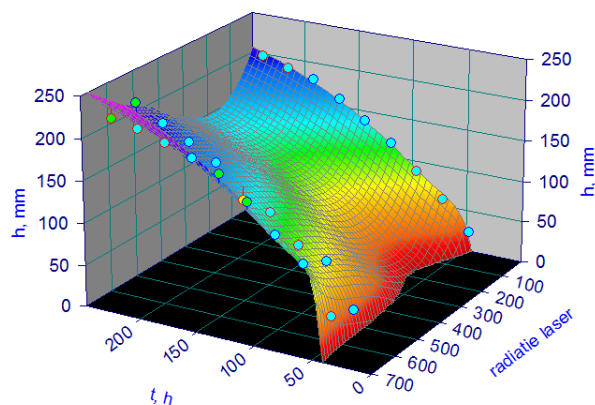


Fig. 5.5. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre rata de creștere și lungimea de undă a radiației laser pentru speciei *Avena sativa* L.

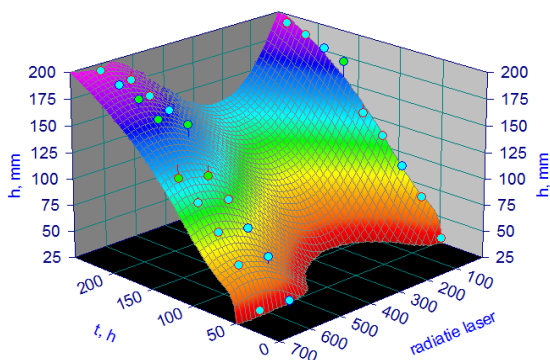


Fig. 5.6. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre rata de creștere și lungimea de undă a radiației laser pentru speciei *Triticum aestivum* L.

Suprafața obținută este caracterizată de ecuația 5.2 care are forma:

$$z = a + \frac{b}{x} + \frac{c}{x^2} + \frac{d}{x^3} + \frac{e}{x^4} + fy + gy^2 + hy^3 + iy^4 + jy^5 \quad (5.2)$$

unde: x este lungimea de undă a radiației laser [nm];

y - timpul de creștere al plantelor [h];

z - înălțimea plantelor [mm];

$a, b, c, d, e, f, g, h, i, j$ - constantele ecuației care descrie modelul matematic.

Coeficientul de corelație corespunzător acestei ecuații este cuprins între valorile $r^2 = 0,983 \div 0,995$.

5.2. Stabilirea modelului matematic privind influența frecvențelor acustice asupra procesului de germinare și creștere a plantelor

În figura 5.7 este reprezentat modelul matematic care descrie corelația dintre variația creșterii plantelor din specia *Phaseolus vulgaris L.* și diapazonul de frecvențe acustice 0÷9 kHz

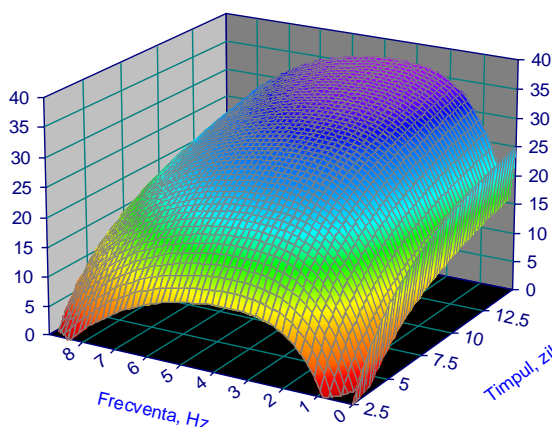


Fig. 5.7.Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre variația creșterii plantelor din specia *Phaseolus vulgaris L.* și diapazonul de frecvențe acustice 0÷9 kHz.

Suprafața obținută este caracterizată de ecuația care are forma:

$$z = a + \frac{b}{x^{0,5}} + cy + dy^3 + ey + fe^{-y} \quad (5.3)$$

unde: x – timpul [zile];

y – frecvența [kHz];

z - înălțimea plantelor [mm];

a, b, c, d, e, f –constantele ecuației care descriu modelul matematic

Coeficientul de corelație corespunzător acestei ecuații este $r^2 = 0,823$.

Figura 5.8 prezintă modelul matematic care descrie corelația dintre rata de germinare a semințelor de fasole supuse influenței frecvențelor acustice.

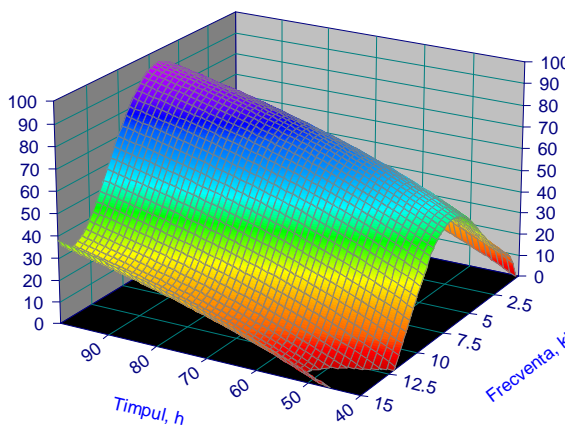


Fig. 5.8. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre rata de germinare a semințelor de fasole (*Phaseolus vulgaris* L.) supuse tratamentului cu frecvențe acustice.

Suprafața obținută este caracterizată de ecuația care are forma:

$$z = a + blnx + dy^{1.5} + ey^2 + fy^2lny + gy^3 + hy^{0.5}lny \quad (5.4)$$

unde: x – timpul [h];

y – frecvența [kHz];

z - rata de germinare [%];

a, b, c, d, e, f, g, h – constantele ecuației care descriu modelul matematic.

Coeficientul de corelație corespunzător acestei ecuații este $r^2 = 0,604$.

5.3. Stabilirea modelului matematic privind influența soluției ozonate asupra procesului de creștere a plantelor de grâu și porumb

În figurile 5.9 și 5.10 sunt reprezentate modelele matematice care reprezintă variațiile creșterii plantelor de grâu (*Triticum aestivum* L.) și porumb (*Zea mays* L.) tratate cu soluții ozonate.

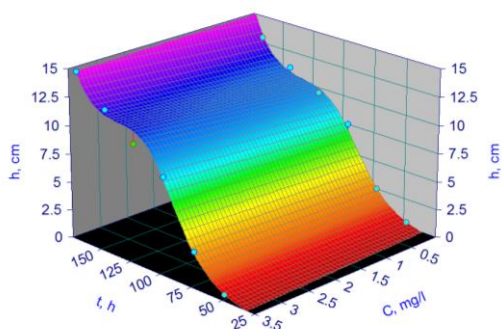


Fig. 5.9. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre variația creșterii plantelor specie *Triticum aestivum* L. tratate cu soluții ozonate.

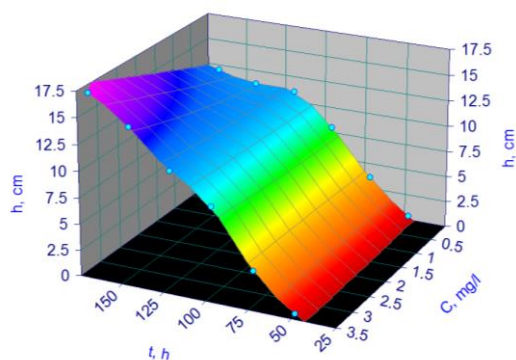


Fig. 5.10. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre variația creșterii plantelor speciei *Zea mays* L. tratate cu soluții ozonate.

Suprafața obținută este caracterizată de ecuația care are forma:

$$z = \frac{a+bx+cy}{1+dx+ex^2+fx^3+gy} \quad (5.5)$$

unde: x este timpul de creștere [h];

y- concentrația soluției ozonate [mg/l];

z – înălțimea plantelor a căror semințe au fost supuse tratării cu soluții ozonate [cm];

a, b, c, d, e, f, g – constantele ecuației care descriu modelul matematic.

Coeficientul de corelație corespunzător acestei ecuații are valoarea $r^2 = 0,923$.

5.4. Stabilirea modelului matematic privind influența materialului compozit cu conținut de lignoceluloză asupra procesului de germinare și creștere a plantelor de porumb (*Zea mays L.*), fasole (*Phaseolus vulgaris L.*) și grâu (*Triticum aestivum L.*)

În figurile 5.11 - 5.13 sunt reprezentate modelele matematice care descriu corelația dintre variația germinării semințelor de *Zea mays L.*, *Phaseolus vulgaris L.* și *Triticum aestivum L.* tratate cu material compozit cu conținut de lignoceluloză.

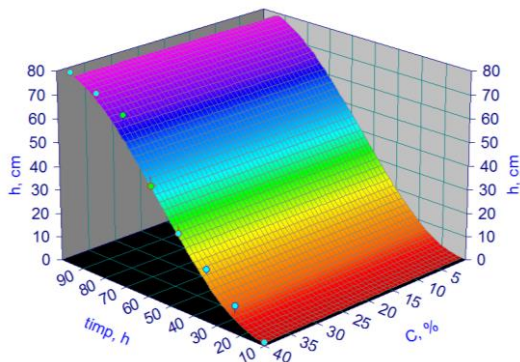


Fig. 5.11. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre variația germinării semințelor speciei *Zea mays L.* tratate cu material compozit cu conținut de lignoceluloză.

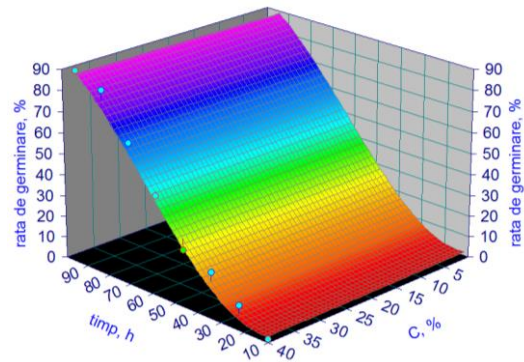


Fig.5.12. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre variația germinării semințelor speciei *Phaseolus vulgaris L.* tratate cu material compozit cu conținut de lignoceluloză

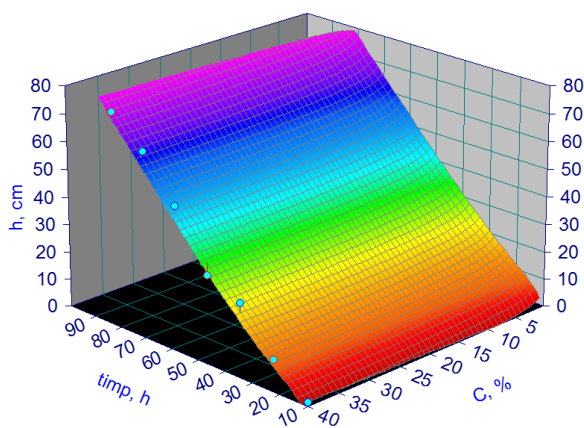


Fig. 5.13. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre variația germinării semințelor speciei *Triticum aestivum* L. tratate cu material compozit cu conținut de lignoceluloză.

Suprafața obținută este caracterizată de ecuația:

$$z = a + b \cdot x + c \cdot \ln y + d \cdot x^2 + e \cdot (\ln y)^2 + f \cdot \ln x \cdot \ln y + g \cdot x^3 + h \cdot (\ln y)^3 + i \cdot x \cdot (\ln y)^2 + j \cdot x^2 \cdot \ln y \quad (5.6)$$

unde: x este timpul de germinare [h];

y- conținutul de lignoceluloză [%];

z – rata de germinare a semințelor supuse tratamentului cu material compozit cu lignoceluloză [%];

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j – constantele ecuației care descriu modelul matematic.

Coeficientul de corelație corespunzător acestei ecuații este cuprins între valorile $r^2 = 0,928-0,990$.

Graficele din figurile 5.14 – 5.16 reprezintă modelele matematice care descriu variația creșterii plantelor de grâu (*Triticum aestivum* L.), fasole (*Phaseolus vulgaris* L.) și porumb (*Zea mays* L.) supuse tratamentului cu material compozit cu lignoceluloză.

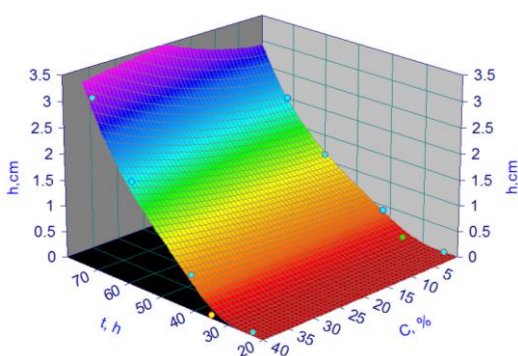


Fig. 5.14. Reprezentare grafică a modelului matematic care descrie variația creșterii plantelor din specia *Triticum aestivum* L. supuse tratamentului cu material compozit cu lignoceluloză.

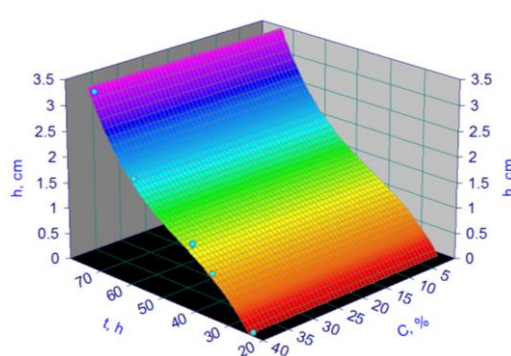


Fig.5.15. Reprezentare grafică a modelului matematic care descrie variația creșterii plantelor din specia *Phaseolus vulgaris* L. supuse tratamentului cu material compozit cu lignoceluloză.

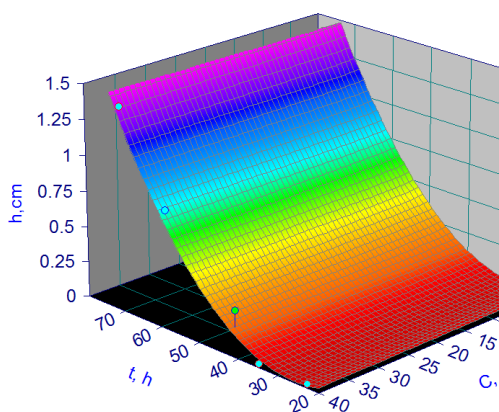


Fig. 5.16. Reprezentare grafică a modelului matematic care descrie variația creșterii plantelor din specia *Zea mays L.* supuse tratamentului cu material compozit cu lignoceluloză.

Suprafața obținută este caracterizată de ecuația care are forma:

$$z = a + blny + cy^{2,5} \quad (5.7)$$

unde: x este timpul de creștere [h];

y- conținutul de lignoceluloză [%];

z – înălțimea plantelor a căror semințe au fost supuse tratării cu material compozit cu lignoceluloză [cm];

a, b, c – constantele ecuației care descriu modelul matematic.

Coefficientul de corelație corespunzător acestei ecuații este cuprins între valorile $r^2 = 0,986-0,999$.

5.5. Elaborarea modelului matematic privind influența materialului compozit cu conținut de nanoclusteri de carbon asupra procesului de germinare și creștere a plantelor de porumb (*Zea mays L.*) și grâu (*Triticum aestivum L.*)

Graficele din figurile 5.17 – 5.19 reprezintă variația creșterii plantelor de grâu (*Triticum aestivum L.*) și porumb (*Zea mays L.*) supuse tratamentului cu material compozit cu nanoclusteri de carbon.

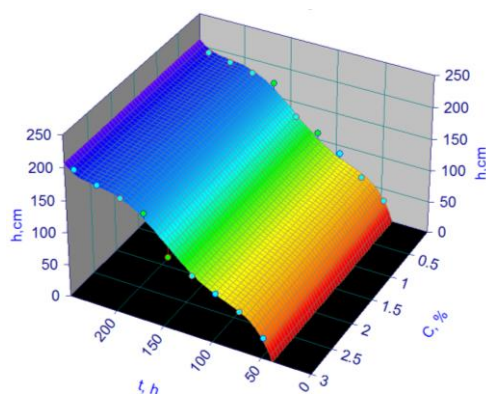


Fig. 5.17. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie variația creșterii plantelor din specia *Triticum aestivum L.* supuse tratamentului cu materiale compozite cu nanoclusteri de carbon.

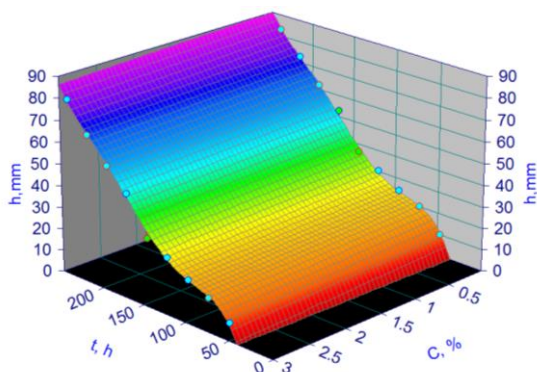


Fig. 5.18. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie variația creșterii plantelor din specia *Zea mays L.* supuse tratamentului cu materiale compozite cu nanoclusteri de carbon.

Suprafața obținută este caracterizată de ecuația care are forma:

$$z = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5 + gy \quad (5.8)$$

unde: x este timpul de creștere [h];

y- concentrația de nanoclusteri de carbon [%];

z – înălțimea plantelor a căror semințe au fost supuse tratării cu material compozit cu nanoclusteri de carbon [cm];

a, b, c, d, e, f, g – constantele ecuației care descriu modelul matematic.

Coeficientul de corelație corespunzător acestei ecuații este cuprins între valorile $r^2 = 0,988-0,996$.

5.6. Stabirirea modelului matematic care descrie corelația dintre rata de germinare a semințelor speciei *Phasoleus vulgaris L.* și frecvența câmpului electric

Figura 5.20 reprezintă modelul matematic care descrie corelația dintre rata de germinare a semințelor speciei *Phasoleus vulgaris L.* și frecvența câmpului electric.

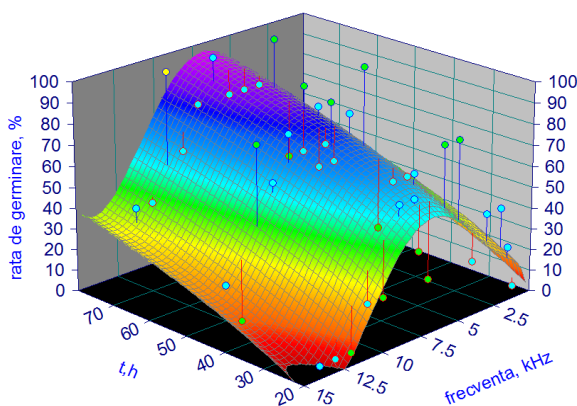


Fig. 5.19. Reprezentarea grafică a modelului matematic care descrie corelația dintre variația ratei de germinare a semințelor de *Phasoleus vulgaris L.* și frecvența câmpului electric.

Suprafața obținută este caracterizată de ecuația care are forma:

$$z = a + bx^{0,5} \ln x + \frac{cx}{\ln x} + d \ln y + ey^{1,5} + fy^2 + gy^2 \ln y + hy^3 + iy^{0,5} \ln y \quad (5.9)$$

unde: x -timpul [h];

y- frecvența câmpului electric [kHz];

z – este rata de germinare [%];

a, b, c, d, e, f, g, h, i – constantele ecuației care descriu modelul matematic.

Coeficientul de corelație corespunzător acestei ecuații este cuprins între valorile $r^2 = 0,60464508$.

5.7. Verificarea modelului matematic

S-au verificat modelele matematice obținute cu ajutorul programului de generare a ecuațiilor liniare și neliniare TableCurve 3D pentru rata de germinare și creștere a plantelor din specia *Triticum aestivum L.*, *Avena sativa L.*, *Zea mays L.* și *Phaseolus vulgaris L.* supuse influenței diferitor factori fizici. Astfel, s-au obținut următoarele abateri relative:

- Pentru modelul matematic care descrie corelația dintre rata de germinare și durata expunerii acțiunii radiației laser cu lungimea de undă de 532 nm pentru specia *Triticum aestivum L.* valorile s-au înscris între -5,109 % și 19,91 %, cu unele excepții care au ajuns până la 85,50%;
- Pentru modelul matematic care descrie corelația dintre rata de germinare și durata expunerii acțiunii radiației laser cu lungimea de undă de 532 nm pentru specia *Phaseolus vulgaris L.* valorile s-au înscris între -15,35% și 13,36 %, cu unele excepții care au ajuns la 28,17%;
- Pentru modelul matematic care descrie corelația dintre rata de germinare și durata expunerii acțiunii radiației laser cu lungimea de undă de 532 nm pentru specia *Zea mays L.* valorile s-au înscris între 0 și 6,18%, cu unele excepții care au ajuns la 31,64%;
- Pentru modelul matematic care descrie corelația dintre dinamica creșterii și lungimea de undă a radiației laser pentru specia *Triticum aestivum L.* valorile s-au înscris între 0,15 % și 10,97%;
- Pentru modelul matematic care descrie corelația dintre dinamica creșterii și lungimea de undă a radiației laser pentru specia *Avena sativa L.* valorile s-au înscris între -6,34% și 8,77%, cu unele excepții care au ajuns la -24,95%;

- Pentru modelul matematic care descrie corelația dintre dinamica creșterii pentru specia *Triticum aestivum L.* și *Zea mays L.* prelucrate cu lichide ozonate valorile s-au înscris între 1,46 % și 12,55%;
- Pentru modelul matematic care descrie corelația dintre dinamica creșterii speciei *Phaseolus vulgaris L.* și frecvența acustică valorile s-au înscris între -4,47% și 20,26%, cu unele excepții care ajung la -57,10 %;
- Pentru modelul matematic care descrie variația germinării semințelor de *Phaseolus vulgaris L.* tratate cu material compozit cu conținut de lignoceluloză valorile s-au înscris între -5,32% și 6,79%;
- Pentru modelul matematic care descrie variația germinării semințelor de *Triticum aestivum L.* tratate cu material compozit cu conținut de lignoceluloză valorile s-au înscris între -12,01% și 17,56%;
- Pentru modelul matematic care descrie variația germinării semințelor de *Zea mays L.* tratate cu material compozit cu conținut de lignoceluloză valorile s-au înscris între -12,28% și 17,60%;
- Pentru modelul matematic care descrie corelația dintre dinamica creșterii pentru speciile *Phaseolus vulgaris L.*, *Triticum aestivum L.* și *Zea mays L.* prelucrate cu material compozit cu conținut de lignoceluloză valorile s-au înscris între -13,43% și 14,48% cu unele excepții care ating valori până la -36,81%;
- Pentru modelul matematic care descrie corelația dintre dinamica creșterii pentru *Triticum aestivum L.* prelucrate cu material compozit cu conținut de nanoclusteri de carbon valorile s-au înscris între -9,08% și 15,40%;
- Pentru modelul matematic care descrie corelația dintre dinamica creșterii pentru *Zea mays L.* prelucrate cu material compozit cu conținut de nanoclusteri de carbon valorile s-au înscris între -23,79% și 22,80%;
- Pentru modelul matematic care descrie corelația dintre rata de germinare a semințelor de *Phaseolus vulgaris L.* și frecvența câmpului electric valorile s-au înscris între -15,51% și 12,69%, cu unele excepții ce au atins valori până la -23,60;
- Pentru modelul matematic care descrie corelația dintre dinamica creșterii speciei *Zea mays L.* și concentrația soluției ozonate valorile s-au înscris între -12,16% și 5,98%, cu unele excepții ce au atins valori până la -28,52%;
- Pentru modelul matematic care descrie corelația dintre dinamica creșterii speciei *Triticum aestivum L.* și concentrația soluției ozonate valorile s-au înscris între -12,27% și 14,43%, cu unele excepții ce au atins valori până la 81,02%;

5.8. Concluzii la Capitolul V

Modelele matematice care descriu corelația dintre variația factorilor fizici și rata de germinare sau creștere a speciilor de plante studiate au confirmat discuțiile și concluziile desprinse din capitolul 4. În urma analizei modelelor matematice s-au desprins următoarele concluzii:

- pentru modelul matematic corespunzător capacității de germinare a semințelor din speciile *Zea mays L.*, *Phaseolus vulgaris L.* și *Triticum aestivum L.* tratate cu laser gradul de corelație este cuprins între 97,7 – 98,5 %;
- pentru modelul matematic corespunzător creșterii plantelor din specia *Zea mays L.*, *Triticum aestivum L.* și *Avena sativa L.* tratate cu laser de 532 nm și 635 nm, gradul de corelație este cuprins între 98,3 – 99,5 %;
- pentru modelul matematic corespunzător creșterii plantelor din specia *Phaseolus vulgaris L.* supuse acțiunii diapazonului de frecvențe acustice de 0÷9 kHz, coeficientul de corelație este de 82,3 %;
- pentru modelul matematic corespunzător germinării semințelor speciei *Phaseolus vulgaris L.* supuse acțiunii diapazonului de frecvențe acustice de 0÷9 kHz, coeficientul de corelație este mai scăzut, de doar 60,4 %;
- pentru modelul matematic corespunzător creșterii plantelor de grâu (*Triticum aestivum L.*) și porumb (*Zea mays L.*) tratate cu soluții ozonate gradul de corelație este cuprins între 92,2 – 99,5%;
- pentru modelul matematic corespunzător germinării semințelor de grâu (*Triticum aestivum L.*), fasole (*Phaseolus vulgaris L.*) și porumb (*Zea mays L.*) supuse tratamentului cu material compozit cu lignoceluloză gradul de corelație este cuprins între 99,4 – 99,9%;
- pentru modelul matematic corespunzător variației creșterii plantelor de grâu (*Triticum aestivum L.*), fasole (*Phaseolus vulgaris L.*) și porumb (*Zea mays L.*) supuse tratamentului cu material compozit cu lignoceluloză gradul de corelație este cuprins între 98,6 – 99,9%;
- pentru modelul matematic corespunzător variației creșterii plantelor de grâu (*Triticum aestivum L.*), ovăz (*Avena sativa*) și porumb (*Zea mays L.*) supuse tratamentului cu material compozit cu nanoclusteri de carbon coeficientul de corelație este cuprins între 99,8 – 99,9%;
- pentru modelul matematic corespunzător variației ratei de germinare a semințelor de *Phaseolus vulgaris L.* sub acțiunea câmpului electric gradul de corelație este de doar 60,48 %;
- diferența dintre valorile obținute pe cale experimentală și valorile obținute cu modelele matematice este nesemnificativă, abatere făcând variația germinării semințelor speciei *Phaseolus vulgaris L.* supuse acțiunii diapazonului de frecvențe acustice de 0÷9 kHz și

câmpului electric, unde gradul de corelație a fost mai scăzut, acesta fiind cuprins între 60,40% și 60,48%.

6. CONCLUZII GENERALE

Cercetările teoretice și experimentale cu privire la biostimularea creșterii culturilor agricole prin metodele fizice prezentate în această lucrare, constituie o încercare de a oferi printr-o analiză detaliată, relațiile de dependență dintre factorii fizici și germinarea semințelor, inclusiv creșterea plantelor. În baza rezultatelor obținute prin studiul teoretic cât și al cercetărilor experimentale, s-au putut elabora următoarele concluzii:

A. Cu privire la oportunitatea temei.

Din analiza bibliografiei de specialitate, foarte bogată în domeniu, se pot evidenția următoarele:

- În ultimele decenii, îndeosebi perioada postbelică, s-a constatat o dependență crescândă a intensificării agriculturii prin aplicarea îngrășămintelor minerale, pesticidelor, mecanizarea, irigațiile. Agricultura intensivă a condus la sporirea producției, însă intervențiile abuzive asupra terenurilor agricole au avut numeroase urmări negative de lungă durată asupra mediului;
- Cu regret, poluarea mediului nu este limitată doar în regiunea utilizării primare a îngrășămintelor chimice, dar se extinde orizontal prin apele de suprafață și cele subterane. Prin intermediul lanțului alimentar: plante – animale se răspândesc ierarhic, ajungând pe masa noastră, influențând calitatea produselor alimentare;
- Cercetările actuale, cu utilizarea tehnicilor și tehnologiilor biofizice, vizează realizarea potențialului genetic, creșterea rezistenței nespecifice la stresul abiotic și biotic, consolidarea potențialului adaptativ al plantelor pentru a crește și stabiliza cultura;
- Spre deosebire de metodele tradiționale de tratare a semințelor cu agenți chimici, metodele biofizice nu au un efect secundar negativ asupra plantelor și a personalului și, ca un tip de tratament ecologic, sunt ușor de interconectat cu metodele agricole utilizate în prezent, iar plantele cultivate din prelucrarea semințelor nu au alte modificări patologice și mutații induse.

B. Concluzii cu privire la fundamentarea teoretică a corelațiilor dintre factorii fizici și stimularea creșterii plantelor

- Cercetările efectuate în domeniul fizicii mediului ambiant referitor la factorii fizici care influențează condițiile de dezvoltare a culturilor agricole favorizează elaborarea unor tehnologii moderne și perfectarea celor existente ce țin de obținerea produselor ecologice pure. Acestea permit crearea condițiilor optime de dezvoltare și adaptare a culturilor agricole fără utilizarea componentelor nocive care influențează indicii de calitate ai produselor agricole și materiei prime pentru industria alimentară;
- Există o gamă vastă de posibilități de utilizare a metodelor fizice de stimulare a creșterii plantelor. În lucrare am selectat doar câteva metode fizice de tratare, bazate

- pe radiația laser, frecvențe acustice, câmp electric, lichidele ozonate, materialele compozite și factorii astrofizici;
- În vederea stabilirii corelațiilor dintre influența factorilor fizici și gradul de dezvoltare a plantelor, se parcurg următoarele etape:
 - Cercetarea bibliografică al stadiului actual al cunoașterii în domeniu;
 - Proiectarea și realizarea instalațiilor experimentale;
 - Adaptarea echipamentelor necesare derulării cercetărilor experimentale;
 - Realizarea cercetărilor în laborator, prelucrarea și interpretarea rezultatelor experiențelor;
 - Identificarea factorilor fizici cu cel mai ridicat grad de influență.
 - Analiza teoretică și experimentală realizată oferă posibilitatea determinării:
 - Indicilor de germinare ai semințelor supuse acțiunii: câmpurilor fizice modulate, apei ozonate, materialelor compozite și factorilor astrofizici;
 - Capacitatea de absorbție a apei de către semințele biostimulate;
 - Dinamica creșterii plantulelor.

C. Concluzii cu privire la verificarea experimentală a teoriilor abordate

Rezultatele obținute de-a lungul celor trei ani de cercetare, la nivelul celor două procese fiziologice studiate, germinația și creșterea plantelor, care au fost supuse, în faza inițială, expunerii acțiunii factorilor fizici, sunt concludente pentru toate experiențele. 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, precum și factorii astrofizici au contribuit la accelerarea procesului de germinație și au intensificat procesul de creștere al plantelor. Însă, s-a constatat că nu există un paralelism al acțiunii factorilor fizici, rezultatele diferințind în dependență de particularitățile speciei materialului vegetativ și de durata expunerii câmpurilor fizice. Astfel, în urma cercetării efectelor stimulării culturilor agricole prin metodele fizice menționate se poate remarca următoarele:

1. În cazul biostimulării semințelor speciilor *Hordeum vulgare L.*, *Triticum aestivum L.* și *Zea mays L.* cu laser roșu și verde, timp de 1 min, acțiunea a fost benefică asupra indicatorilor analizați și anume: lotul testat cu laser de 628 nm are o liniaritate a germinării pentru cele trei specii de culturi (95 %). În comparație cu proba martor, lotul expus acțiunii radiației laser de 532 nm a manifestat, de asemenea, o rată de germinare mai mare cu 3 % pentru orz, 2 % pentru grâu și cu 1 % pentru porumb. Cea mai bună dinamică a creșterii s-a observat pentru probele tratate cu radiație laser a cărei lungime de undă este 628 nm. Cele mai evidente rezultate se pot observa la creșterea speciei *Triticum aestivum L.* Și lotul tratat cu laser verde a avut o creștere mai accelerată, în comparație cu lotul de control, dar rezultatele sunt mai evidente abia din ziua 7;
2. Combinarea expunerii radiației laser de 532 nm și 628 nm, timp de 2 min cu apă tratată prin diferite procedee fizice, pe care am utilizat-o la udarea plantelor în timpul dezvoltării lor, a contribuit semnificativ la sporirea germinației. Astfel, în comparație cu lotul de control, s-au obținut următoarele rezultate pentru rata de germinare:
 - Laser 532 nm + apă tratată termic:
 - Pentru *Triticum aestivum L.* – cu 15 % mai mult;

- Pentru *Avena sativa L.*- cu 50 % mai mult;
 - Pentru *Secale cereale L.* - cu 30 % mai mult;
 - Pentru *Allium cepa L.*- cu 20 % mai mult;
 - Laser 532 nm + apă ionizată:
 - Pentru *Triticum aestivum L.* – cu 15 % mai mult;
 - Pentru *Avena sativa L.*- cu 75 % mai mult;
 - Pentru *Secale cereale L.* - cu 20 % mai mult;
 - Pentru *Allium cepa L.*- cu 35 % mai mult;
 - Laser 532 nm + apă supusă acțiunii câmpului magnetic:
 - Pentru *Triticum aestivum L.* – cu 15 % mai mult;
 - Pentru *Avena sativa L.*- cu 75 % mai mult;
 - Pentru *Secale cereale L.* - cu 15 % mai mult;
 - Pentru *Allium cepa L.*- cu 15 % mai mult;
 - Laser 628 nm + apă tratată termic:
 - Pentru *Triticum aestivum L.* – cu 15 % mai mult;
 - Pentru *Avena sativa L.*- cu 75 % mai mult;
 - Pentru *Secale cereale L.* – cu 20 % mai mult;
 - Pentru *Allium cepa L.*- cu 20 % mai mult;
 - Laser 628 nm + apă ionizată:
 - Pentru *Triticum aestivum L.* – cu 30 % mai mult;
 - Pentru *Avena sativa L.*- cu 55 % mai mult;
 - Pentru *Secale cereale L.* - cu 0 % mai mult;
 - Pentru *Allium cepa L.*- cu 30 % mai mult;
 - Laser 628 nm + apă supusă acțiunii câmpului magnetic:
 - Pentru *Triticum aestivum L.* – cu 10 % mai mult;
 - Pentru *Avena sativa L.*- cu 75 % mai mult;
 - Pentru *Secale cereale L.* - cu 20 % mai mult;
 - Pentru *Allium cepa L.*- cu 10 % mai mult;
3. Tratamentul combinat de biostimulare prin imersie într-o soluție argilo-lignoceluloză și expunerea la radiație laser cu lungimea de undă de 532 nm, timp de 7 min a semințelor speciilor de *Triticum aestivum L.*, *Zea mays L.* și *Phaseolus vulgaris L.* a contribuit la reducerea timpului de germinare de la 120 de ore (martor) la 60 de ore. De asemenea, toți indicii de germinare au rezultate maxime pentru lotul respectiv. Efectul de stimulare al tratamentului combinat dintre radiația laser și materialul compozit a dus la valori mai mari pentru înălțimea plantulelor cu 71,8 % pentru grâu, 54,5 % pentru fasole și cu 47,61 % pentru porumb, comparativ cu probele martor, măsurate la 72 ore după plantarea semințelor germinate;
4. În cazul expunerii semințelor de *Phaseolus vulgaris L.* acțiunii frecvențelor acustice din domeniul (0,1-9) kHz s-a observat o energie germinativă mai mare față de eșantionul de control doar pentru frecvențele cuprinse între 3 – 6 kHz, atingând rata de germinare de 100 % față de 60 %. Aceeași tendință se respectă și în procesul de creștere. Undele sonore cu frecvențe mai mari de 8 kHz au împiedicat dezvoltarea armonioasă a culturilor atât în etapa de germinare, cât și la cea de creștere, unele din ele chiar murind;

5. Semințele tratate în câmp electric au avut o viteză de germinație mult mai mare decât martorul, germinația lor debutând cu o zi înainte de a lotului martor. Cele mai bune rezultate s-au înregistrat, în ceea ce privește reducerea perioadei de germinare, pentru loturile 0,5 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 5 kHz, 7 kHz și 8 kHz, menținute în apă tratată termic la 36 h. Rata maximală de germinare a fost atinsă de loturile supuse acțiunii câmpului electric cu frecvențe de 4, 8 și 11 kHz, menținute în apă tratată termic;
6. În cazul prelucrării semințelor cu apă ozonată crește energia de germinare și se intensifică creșterea plantelor. Rata finală de germinare a semințelor biostimulate cu apă ozonată, în comparație cu cea a eșantioanele de control este:
 - pentru semințele de *Phaseolus vulgaris* L.- cu 15% mai mare;
 - pentru semințele de *Triticum aestivum* L. – 7 % mai mare;
 - pentru semințele de *Zea mays* L. –cu 5 % mai mare.

Înălțimea maximală, măsurată la a 10-a zi după plantare, în comparație cu eșantionul martor, a atins valorile:

- pentru *Phaseolus vulgaris* L.- cu 16,19 % mai mare;
 - pentru *Triticum aestivum* L. – cu 26,08 % mai mare;
 - pentru *Zea mays* L. –cu 2,97 % mai mare.
7. Sublimarea în vid a semințelor de grâu și porumb au asigurat atingerea ratei maxime de germinare pentru ambele specii de plante. La a 5-a zi de la semănare s-a înregistrat o diferență de creștere cu 60 % mai mult față de lotul de control;
 8. Materialul compozit e factorul stimulator cu rezultate maxime înregistrate din primele etape de dezvoltare a plantulelor. Tratamentul cu material compozit a indus o stimulare evidentă a creșterii, ceea ce a dus la sporirea ratelor de creștere a plantulelor, comparativ cu probele de control, măsurate 10 zile după plantare:
 - cu 41,17% mai mult pentru grâu (*Triticum aestivum* L.);
 - cu 18,46% pentru porumb (*Zea mays* L.);
 - cu 29,5% pentru fasole (*Phaseolus vulgaris* L.)

Rata maximală a loturilor prelucrate cu material compozit constituie:

- pentru grâu (*Triticum aestivum* L.)- 95 %, depășind cu 10 % lotul de control;
 - pentru porumb (*Zea mays* L.) -90 %, cu 15 % mai mult față de lotul de control;
 - pentru fasole (*Phaseolus vulgaris* L.) – 92 %, cu 7 % mai mult față de lotul de control.
9. Studiul influenței fazelor lunii asupra procesului germinării și creșterii grâului (*Triticum aestivum* L.), porumbului (*Zea mays* L.) și fasolei (*Phaseolus vulgaris* L.) a arătat că semințele plantate în faza de lună plină au o perioadă de germinare mai mică decât în celelalte etape ale ciclului sinodic și o rată de germinare mai mare în medie cu 25 %. De asemenea, poziția lunii are influență și asupra creșterii plantelor, ceea ce duce la majorarea ratelor de creștere a răsadului, comparativ cu loturile semănate în etapa de lună nouă, măsurate la 7 zile după plantare:
 - cu 15,05 % pentru grâu;

- cu 26,12 % pentru fasole;
- cu 30,21 % pentru porumb.

10. Modelul matematic care descrie corelația dintre variația factorilor fizici și rata de germinare sau creștere a speciilor de plante studiate a confirmat discuțiile și concluziile desprinse din capitolul 4. Acestea au evidențiat faptul că factorii fizici pot contribui la intensificarea sau reducerea anumitor procese metabolice a plantelor.
11. Modelul matematic este confirmat de valorile coeficienților de corelație care au valorile :
- cuprinse între 97,7 – 98,5 % pentru modelul matematic corespunzător capacității de germinare a semințelor din specia *Zea mays L.*, *Phaseolus vulgaris L.* și *Triticum aestivum L.* tratate cu laser;
 - cuprinse între 98,3 – 99,5 % pentru modelul matematic corespunzător creșterii plantelor din specia *Zea mays L.*, *Triticum aestivum L.* și *Avena sativa L.* tratate cu laser de 532 nm și 635 nm;
 - de 82,3 % pentru modelul matematic corespunzător creșterii plantelor din specia *Phaseolus vulgaris L.* supuse acțiunii diapazonului de frecvențe acustice de 0÷9 kHz;
 - cuprinse între 92,2 – 99,5 % pentru modelul matematic corespunzător creșterii plantelor de grâu (*Triticum aestivum L.*) și porumb (*Zea mays L.*) tratate cu soluții ozonate;
 - cuprinse între 99,4 – 99,9 % pentru modelul matematic corespunzător germinării semințelor de grâu (*Triticum aestivum L.*), fasole (*Phaseolus vulgaris L.*) și porumb (*Zea mays L.*) supuse tratamentului cu material compozit cu lignoceluloză.

Aceste valori apropiate de “unu” confirmă rezultatele experimentale, excepție făcând modelul matematic corespunzător germinării semințelor speciei *Phaseolus vulgaris L.* supuse acțiunii diapazonului de frecvențe acustice de 0÷9 kHz cu coeficientul de corelație de doar 60,4 % și modelul matematic corespunzător variației ratei de germinare a semințelor de *Phaseolus vulgaris L.* sub acțiunea câmpului electric - 60,48 %. Pentru aceste loturi este nevoie de efectuat cercetări suplimentare.

D. Cu privire la caracterul original al lucrării

1. Tematica tezei de doctorat se înscrie în rândul preocupărilor la nivel internațional privind crearea de noi metode de tratare ecologică și nestresantă a culturilor agricole la toate stadiile de dezvoltare, urmărind reducerea perioadei de germinare și sporirea sistemului imunitar al plantelor;
2. Studiile efectuate sunt relevante pentru cercetarea agricolă deoarece asigură acumularea de noi cunoștințe și rezultate științifice valoroase în domeniu, sporind reducerea impactului antropic și dezvoltarea agroecosistemelor durabile;
3. Pentru realizarea studiului teoretic au fost propuse mai multe metode de biostimulare a semințelor. Au fost proiectate și realizate instalațiile pentru expunerea acțiunii câmpurilor fizice;

4. În urma acestor experimentări s-au elaborat tabele cu valori și s-au stabilit corelații sub formă de grafice. S-au analizat rezultatele și au fost prezentate în teză;
5. Au fost analizate multe modele matematice și au fost alese acele modele matematice care să poată exprima cât mai aproape de realitate dependența între factorii fizici și parametrii fiziologici ai plantelor;
6. Valorile obținute la măsurarea parametrilor fiziologici în funcție de modul de tratare a semințelor au fost utilizate pentru a identifica un model matematic cât mai „real” care să poată fi extins și la alte situații;
7. La verificarea modelelor matematice valorile erorilor relative s-au încadrat în intervale mici de valori, cu mici excepții, ceea ce confirmă și coeficienții de corelație mari, respectiv veridicitatea modelului matematic, care îl recomandă pentru rezolvarea și altor situații care pot apărea.

E. Concluzii cu privire la căile de dezvoltare ulterioară a cercetării

1. Ținând cont că atât teoretic cât și experimental s-a stabilit că factorii fizici pot servi în calitate de biostimulatori, este necesar să se continue cercetările experimentale, lărgind sortimentul de specii de plante și factori fizici;
2. Pentru clarificarea tuturor influențelor care există între metodele fizice de pretratare și dezvoltarea plantelor este necesar ca cercetările viitoare să aibă loc și în condiții de câmp și să fie investigat mecanismul de acțiune a factorilor fizici asupra nivelului biofizic, biochimic și genetic;
3. Conform studiului bibliografic, datorită faptului că unii factori fizici, în anumite condiții, pot cauza inhibarea creșterii plantelor, este util de studiat care metode fizice de tratament pot reduce viabilitatea microorganismelor patogene;
4. Studiile teoretice și rezultatele experimentale din cadrul acestei lucrări pot constitui un material util și totodată indispensabil în abordarea altor teme similare din domeniu pentru optimizarea proceselor de creștere a plantelor în condiții ecologice.

F. Valorificarea cercetărilor realizate

Cercetările efectuate în cadrul lucrării au fost publicate în articole și capitole pentru cursurile de licență, astfel:

Articole publicate în reviste cotate ISI:

1. **Moșneaga, A.**, Lozovanu, P., Nedeff, V., 2018, Investigation of biostimulation effects on germination and seedling growth of some crop plant species, *Cellulose Chemistry and Technology*, vol. 52, nr.7-8, p. 551-558, **IF=0,857**;
2. **Moșneaga, A.**, Nedeff, V., Sandu, I., Lozovanu, P., Mosnegutu, E., Lehadus, M.P., Sandu, I.G. Utilization of Ozone and Composite Materials in the Seed Treatment to Stimulate the Germination and Growth of Agricultural Crops, *Rev. Chim.*, 71(2), 2020, p. 365-370, **IF=1,755**.

Articole publicate în reviste indexate în baze de date internaționale:

1. **Moșneaga, A.**, Nedeff, V, Lozovanu P. Influence of acoustic frequency on bean germination and growth process." *Journal of Engineering Studies and Research*" 22.2, 2016, p. 33-38;

2. **Moşneaga, A.**, Physical methods of remediation of degraded traits of soil and increase of agricultural crops, *Studia Universitatis Moldaviae*, 2016, nr.2(92), p. 11-17.

Articole susținute și publicate în volumele unor conferințe:

1. **Moşneaga, A.**, Nedeff, V., Lozovanu, P., Influence of ozonated water on agricultural cultures growth. Materials of XI INTERNATIONAL CONFERENCE FOR MASTER AND POSTGRADUATE STUDENTS, 18-21 April 2017, Kharkov, Ukraine, ISBN 978-617-05-0239-1, pag. 31-32;
2. Lozovanu, P., Zichil, V., **Moşneaga, A.**, The ecological stimulation of the growth of the agricultural crops, The XIth International Conference „CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL DESIGN OPTIMIZATION IN THE MACHINES BUILDING FIELD – OPROTEH 2015”, Bacău, June 4-6, 2015;
3. Lozovanu, P., Zichil, V., **Moşneaga, A.**, Barsan, N., Variation of the Coefficient of Thermal Transfer to Composite Concrete Using Lower-Carbon Nano-Clusters. In *Central and Eastern European Conference*, 2017, p. 192, poster;
4. **Moşneaga, A.**, Lozovanu, P., Nedeff, V., Influence of electromagnetic fields on the water properties. Proceedings of Francophone Multidisciplinary Colloquium on Materials, Environment and Electronics, Bacău, Romania, 2017;
5. Lozovanu, P., **Moşneaga, A.**, Zichil, V., Tehnologia de prelucrare a funinginii cu conținut de clusteri de carbon de ordin inferior fullerenelor în arc voltaic. In *Integrare prin cercetare și inovare*, 2013, p. 118-119;
6. **Moşneaga, A.**, Lozovanu, P., Untila, C. Particularitățile influenței factorilor fizici asupra culturilor agricole. In *Integrare prin cercetare și inovare*, 2016 p. 234-238.

Referate:

1. **MOȘNEAGA ALISA** - Stadiul actual privind influența factorilor fizici de mediu asupra calității produselor agroalimentare, Referat 1, Universitatea „Vasile Alecsandri”, din Bacău.
2. **MOȘNEAGA ALISA** - Stabilirea bazei de cercetare cu privire la evaluarea influenței factorilor fizici de mediu asupra calității produselor agroalimentare, Referat 2, Universitatea „Vasile Alecsandri”, din Bacău.
3. **MOȘNEAGA ALISA** - Rezultate parțiale cu privire la influența factorilor fizici de mediu asupra calității produselor agroalimentare, Referat III, Universitatea „Vasile Alecsandri”, din Bacău

Burse de studii doctorale:

1. Bursă de excelență acordată de Federația Mondială a Savanților, în conformitate cu Regulamentul FMS „*Rules and Guidelines of National Scholarship Programme*”, 01.03.2018 – 01.03.2019.

Lucrări științifico-metodice elaborate:

1. Petru Lozovanu, **Alisa Moşneaga**, Metrologia biomedicală : Note de curs Univ. de Stat din Moldova, Fac. Fizică și Inginerie, Dep. Fizică Teoretică „Iu. Perlin”, Chişinău : CEP USM, 2019, 100 p.

RESURSE BIBLIOGRAFICE

- [1.] Aladjadjian A. Physical Factors for Plant Growth Stimulation Improve Food Quality, Food Production - Approaches, Challenges and Tasks, Publisher *InTech* 2012, p. 145-168.
- [2.] Altieri, M.A. Agroecology : The scientific basis of alternative agriculture. *Intermediare Technology Publications* : London, 1987, 227 p .
- [3.] Araújo SdeS, Paparella S, Dondi D, Bentivoglio A, Carbonera D, Balestrazzi A. Physical methods for seed invigoration: Advantages and challenges in seed technology. *Front Plant Sci.* 2016;12(7), p. 646. [DOI: 10.3389/fpls.2016.00646](https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00646).
- [4.] Ashrafijou M., Sadat Noori S.A., Izadi Darbandi A., and Saghafi S., 2010. Effect of salinity and radiation on proline accumulation in seeds of canola (*Brassica napus* L.). *Plant Soil Environ.*, 56, p. 312-317.
- [5.] BACON, F., *Sylva Sylvarum*. In: The Works of Francis Bacon, Vol.2. (*J. Spedding ed.*), Longmans; London 1887, 636 p.
- [6.] Bai, Y. Original mechanism of biological effects of electrostatic field on crop seeds. *Transection of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2003, Vol. 19 (2), p. 49–51.
- [7.] Barbuț, M., Moșneaga, A., & Lozovanu, P. Administration of laser radiation and ozonized solutions in treatment of parodontitis. *Proceedings of Francophone Multidisciplinary Colloquium on Materials, Environment and Electronics Plume* – 2013, 23 - 25 May, 2013, Bacau, Romania p. 174-175.
- [8.] Barbuț, Mihail, Viorica Chetruș, and Petru Lozovanu. Treatment of marginal parodontites with ozonated liquids activated with laser radiation. In: *Nanotechnologies and Biomedical Engineering*. Editia 2, 18-20 aprilie 2013, Chișinău. Technical University of Moldova, 2013, p. 552-554.
- [9.] Baskakov, I.V., Influence of the ozoning process on seed drying efficiency. *Procs Voronejskii GAU*, 2016, p. 173.
- [10.] Bădărău E., Grumăzescu M. - Bazele acusticii moderne, *Ed. Academiei R. P. R.*, București, 1961, 450 p.
- [11.] Beeson, C. The moon and plant growth. *Nature*, 158, 1946, p. 572–5733.
- [12.] Belyavskaya, N.A. Biological effects due to weak magnetic fields on plants. *Advances in Space Research*, 2004, Vol. 34, p. 1566-1574.
- [13.] Benavides M.A., Garnica S.J., Michtchenko A., Hernández Aguilar C., Ramírez R. H., Hernández D. J., and Robledo T.V. Stress response and growth in seedlings developed from seeds irradiated with low intensity laser (in Spanish). *Agrofaz*, 3, 2003, p. 269-272.
- [14.] Bilalis, D.J. Magnetic field pre-sowing treatment as an organic friendly technique to promote plant growth and chemical elements accumulation in early stages of cotton. *Australian Journal of Crop Sciences*, 2013, Vol. 7(1) p. 46-50.
- [15.] Bossi, V. Ozonetserapy today. *Proceedings of the 12-th World Congress of the Internationai Ozone Association*. Lille. France, 1995, p. 13 - 27.
- [16.] Bouch W, Jiping S, Biao L, Jie L, Chuanren D. Soundwave stimulation triggers the content change of the endogenous hormone of the *Chrysanthemum* mature callus. *Colloids and surfaces. B, Biointerfaces* 37 3-4,2004, p. 107-112 .
- [17.] Bouly, J.P.; Schleicher, E.; Dionisio-Sese, M.; Vandenbussche, F.; Van Der Straeten, D.; Bakrim, N.; Ahmad, M. Cryptochrome blue light photoreceptors are activated through interconversion of flavin redox states. *J. Biol. Chem.*, 282, 2007, p. 9383–9391.
- [18.] Brown, F. The rhythmic nature of animals and plants. *Cycles*, April, 1960, p. 81–92.
- [19.] Brown, F., Chow, C.S. Lunar-correlated variations in water uptake by bean seeds.

Biological Bulletin, 145, 1973, p. 265–278.

[20.] Cai, W., He, H., Zhu, S., & Wang, N. Biological effect of audible sound control on mung bean (*Vigna radiate*) sprout. *BioMed research international*, 2014. P. 1-7.

[21.] Cakmak, T., Dumlupinar, R., Erdal, S. Acceleration of germination and early growth of wheat and bean seedlings grown under various magnetic field and osmotic conditions. *Bioelectromagnetics* 31, 2010, p. 120–129.

[22.] Cramariuc, R. The biological effect of the electrical field treatment on the potato seed: agronomic evaluation. *Journal of Electrostatics*, 2005, Vol. 63, p. 837–846.

[23.] Danielsson H, G.P. Karlsson, P.E. Karlsson, H. Hakan Pleijel. Ozone uptake modelling and flux-response relationships-an assessment of ozone-induced yield loss in spring wheat. *Atmospheric Environment.*, 2003. Vol. 37 (4). p. 475 - 485.

[24.] Dannehl, Dennis "Effects of electricity on plant responses" *Scientia horticultrae* 234 (1), 2018, p. 382-392. doi: [10.1016/j.scienta.2018.02.007](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.007).

[25.] Dardeniz, A. Influence of low-frequency electromagnetic field on the vegetative growth of grape. *Journal of Central European Agriculture*, Vol. 7 (3), 2006, p. 389-396.

[26.] Das R, Bhattacharya R. Impact of electromagnetic field on seed germination. *Proc XXVIIIth URSI General Assembly*, New Delhi, India, October, 2005. [www.ursi.org/proceedings/procGA05/pdf/KP.14\(0983\).pdf](http://www.ursi.org/proceedings/procGA05/pdf/KP.14(0983).pdf).

[27.] Dinoev, S. Laser: a controlled assistant in agriculture. *Problems Eng. Cybernetics Robotics*, 56, 2006, p. 86-91.

[28.] Dinoev, S., Antonov, M., Stoyanov T. Spectral impact of low-power laser radiation on wheat and maize parameters. *Problems Eng. Cybernetics Robotics*, 54, 2004, p. 74-85.

[29.] Dorda, G. Sun, Earth, Moon - the Influence of Gravity on the Development of Organic Structures. Part II: The Influence of the Moon. *Sudetendeutsche Akademie der Wissenschaften und Künste*, München. Bd 25, 2004, p. 29-44.

[30.] Drozd D. and Szajsner H. Effect of application of pre-sowing laser stimulation on bare-grained oat genotypes (in Polish). *Acta Agrophysica*, 148, 2007, p. 583-589.

[31.] Drozd D. and Szajsner H. Influence of pre-sowing laser radiation on spring wheat characters. *Int. Agrophysics*, 13, 1999, p. 79-85.

[32.] Fatima Al-Ansari, Taik Ksiks. A Quantitative Assessment of Germination Parameters: the Case of *Crotalaria Persica* and *Tephrosia Apollinea*. *The Open Ecology Journal*, 2016, 9, p.13-21.

[33.] Filatova, I. The effect of plasma treatment on seeds of some grain and legumes on their sowing quality and productivity. *Romanian Journal of Physics*, 2011, Vol. 56, p. 139-143.

[34.] Fitiu A., „Ecologia și protecția mediului”, *Ed. AcademicPres*, Cluj-Napoca, 2003.

[35.] Gagliano M., Green symphonies: a call for studies on acoustic communication in plants, *Behavioral Ecology*, Vol. 24, no. 4, 2013, p. 789–796.

[36.] Galland, P. Magnetoreception in plants. *Journal of Plant Research*, Vol. 118, no 6, 2006, p. 371-389.

[37.] Gamalero, E. Mechanisms used by plant growth-promoting bacteria. *Bacteria in agrobiolgy: plant nutrient management* .Springer-Verlag, Heidelberg, 2011. p. 17-46.

[38.] Gandhare, W.Z. and Patwardhan, M.S. A New Approach of Electric Field Adoption for Germination Improvement. *Journal of Power and Energy Engineering*, 2, 2014, p. 13-18.

[39.] García- Reina, F., Pascual, L. A., Fundora, I. A. Influence of a stationary magnetic field on water relations in lettuce seeds. Part II: experimental results. *Bioelectromagnetics: Journal of the Bioelectromagnetics Society, The Society for Physical Regulation in Biology and Medicine, The European Bioelectromagnetics Association*, 22(8), 2001, p. 596-602.

[40.] García, A.S. Stimulation of germination and growth in soybean seeds by stationary magnetic field treatment. *Asian Journal of Agricultural Biology*. Vol. 1, no 2, 2015, p. 85-90.

- [41.] Gheorghiev Nicolae , Starodub Victor; Univ. Agrară de Stat din Moldova. – *Chişinău: "Print-Caro" SRL*, 2010, 168 p.
- [42.] Gładyszewska, B., Kornas-Czuczwar, B., Koper, R., & Lipski, S. Theoretical and practical aspects of pre-sowing laser biostimulation of the seeds. *Inżynieria Rolnicza*, 1998, p. 21-29.
- [43.] Goussous, S. J., Samarah, N. H., Alqudah, A. M., & Othman, M. O. Enhancing seed germination of four crop species using an ultrasonic technique. *Experimental Agriculture*, 46(2), 2010, p. 231-242.
- [44.] Grahl, T., & Märkl, H. Killing of microorganisms by pulsed electric fields. *Applied microbiology and biotechnology*, 45(1-2), 1996, p. 148-157.
- [45.] Gui, Z., Piras, A., Qiao, L., Gui, K., & Wang, B. Improving germination of seeds soaked GA3 by electrostatic field treatment. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 2(1), 2013, p. 133-136.
- [46.] Gunten, U. Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation. *Water research*, 37(7), 2013, p. 1443-1467.
- [47.] Gut, M. Impact of alternating electric field on potato tuber growth and cropping. *Inżynieria Rolnicza*, 8(96), 2007, p. 73-79.
- [48.] Hamouz, K., Lachman, J., Dvorak, P., & Pivec, V. The effect of ecological growing on the potatoes yield and quality. *Plant Soil and Environment*, 51(9), 2005, p. 397.
- [49.] Hasan, M., Hanafiah, M. M., Aeyad Taha, Z., AlHilfy, I. H., & Said, M. N. M. Laser irradiation effects at different wavelengths on phenology and yield components of pretreated maize seed. *Applied Sciences*, 10(3), 2020, p. 1189.
- [50.] Hassanien, R. H., Hou, T. Z., Li, Y. F., & Li, B. M. Advances in effects of sound waves on plants. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(2), 2014, p. 335-348.
- [51.] Hebling, S. A., & da Silva, W. R. (1995). Effects of low intensity ultrasound on the germination of corn seeds (*Zea mays* L.) under different water availabilities. *Scientia Agricola*, 52(3), 514-520.
- [52.] Hernandez A. C, P.A. Dominguez, O.A. Cruz, R. Ivanov, C.A. Carballo, B.R. Zepeda - Laser in agriculture. *International Agrophysics.*, 2010, 24, p. 407-422.
- [53.] Hernandez, A. C., Carballo, C. A., Artola, A., & Michtchenko, A. Laser irradiation effects on maize seed field performance. *Seed Science and Technology*, 34(1), 2006, p. 193-197.
- [54.] Hernandez, A. C., Michtchenko, A., & Dominguez, J. Biostimulation effects of low-intensity laser light on cucumbers seeds. 6th Congreso Nacional de Ingenieria Electromecanica y de Sistemas. *DF (Mexico)*, 2001, 48p.
- [55.] Hernandez-Aguilar, C.; Dominguez-Pacheco, A.; Cruz-Orea, A.; Ivanov, R.; Carballo-Carballo, A.; Zepeda-Bautista, R.; Galindo Soria, L. Laser irradiation effects on field performance of maize seed genotypes. *Int. Agrophys.* 2009, 23, 327–332.
- [56.] Hlaváčová, Z. Low frequency electric properties utilization in agriculture and food treatment. *Res. Agr. Eng*, 49(4), 2003, p. 125-136.
- [57.] Ion. V., 2010, *Fitotehnie*, Tipografia Departamentului de Învăţământ la Distanţă, USAMV Bucureşti, 142 p.
- [58.] Iosob, G. A., Nedeff, V., Sandu, I., Cristea, T. O., Prisecaru, M., & Sandu, I. G.. The Effect of Heavy Metals (Copper and Cadmium) on the Germination of Bell Pepper Seeds (*Capsicum annuum* L. var. Dariana Bac). *REV. CHIM.(Bucharest)*, 70(9), 2019, p. 3262-3266.
- [59.] Jamil, Y., Perveen, R., Ashraf, M., Ali, Q., Iqbal, M., & Ahmad, M. R. (2013). He–Ne laser-induced changes in germination, thermodynamic parameters, internal energy, enzyme activities and physiological attributes of wheat during germination and early growth. *Laser Physics Letters*, 10(4), 2013, p. 045606.

- [60.] Jedlička, J., Paulen, O., & Ailer, Š. Influence of magnetic field on germination, growth and production of tomato. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 8(1), 2014, p. 150-154.
- [61.] Jedlička, J., Paulen, O., & Ailer, Š. Research of effect of low frequency magnetic field on germination, growth and fruiting of field tomatoes. *Acta Horticulturae et Regioteecturae*, 18(1), 2015, p. 1-4.
- [62.] Jeong, M. J., Shim, C. K., Lee, J. O., Kwon, H. B., Kim, Y. H., Lee, S. K., ... & Park, S. C. Plant gene responses to frequency-specific sound signals. *Molecular breeding*, 21(2), 2008, p. 217-226.
- [63.] Jiafeng, J., Xin, H., Ling, L. I., Jiangang, L., Hanliang, S., Qilai, X., ... & Yuanhua, D. (2014). Effect of cold plasma treatment on seed germination and growth of wheat. *Plasma Science and Technology*, 16(1), 2014, p 54-58.
- [64.] Jiang, S., Rao, H., Chen, Z., Liang, M., & Li, L. (2012). Effects of sonic waves at different frequencies on propagation of *Chlorella pyrenoidosa*. *Agricultural Science & Technology*, 13(10), 2197.
- [65.] Kader, M. A. (2005). A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. *Journal and Proceeding of the Royal Society of New South Wales*, 138, 2005, p. 65-75.
- [66.] Kakani, V. G., Reddy, K. R., Zhao, D., & Sailaja, K. (2003). Field crop responses to ultraviolet-B radiation: a review. *Agricultural and forest meteorology*, 120(1-4), 2003, p. 191-218.
- [67.] Kanarev, P. M., & Normov, D. A. Energy balance of fusion processes of the ozone molecule. *J. Theor*, 6(1), 2004, p.5.
- [68.] Khodakovskaya, M. V., Kim, B. S., Kim, J. N., Alimohammadi, M., Dervishi, E., Mustafa, T., & Cernigla, C. E. (2013). Carbon nanotubes as plant growth regulators: effects on tomato growth, reproductive system, and soil microbial community. *Small*, 9(1), 115-123.
- [69.] Khurana, P.S.M. Hot water treatment of tubers for elimination of potato phyllody pathogen. *Indian Phytopathology*, Vol. 32, 1979, p. 646-648.
- [70.] Kleinman, L. I. (2000). Ozone process insights from field experiments—part II: Observation-based analysis for ozone production. *Atmospheric Environment*, 34(12-14), 2023-2033.
- [71.] Kolisko, L. et al. The moon and the growth of plants, Stroud, Gloucester, 1936, 84 p.
- [72.] Kollerstrom, N. Plant response to the synodic lunar cycle: A review. *Cycles, Bulletin of the Foundation for the Study of Cycles*, 31(3), 1980, p. 61-63.
- [73.] Kollerstrom, N. Testing the lunar calendar. *Biodynamics, Winter*, 1993, p. 44-48.
- [74.] Kollerstrom, N., & Staudenmaier, G. (1998). Mond-Trigon-Wirkung: eine statistische Auswertung. *Lebendige Erde*, 11, 1998, p. 478-483.
- [75.] Kollerstrom, N., & Staudenmaier, G. Mond in Tierkreis: anders rechnen—andere Ergebnisse. *Lebendige Erde*, 2001, p. 48-49.
- [76.] Konopliv, A. S., Binder, A. B., Hood, L. L., Kucinskis, A. B., Sjogren, W. L., & Williams, J. G. Improved gravity field of the Moon from Lunar Prospector. *Science*, 281(5382), 1998, p. 1476-1480.
- [77.] Koper, R. Pre-sowing laser biostimulation of seeds of cultivated plants and its results in agrotechnics. *Int. Agrophysics*, 8, 1994, p. 593-596.
- [78.] Kouchebagh, S. B., Farahvash, F., Mirshekari, B., Arbat, H. K., & Khoei, F. R. Seed priming techniques may improve grain and oil yields of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 24(6), 2014, p. 1863-1868.
- [79.] Lai, H., Carino, M. A., Horita, A., & Guy, A. W. Low-level microwave irradiation and central cholinergic systems. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 33(1), 1989, p. 131-138.
- [80.] Leadley, C. E., & Williams, A. Pulsed electric field processing, power ultrasound and other emerging technologies. *Food processing handbook*, 2006, p. 201-235.

- [81.] Lebovka, N. I., Shynkaryk, N. V., & Vorobiev, E. Pulsed electric field enhanced drying of potato tissue. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 2007, p. 606-613.
- [82.] Levskaya, A., Weiner, O. D., Lim, W. A., & Voigt, C. A. Spatiotemporal control of cell signalling using a light-switchable protein interaction. *Nature*, 461(7266), 2009, p. 997-1001.
- [83.] Li, J., Guo, X., Zhang, Y., Ge, G., Wang, Y., Hou, Y., & Peng, J. Influence of He-Ne laser pretreatment on physiological characteristics in wheat seedlings under cadmium stress. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 33(12), 2013 p. 2474-2478.
- [84.] Lozovanu P., Moşneaga A et. al. A study phisical factors action in stimulation of agriculturar plants development and its economical efficieincy. Proceedings of Francophone Multidisciplinary Colloquium on Materials, Environment and Electronics Plumeé – 2013, 23 - 25 May, 2013, Bacau, Romania, pag. 144-147.
- [85.] Lozovanu, P. Fullerenele—o nouă formă alotropică a carbonului." *Fizica și Tehnologiile Moderne* 7.3-4, 2004, p. 43-54.
- [86.] Lozovanu, P. Tehnologia de preparare a fullereneleor C60. *Fizica și Tehnologiile Moderne*, 9(1-2), 2005, p. 25-34.
- [87.] Lozovanu, P., Moşneaga, A. Influența factorilor fizici asupra creșterii culturilor de grâu și porumb. *Studia Universitatis Moldaviae-Științe Exacte și Economice* 2 (82), 2015, p. 89-89.
- [88.] Lozovanu, P., Moşneaga, A., Zichil, V. Tehnologia de prelucrare a funinginii cu conținut de clusteri de carbon de ordin inferior fullereneleor în arc voltaic. In: *Integrare prin cercetare și inovare*. 2013. p. 118-119.
- [89.] Lubart, R., Malik, Z., Rochkind, S., & Fisher, T. A possible mechanism of low level laser-living cell interaction. *Laser Therapy*, 2(2), 1990, p. 65-68.
- [90.] Maamoun, M. K. M., El-Mahrouk, M. E., Dewir, Y. H., & Omran, S. A. Effect of radiation and chemical mutagens on seeds germination of black cumin (*Nigella sativa* L). *Journal of Agricultural Technology*, 10(5), 2014, p. 1183-1199.
- [91.] Makarska, E., Michalak, M., & Wesołowska-Trojanowska, M. (2004). Influence of laser irradiation on the seed quality and antioxidant contents on chosen varieties of winter wheat. *Acta Agrophysica*, 4(2), 2004, p. 407-417.
- [92.] Mason, J.. *Sustainable agriculture*. Landlinks Press, 2003, 205 p.
- [93.] Mathews, M. A., Pai, B. J., & Benedicenti, S. Effect of photobiomodulation on osseointegration and bone—A review. *Journal of Laser Applications*, 27(1), 2015, p. 012003.
- [94.] Maw, M. G. Periodicities in the influences of air ions on the growth of garden cress, *LEPIDIUM SATIVUM* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 47(5), 1967, p. 499-505.
- [95.] McCrady, J. K., & Andersen, C. P. The effect of ozone on below-ground carbon allocation in wheat. *Environmental Pollution*, 107(3), 2000, p. 465-472.
- [96.] Moghadam, P. A., & Alaei, Y. Evaluation of important germination traits of soybean genotypes through factor analysis in osmotic drought stress conditions. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci*, 3(5), 2014, p. 05-08.
- [97.] Mortensen, L., & Jørgensen, H. E. Responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L..) to ozone produced by either electric discharge and dry air or by UV-lamps and ambient air. *Environmental Pollution*, 93(2), 1996, p. 121-127.
- [98.] Moşneaga, A., Lozovanu P., Nedeff V. Influence of electromagnetic fields on the water properties. *Proceedings of Francophone Multidisciplinary Colloquium on Materials, Environment and Electronics*, 7 (1), 2017, p. 72-73
- [99.] Moşneaga, A., Nedeff, V., & Lozovanu, P. Influence of acoustic frequency on bean germination and growth process. *Journal of Engineering Studies and Research*, 22(2), 2016, p. 33-38.

- [100.] Moşneaga, A., Nedeff, V., Sandu, I., Lozovanu, P., Mosnegutu, E., Lehadus, M., Sandu, I. Utilization of ozone and composite materials in the seed treatment to stimulate the germination and growth of agricultural crops. *Revista de Chimie*, 71(2), 2020, p. 365-370.
- [101.] Moşneaga, A. Metode fizice de remediere a însuşirilor degradate ale solului şi sporirea creşterii culturilor agricole. *Studia Universitatis Moldaviae*, nr.2 (92), 2016, p. 11-17.
- [102.] Moşneaga, A., Lozovanu, P., Nedeff, V. Investigation of biostimulation effects on germination and seedling growth of some crop plant species. *Cellulose Chemistry and Technology*, 52(7-8), 2018, p. 551-558.
- [103.] Paleg, L. G., & Aspinall, D. Field control of plant growth and development through the laser activation of phytochrome. *Nature*, 228 (5275), 1970, p. 970-973.
- [104.] Patil, M. B. Effect of Electroculture on seed germination and growth of *Raphanus sativus* (L). *African Journal of Plant Science*, 12(12), 2018, p. 350-353.
- [105.] Pietruszewski, S., & Kania, K. Effect of magnetic field on germination and yield of wheat. *Int. Agrophys*, 24(3), 2010, p. 297-302.
- [106.] Podlesny, J. Effect of laser irradiation on the biochemical changes in seeds and the accumulation of dry matter in the faba bean. *International Agrophysics*, 16(3), 2002, p.209-213.
- [107.] Polesskaya, O. G. (2007). Plant cell and reactive oxygen species, (in Russian), Ernakova KDU, Moscow, Russia 2007, p. 140.
- [108.] Polevoi, V. V. (1989). Fiziologiya rastenii. (*Plant Physiology*), Vysshaya Shkola. Publishing House, Moscow, 1989, 464 p.
- [109.] Qi Z., Yue M., and Wang X.L. Laser pretreatment protects cells of broad bean from UV-B radiation damage. *J. Photo-chem. Photobiol.*, B, 59, 2009, p. 33-37.
- [110.] Ranal, M. A., & Santana, D. G. D. How and why to measure the germination process?. *Brazilian Journal of Botany*, 29(1), 2006, p. 1-11.
- [111.] Ranal, M. A., Santana, D. G. D., Ferreira, W. R., & Mendes-Rodrigues, C. Calculating germination measurements and organizing spreadsheets. *Brazilian Journal of Botany*, 32(4), 2009, p. 849-855.
- [112.] Reda - Hassanien, R. H., Hou, T. Z., Li, Y. F., Li, B. M. Advances in effects of sound waves on plants. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(2), 2014, p. 335-348.
- [113.] Rózanowski, B., Możdżeń K., Wójcik, R., Nosalski, P., Zandi, Y., Wang. Influence of He-Nelaser irradiation and cadmium and lead on changes in cellcycles at *Zea mays* L. *Agronomy Science*, 75(1), 2020, p. 75-83.
- [114.] Rybiński W. and Garczyński S., 2004. Influence of laser light on leaf area and parameters of photosynthetic activity in DH lines of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Int. Agrophysics*, 18, 2004, p. 261-267
- [115.] Sarkar, A., & Agrawal, S. B. Elevated ozone and two modern wheat cultivars: an assessment of dose dependent sensitivity with respect to growth, reproductive and yield parameters. *Environmental and Experimental Botany*, 69(3), 2010, p. 328-337.
- [116.] Sarkar, A., Rakwal, R., Bhushan Agrawal, S., Shibato, J., Ogawa, Y., Yoshida, Y., ... & Agrawal, M. Investigating the impact of elevated levels of ozone on tropical wheat using integrated phenotypical, physiological, biochemical, and proteomics approaches. *Journal of proteome research*, 9(9), 2010, p. 4565-4584.
- [117.] Shaban, N., & Kartalov, P. Effect of laser irradiation of seeds on some physiological processes in cucumbers. *Rast. Nauk*, 25, 1988, p. 64-71.
- [118.] Shah, K., Kumar, R. G., Verma, S., & Dubey, R. S. Effect of cadmium on lipid peroxidation, superoxide anion generation and activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. *Plant Science*, 161(6), 2001, p. 1135-1144.

- [119.] Shevchenko, A. A. Study of the efficiency of electrode materials in electrolysis systems with a separate gas generation cycle. *Journal of Mechanical Engineering*, 18(1), 2015, p. 72-76.
- [120.] Sigacheva, M.A., Pinchuk, L.G., & Gridina, S. B. Pre-seeding ozoning of seeds as a factor of influence on the quality of spring wheat grain (in russian). *Bulletin of Altai State Agrarian University*, 3, 2013, p. 21-24.
- [121.] Sloan, J.J., Engelke M.C. Effect of ozonated water on creeping bentgrass growth in a sand medium. *HortTechnology*, 15 (1), 2005, p.148-152.
- [122.] Steiner, R.. Agriculture. A series of lectures given in 1924. Gardner, M. (Ed.). Translated by Creager, C.E., Gardner, M. *Bio-Dynamic Farming and Gardening Association Inc., Kimberton, PA.*, 1993, 305 p.
- [123.] Tiedemann, A. V., & Firsching, K. H. (2000). Interactive effects of elevated ozone and carbon dioxide on growth and yield of leaf rust-infected versus non-infected wheat. *Environmental Pollution*, 108(3), 2000, p, 357-363.
- [124.] Vasilevski, G. Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 29(3), 2003, p. 179-186.
- [125.] Vasilevski, G., & Bosev, D. Results of the effect of the laser light on some vegetables. In *I Balkan Symposium On Vegetables and Potatoes*, 462, July, 1996, p. 473-476.
- [126.] Vasilevski, G.; Bosev, D. Laser light as a biostimulator into the potato production. In: *I Balkan Symposium On Vegetables and Potatoes*, 462, 1996. p. 325-328.
- [127.] Vorobiev, E.; Lebovka, N.. Historical Background of Processing of Foods and Biomass Feedstock's by Electricity and Pulsed Electric Energy. In: *Processing of Foods and Biomass Feedstocks by Pulsed Electric Energy*. Springer, Cham, 2020. p. 3-25.
- [128.] Wilde, W. H. A., Parr, W. H., & McPeak, D. W. Seeds bask in laser light. *Laser Focus*, 5(23), 1969, p. 41-42.
- [129.] Wei, T., Zhang, P., Wang, K., Ding, R., Yang, B., Nie, J., ... & Han, Q. Effects of wheat straw incorporation on the availability of soil nutrients and enzyme activities in semiarid areas. *PLoS One*, 10(4), 2015, e0120994.
- [130.] Yakushkina, N.I., Bakhtenko, E. Yu. (2005). Plant Physiology (in Russian), VLADOS Publishing House, Moscow, 2005, p.463
- [131.] Yi, J., Bochu, W., Xiujuan, W., Chuanren, D., & Xiaocheng, Y. Effect of sound stimulation on roots growth and plasmalemma H⁺-ATPase activity of chrysanthemum (*Gerbera jamesonii*). *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 27(1), 2003, p. 65-69.
- [132.] ZÜRCHER, E. Les Plantes et la Lune—traditions et phénomènes. *Aux Origines des Plantes—Des plantes anciennes ala botanique du XXIesiècle*. Arthème Fayard, Paris, 2008, p. 388-411.
- [133.] Zürcher, Ernst. Plants and the Moon: Traditions and Phenomena." *HerbalEGram* 8, 2011, p. 1-14.
- [134.] Авдеева, В. Н., Молчанов, А. Г., & Безгина, Ю. А. Экологический метод обработки семян пшеницы с целью повышения их посевных качеств. *Современные проблемы науки и образования*, (2), 2012, с. 390.
- [135.] Авдеева, В. Н., Стародубцева, Г. П., Любая, С. И. Предпосевная обработка семян пшеницы озоном. *Аграрная наука*, (5), 2008, с.19-20.
- [136.] Авдеева, В. Н., Трухачев, В. И., Стародубцева, Г. П., & Безгина, Ю. А. Снижение токсичности зерна и кормов, пораженных микотоксинами. *Аграрная наука*, (5), 2007, p. 13-15.
- [137.] Авдеева, В.Н. К вопросу обеззараживания зерна озимой пшеницы озоном с целью уничтожения патогенной микрофлоры. *Новые технологии в сельском хозяйстве и*

пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона: материалы междунар. науч.практ. конф. Ставрополь, 2006, С. 94 - 97.

[138.] Авдеева, В.Н. Применение экологических методов подавления патогенной микрофлоры зерна озимой пшеницы при хранении: автореф. дис. ... канд. с.-х. Наук, Ставрополь, 2009, 24 с.

[139.] Аносов, В. М., & Трухан, Э. Н. Вариации векторного потенциала вызывают биологические эффекты. *Космос и биосфера*, 2005, с. 201.

[140.] Баранчиков М.Л. Микрофотоэлектроника. Основные понятия, проблемы и перспективы. Пособие для руководителей и молодых специалистов, *Радио и связь*, Москва, 1978, 315 с.

[141.] Барышев, М. Г., Васильев, С., Джимаков, С. О перспективах создания технологий основанных на воздействии НЧЭМП на биологические объекты и воду. *Медицина и высокие технологии*, (1), 2009, с. 32-36.

[142.] Баскаков, И. В.; Тарасенко, А. П.; Чишко, Р. Л. Преимущества использования процесса озонирования в растениеводстве. In: *Наука И Образование В Современных Условиях*. 2016. с. 198-204.

[143.] Белицкая, М. Н., & Азаров, Е. В. Предпосевная электрообработка семян: опыт Нижнего Поволжья. *Энергетика та автоматика*, (3), 2013, с. 48-54.

[144.] Бельский, А. И. Влияние электромагнитного поля на рост и развитие растений. *Электронная обработка материалов*, (6), 1977, с. 69-71.

[145.] Бинги, В. Н., & Савин, А. В. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы. *Успехи физических наук*, 173(3), 2003, с. 265-300.

[146.] Богатина, Н. И., Веркин, Б. И., & Кордюм, В. А. Влияние постоянных магнитных полей различной направленности на скорость роста проростков пшеницы. *Доклады АН УССР. Серия: Биологическая*, (4), 1978, с. 353-356.

[147.] Богуславская, Н. В., & Филиппов, А. В. Распространение возбудителя фитофтороза картофеля в почве. *Микология и фитопатология*, 10(4), 1979, с. 316-317.

[148.] Бородин, И.Ф., Использование СВЧ-энергии в с.-х. Производстве. Механизация и электрификация сельского хозяйства, (9) 1987, с. 28 – 37.

[149.] Брижанский, Л. В. Лазерная активация семян зеленого гороха, фасоли и кормовой свеклы. *Актуаль-ные проблемы энергетики АПК: материалы*, 2011, 88-90.

[150.] Брижанский, Л. В. Обоснование параметров стратификации дражированных семян сахарной свеклы низкоинтенсивным лазерным излучением, *докторская диссертация* . с.-х. наук, . с.-х., Мичуринск, 2015, 260 с.

[151.] Брижанский, Л. В. Экспериментальные предпосылки энергосбережения при выращивании сахарной свеклы с предпосевной оптической обработкой ее семян. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*, 2, 2015, с. 194-197.

[152.] Брижанский, Л. В., & Брижанская, Ю. А. Предпосевная оптическая активация семян сахарной свеклы. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*, (1), 2015, с. 25-35.

[153.] Брижанский, Л. В., Гордеев, А. С. Технологические приемы обработки дражированных семян сахарной свеклы лазерным излучением. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*, 2 (2), 2011, с. 10-14.

[154.] Брижанский, Л. В., Гордеев, А. С., Брижанская, Ю. А. Анализ воздействия лазерного излучения на семена и растения сахарной свеклы. In: *Материалы II Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики*

- АПК». Саратовский государственный аграрный университет имени НИ Вавилова, 2011. с. 85-88.*
- [155.] Брижанский, Л. В., Гордеев, А. С., Брижанская, Ю. А. Влияние электромагнитного поля на всхожесть и энергию прорастания семян сахарной свёклы. *Орловский аграрный университет, 2009, с. 25-31.*
- [156.] Брижанский, Л.В. Обработка семян сахарной свеклы низкоинтенсивным лазерным излучением на вибрационной установке. *Материалы 67-й научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов (раздел II). Мичуринский государственный аграрный университет (4,)* 2015, с. 147-151.
- [157.] Брижанский, Л.В. Раскрыть потенциал. *Агробизнес, 6 (34), 2015, с. 50-52.*
- [158.] Будаговский, А. В. Управление функциональной активностью растений когерентным светом. 2008. PhD Thesis. *Московский государственный агроинженерный университет им. ВП Горячкина, Москва, 2008, 43 с.*
- [159.] Букалов, А. В. Об электродинамическом описании классической теории гравитации и общей теории относительности. *Физика сознания и жизни, космология и астрофизика, 5(1), 2005, с. 43-50.*
- [160.] Букалов, А. В. Биосфера, космологические параметры и физика элементарных частиц. *Физика сознания и жизни, космология и астрофизика, (4), 2004, с. 5-12.*
- [161.] Букалов, А. В. Иерархия энергий и структур из элементарных частиц в живых организмах. *Физика сознания и жизни, космология и астрофизика, 4(3), 2004, с. 5-9.*
- [162.] Букалов, А. В. Количество информации в живых организмах и энергия вакуума. *Физика сознания и жизни, космология и астрофизика, 2(2), 2002, с. 5-9.*
- [163.] Букалов, А. В. О связи параметров биосферы и Вселенной. *Физика сознания и жизни, космология и астрофизика, 5(2), 2005, с. 3-7.*
- [164.] Букалов, А. В. О соотношениях параметров биосферы Земли и Космоса. In: *Космос и биосфера (VI Междунар. конф.). 2005. с. 164-165.*
- [165.] Букалов, А. В., Карпенко, О. Б. Продолжительность жизни человека и феномен гелиофизического импринтинга. In: *Космос и биосфера (V Междунар. конф.), 2003. с. 79.*
- [166.] Букатый, В. И., & Карманчиков, В. П. Лазеры на службе урожая в Алтайском крае. *Вестник алтайской науки, (1), 2000, с. 81-89.*
- [167.] Букатый, В. И., Вечернина, Н. А., & Карманчиков, В. П. Лазерная фотоактивация семян сельскохозяйственных культур Алтая. *Известия Алтайского государственного университета, (1), 2001, с. 98-99.*
- [168.] Букатый, В. И., Карманчиков, В. П. Воздействие лазерного излучения на семена сельскохозяйственных культур: монография. *Лазер и урожай.–Барнаул: Изд-во АГУ, 1999, 58 с.*
- [169.] Важенин, Е. И., Касьянов, Г. И., Грачев, А. В. Перспективы использования в пищевой индустрии технологий с применением электромагнитных полей крайне низкой частоты. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, (85), 2013, с. 140-153.*
- [170.] Васильчук, Н. С., Эпштейн, В. А. Влияние предпосевной обработки семян системными протравителями и озоном на начальные ростовые процессы и продуктивность озимой пшеницы. *Агро XXI, (4-6), 2007, с. 49-50.*
- [171.] Вейко, В. П., Либенсон, М. Н., Червяков, Г. Г., Яковлев, Е. Б. *Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика).* Общество с ограниченной ответственностью Издательская фирма Физико-математическая литература, 2008, 312 с.
- [172.] Вербицкая, С.В. Предпосевная обработка семян фасоли озоном и магнитным полем: автореф. канд. ... техн. наук, Краснодар, 2001. – 18 с.

- [173.] Говорун, Р. Д., Данилов, В. И., Фомичева, В. М., Белявская, Н. А., Зинченко, С. Ю. Влияние флуктуаций геомагнитного поля и его экранирования на ранние фазы развития высших растений. *Биофизика*, 37(4), 1992, с. 738-744.
- [174.] Голубкович, А. В., Чижиков, А. Г., Выговский, Ю. Н., Выговская, Н. Ю. (Интенсификация процессов временного хранения и сушки зерна озонированием сушильного агента. *Электронный ресурс*]. -URL: http://www.kge.msu.ru/ozone/archives/1rus_conf_pr/Presentations/Golubkovich.Pdf (дата обращения: 05.12. 2018), 2005.
- [175.] Гольдман, Р. Эффективный способ обработки семян электромагнитными полями. In *В: Материалы научной конференции факультетов механизации и электрификации „Энергосберегающие технологии и процессы в АПК”*. КубГАУ, Краснодар, 2000.
- [176.] Гоман В.В., Тарасов Ф.Е. Проектирование и расчет систем искусственного ИК освещения : учебное пособие, Уральский энерг. ин-т. – Екатеринбург: УрФУ, 2013, 76 с.
- [177.] Гончаров, А. А.; Сюсюра, Е. В. Физиологические аспекты действия электромагнитного поля на семена сорговых культур. In: *Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе*, 2003, с. 601-604.
- [178.] Горский, И. В. *Обработка семян пшеницы озонированным воздухом*. PhD Thesis, Моск. гос. агроинженер. ун-т им. ВП Горячкина, 2004. – 19 с.
- [179.] Горский, И. В. Озон в народном хозяйстве. *Сельский механизатор*, (3), 2002, с. 10.
- [180.] Гриднев, Н. И., Бекузарова, С. А., Сабанова, А. А. Наноэлектротехнология с использованием ЭМП СВЧ-биостимуляции семян. *Аграрная наука–Северо-Кавказскому федеральному округу: сб. науч. тр.–Ставрополь: АГРУС*, 2011, с. 222-224.
- [181.] Громозова, Е. Т. Вельховер СТ—один из основоположников космической биологии. In *Космос и биосфера (VI Междунар. конф.)*, 2005, с. 74.
- [182.] Данилов, Д. В. Влияние физических факторов и озонобвоздушного потока на посевные качества семян и урожайность корнеплодов сазарной свеклы. *Автореф. на соиск. уч. степ. канд. с/х. наук*, Ставрополь, 2010, 23 с.
- [183.] Делоне Н.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Курс лекций: Учеб. руководство, *Издательство Наука*, Москва, 1989, 280 с
- [184.] 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.
- [185.] Детлаф, А. А.; Яворский, Б. М. Курс физики: учебное пособие для втузов. Москва.: *Высш. шк*, 2002, 718 с.
- [186.] Додонов, С.Н. Технологический процесс обработки зерна озоном для производства солода: *автореф. Дис. ... канд. техн. наук*, Саранск, 2004, 20 с.
- [187.] Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований, 5-е изд., доп. *Перераб. - М.: АГРОПромиздат*, 1985, 231 с.
- [188.] Душева, М.В. Изучение предпосевной обработки семян яровой пшеницы сорта Терция магнитным полем и тепловым обогревом: *дисс. ... канд. с/х наук: 06.01.09*, Курган, 2005, 17 с.
- [189.] Ермакова, В.А. Озонирование зерна. Хранение и переработка зерна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://hipzmag.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=351:351&Item id=15
- [190.] Журина Л.Л., Лосев А.П. Агрометеорология. Москва, 2004, 302 с.

- [191.] Казначеев В. П., Трофимов А. В. Очерки о природе живого вещества и интеллекта на планете Земля, *Н.*, «Наука», 2004, 312 с.
- [192.] Казымов, П.П. Движение листьев фасоли в условиях очень слабых электромагнитных полей. *Физиология растений* 20(5), 1973, с. 915–919.
- [193.] Каменская, К.И. Функциональная роль градиентов потенциалов в растениях / К.И. Каменская, Ю.Х. Шогенов, Н.Н. Третьяков. *Сб. трудов ТСХА*. М., 1988, с. 3-14.
- [194.] Качеишвили, С.В. Обоснование параметров обработки семян зерновых культур в электростатическом поле: *автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.02*. Азово-Черкасская государственная агроинженерная академия, Зерноград, 2000, 22 с.
- [195.] Китлаев Г.Б. Стимуляция слабым электрическим током регенерации растений в культуре тканей кукурузы. *Биотехнология*, 5, 2001, с. 58- 63.
- [196.] Клименко, Т.В. Использование физических факторов для обеззараживания зерна, заспоренного головней. *Сб. науч. тр. «Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе»*. Ставропольский ГАУ, 2005, с. 455-457.
- [197.] Ковалева, О.А. Влияние искусственного ультрафиолетового облучения на продуктивность и фотосинтетическую активность картофеля. *В сб.: Стратегия и тактика экономически целесообразной адаптивной интенсификации земледелия. Т.2: Селекция и защита растений*. Минск, 2004. с. 129-132.
- [198.] Ковш И., Будаговский А. Лазерные технологии в сельском хозяйстве, М.: *Техносфера*, 2008, 272 с.
- [199.] Конторина, И.С. Предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур экологически чистым способом (импульсным электрическим полем. *Современные наукоемкие технологии*, 8, 2013, с. 203-205.
- [200.] Кортаев В.В., Мельников Г.С., Михеев С.В. Основы тепловидения. Санкт Петербург, 2012, 122с.
- [201.] Коскараева, Ш.С. Влияние обработки электромагнитным полем сверхвысокой частоты на посевные и урожайные качества семян овощных культур: *автореф. дисс. ... канд. с/х наук: 06.01*. М., 1996, 24 с.
- [202.] Кривошеин, Д.А., Муравей Л.А., Роева Н.Н. и др. Экология и безопасность жизнедеятельности: *Учебное пособие для вузов. Под ред. Л.А. Муравья*. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002, 447 с.
- [203.] Крылов, А.В., Тараканова, Г.А. Явление магнитотропизма у растений и его природа. *Физиология растений*. 7(2), 1960, с. 191.
- [204.] Ксенз, Н.В. Электроозонирование воздушной среды. Зерноград, 1991, 171 с.
- [205.] Кудряков А.Г. Стимуляция корнеобразования черенков винограда электрическим током: *автореф. дисс. ... канд. техн. наук 05.20.02*. Кубанский государственный аграрный университет. Краснодар, 1999, 22 с.
- [206.] Куликова, Н.Н. Экологические аспекты действия низкочастотного электромагнитного поля на биологические объекты растительного происхождения. *Автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.16*. Кубанский государственный университет, Москва, 2006, 20 с.
- [207.] Курочкина, О.А. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы ультрафиолетовыми лучами. *Автореф. дисс. ... канд. с/х. наук: 06.01.09*. Курганская гос. сельскохозяйств. Академия, Курган, 2009, 18 с.
- [208.] Лебедев, С.И. Рост ячменя в сверхслабом магнитном поле. *Электронная обработка материалов*, 3, 1977, с. 73–77.
- [209.] Либенсон, М. Н., Е. Б. Яковлев, and Г. Д. Шандыбина. "Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика)." *СПбГУ ИТМО* 2008, 141 с.

- [210.] Лившиц, М.Н., Лубан И.С. Искусственная ионизация воздуха в народном хозяйстве. *Материалы семинара. Тула: ЦБТТИ, 1963, 59 с.*
- [211.] Марков, Г. Влияние ультразвуковой обработки на продуктивные качества перца и огурца. *Растениеведни науки, 24, 1987, с. 4.*
- [212.] Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. Санкт-Петербург, *Гидрометеоиздат, 2000, 751 с.*
- [213.] Медведев, С. С. Электрофизиология растений: учебное пособие. СПб. : Изд-во С. Петербургского университета, 2012, 122 с.
- [214.] Миркин Л.И. Физические основы обработки материалов лучами лазеров. М.: Изд-во МГУ, 1975, 304 с.
- [215.] Михайлова Л. П., Игнатович Н. В., Гапонова Е. С., Шкурят Г. А. Редкие неординарные космофизические процессы и их влияние на клеточную культуру человека (Методы биоиндикации). *Вестник МНИИКА, 5, 1998, с. 50–52.*
- [216.] Мрачковская, А.Н. Влияние слабого тока на посевные качества семян и урожайность яровой пшеницы: автореф. дисс. ... канд. с/х наук: 06.01.09.; Курганская государственная сельскохозяйственная академия. Курган, 2009, 21 с.
- [217.] Мустафаев, Т.Г. Слабый электрический ток как фактор стимуляции роста и устойчивости сельскохозяйственных растений: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.02. Институт физиологии растений, Кишинев, 1991. – 21 с.
- [218.] Назин, А.В. Получение кислородсодержащих продуктов озонированием нефтяного сырья: автореф. Дис. ... канд. хим. Наук. М., 2003, 17 с.
- [219.] Нарманский В. Я. Оперативный прогноз геоэффективных явлений солнечной активности. *Космос и биосфера (VI Междунар. конф.), 2005, с. 31–32.*
- [220.] Наумов, Г. Ф. Биологическая стимуляция семян подсолнечника как приём улучшения их посевных качеств и урожайности. *Селекция и семеноводство, 56, 1984. с. 89–93.*
- [221.] Николаева Е. В. Физические основы получения информации. Измерительные преобразователи. Принципы измерения физических величин. *Учебное пособие, Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007, 96 с.*
- [222.] Ниязов, А.М. Предпосевная обработка семян ячменя в электростатическом поле: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20, Ижевск, 2001, 18 с.
- [223.] Новичкова, Е.А. Рост и развитие сельскохозяйственных культур в зоне влияния линий электропередачи на примере Богатовского района Самарской области: автореф. дисс. канд. биол. наук: 03.02.08. Самарский гос. университет. Тольятти, 2011, 20 с.
- [224.] Нормов, Д.А. Электроозонные технологии в семеноводстве и пчеловодстве: автореф. Дис. ... д-ра техн. Наук. Краснодар, 2009. – 36 с. 105.
- [225.] Нормов, Д.А. Обеззараживание зерна озонированием. *Комбикорма, 4, 2009, с. 44 - 47.*
- [226.] Нормов, Д.А. Озон в отраслях АПК. *Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. / КубГАУ, Краснодар, 2002, с. 86 - 89.*
- [227.] Нурисламов, Э.Р. Химические основы очистки сточных вод от ионов никеля и меди щелочным осаждением с применением озонирования: автореф. Дис. ... канд. хим. Наук. Казань, 2002, 20 с.
- [228.] Огнев, В.Н. Применение экологически безопасных способов предпосевной обработки семян для защиты ярового ячменя против корневых гнилей. *Научный потенциал – аграрному производству: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (26-29 февр. 2008 г.), Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2008, с. 172 - 176.*

- [229.] Олейник В.П. Терапевтические аппараты и системы: *Учеб. пособие.* – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2002.
- [230.] Олейник В.П., Кулиш С.Н. Аппаратные методы исследований в биологии и медицине: *Учеб. пособие.* – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2004, 100 с.
- [231.] Олейник, В. П. "Основы взаимодействия физических полей с биологическими объектами." *Учеб. пособие.*–Харьков: *Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т»* 2006, 61 с.
- [232.] Пономаренко Г.Н., Турковский И.И. Биофизические основы физиотерапии. Москва: *Медицина*, 2006, 170 с.
- [233.] Разумовский, С.Д. Озон и его реакции с органическими соединениями. М.: *Наука*, 1974, 230 с.
- [234.] Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика.- М.: *Высш. шк.*, 1987.
- [235.] Рогальский А.А. Инфракрасные детекторы. М: *Наука*, 1985.
- [236.] Румянцев, В.А. Предпосевная обработка семян моркови постоянным электрическим током. *Великолукской ГСХА*, 4, 2014, с. 12-15.
- [237.] Саеед Е.К.М. Биологическая активность озона как средства дезинсекции хранящегося зерна : *автореф. Дис... канд. б. Наук*, М., 2004, 18 с.
- [238.] Сафаралихонов, А.Б. Влияние предпосевого УФ-облучения семян пшеницы на ее рост, продуктивность и активность эндогенных регуляторов роста растений. *Доклады академии наук Республики Таджикистан*, 54 (8), 2010, с. 666-672.
- [239.] Серобабина, Г.М. Экобиотехнология инфразвукового метода стимуляции роста растений: *Автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.23.* Северо-Кавказский государственный технический университет. - Ставрополь, 2002, 21 с.
- [240.] Сигачёва, М.А. Химический состав зерна яровой пшеницы при предпосевном озонировании семян. *Достижения науки и техники АПК* (10), 2012. с. 38 - 40.
- [241.] Сидорцов, И.Г. Повышение эффективности воздействия постоянного магнитного поля на семена зерновых культур при их предпосевной обработке [Текст]: *автореф. канд. техн. наук.: 05.20.02.* Зеленоград, 2008, 19 с.
- [242.] Ситько С. П., Скрипник Ю. А., Яненко О. Ф. Реакция организма человека на сверхнизкие дозы мизлучения. *Космос и биосфера* (VI Междунар. конф.), 2005. с. 13.
- [243.] Соколова, А.И. Применение физического метода в защите яровой пшеницы от болезней в среднем Поволжье: *Автореф. дисс. ... канд. с/х наук: 06.01.07.* Самарская государственная сельскохозяйственная академия, Саратов, 2013, 20 с.
- [244.] Спиров, Г.М. Экспериментальное исследование влияния электрофизических факторов на жизнеспособность посевного материала. *Успехи современного естествознания* (6), 2008а. с. 21-29.
- [245.] Спиров, Г.М. Экспериментальное исследование влияния электрофизических факторов на урожайность овощных культур. *Успехи современного естествознания* (6), 2008б, с. 30-38.
- [246.] Стародубцева, Г.П. Влияние режимов обработки зерна озимой пшеницы озоном, физическими факторами и биологическими препаратами на его микрофлору. Новые технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности с использованием электрофизических факторов и озона: *материалы Междунар. науч.-практ. конф. СГАУ*, Ставрополь, 2006, с. 97–101.
- [247.] Стародубцева, Г.П. Разработка способа предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур импульсным электрическим полем (ИЭП) и его экономическое обоснование. *Научный журнал КубГАУ*, 75(01), 2012.

- [248.] Старухин, Р.С. Повышение эффективности предпосевной обработки семян яровой пшеницы с использованием низкочастотного электрического поля: *автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.02*. Алтайский гос. техн. университет. Барнаул, 2012, 23 с.
- [249.] Стацюк, Н.В. Обработка семян и корнеплодов после уборки импульсным низкочастотным электрическим полем: увеличение урожайности, снижение потерь при хранении (10), Сахар., 2014, с. 38-40.
- [250.] Сторчевой, В.Ф. Ионизация и озонирование воздушной среды в птицеводстве: *автореф. Дис. ... д-ра. техн. Наук*. Москва, 2004, 46 с.
- [251.] Сторчевой, В.Ф. Ионизация и озонирование воздушной среды: *монография*. Москва: МГУП, 2003. - 170 с.
- [252.] Сувд, Ч. Действие электростатических полей на органогенез и морфофизиологические показатели растений картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в условиях *in vitro*: *автореф. дисс. канд. биол. наук: 03.00.12*, Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (МСХА), Москва, 2004, 22 с.
- [253.] Таран, В.И. Голота, В.Г. Диндорого. Результаты испытаний озоновой технологии предпосевной обработки семян. Национальная Академия наук Украины; Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»; Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева Украинской Академии аграрных наук [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kge.msu.ru/ozone/archives/1rus_conf_pr/.
- [254.] Тиманюк В.А., Животова Е.Н. Биофизика: Учебник. – 2-е изд. – К.: ИД «Профессионал», 2004. Физика визуализации изображений в медицине : В 2 т. / Пер. с англ. под ред. С. Уэбба. - М.: Мир, 1991.
- [255.] Тимченко, Е. В. "Взаимодействие лазерного излучения с веществом: метод. указания/сост.." *Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та*, 2014.
- [256.] Ткаченко, С.И. Гомогенное и гетерогенное разложение озона: *автореф. Дис. ... д-ра хим. Наук*, М., 2004, 51 с.
- [257.] Трисвятский Л.А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов. М., 1991. 415 с.
- [258.] Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. М.: *Высш. шк.*, 2000, 542 с.
- [259.] Фоканов, А.М. Пути повышения эффективности предпосевной обработки семян зерновых электромагнитными полями. *Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур*, Москва, 1995. 60-65 с.
- [260.] Харанжевский Е. В., Кривилёв М. Д. Физика лазеров, лазерные технологии и методы математического моделирования лазерного воздействия на вещество. *Учебное пособие. Под общей редакцией П. К. Галенко*. Ижевск: Изд-во "Удмуртский университет", 2011, 187 с.
- [261.] Хасанова З.М. Действие электрического поля на морфофизиологические особенности и продуктивность яровой пшеницы: *автореф. дисс. ... докт. биол. наук: 03.00.12*, ВНИИ растениеводства. – С.-Петербург, 1992, 42 с.
- [262.] Хныкина, А.Г. Влияние импульсного электрического поля на микофлору семян сельскохозяйственных культур. *Современные проблемы науки и образования*. (6), 2012, с. 54.
- [263.] Хныкина, А.Г. Обоснование электротехнологических параметров и режимов низковольтного активатора для предпосевной обработки семян лука: *дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.02*. Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь, 2014, 170 с.

- [264.] Хрусталева, Л.Г. Экзогенные регуляторы роста и их влияние на геном растений. *Автореф. дисс. ... докт. биол. наук: 03.00.23*. Московская сельскохозяйств. академия им. К.А. Тимирязева, Москва, 1994, 37 с.
- [265.] Цугленок, Г.И. Система исследования электротехнологических процессов ВЧ и СВЧ обработки семян: *автореф. дисс. ... докт. техн. наук: 05.20.02*. Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, 2003, 36 с.
- [266.] Чазова, И.Ю. Экономический эффект лазерной обработки семян тепличных культур. *Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена*, 73 (1), 2008, с. 504-507.
- [267.] Чукин В.В. Физические свойства атмосферы. *Библиотека функций meteo 19.09.2005*. Санкт-Петербург, изд. Система, 2005, 112 с.
- [268.] Шашурин, М. М. Эффекты действия техногенных электромагнитных излучений и полей на живые организмы (обзор). *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*, 3 (79), 2015, с.
- [269.] Шевченко, А.А. Способ обработки семян сельскохозяйственных культур озонородной смесью. *Международная научно-практическая конференция: материалы ВГСА, Волгоград, 2004*, с. 180 - 181.
- [270.] Шестерин, И.В. Влияние озона и протравителей на посевные качества и оздоровление яровой пшеницы: *автореф. Дис. ... канд. с.-х. Наук*, Саратов, 2004, 26 с.
- [271.] Шидловская, И.Л. Влияние электрического поля атмосферы на накопление элементов минерального питания растениями кукурузы, лука, редиса и ячменя. В сб.: *Роль минеральных элементов в обмене веществ и продуктивности растений*. М.: Наука, 1964, с. 286–295.
- [272.] Шидловская, И.Л. Влияние электрического поля и ионов воздуха на минеральное питание и обмен в растениях кукурузы. *Физиология растений*. – 1966. 13 (4), с. 657–664.
- [273.] Ширшин, А.С. Особенности проектирования судовых систем кондиционирования воздуха на основе использования жидкостных контактных аппаратов и озонирования: *автореф. Дис. ... канд. техн. . Новгород, 2008, 25 с.*
- [274.] Шмигель, В.П. Обработка клубней электрическим полем. *Картофель и овощи* (3), 1977, с. 14.
- [275.] Штанько, Р.В. Электроозонаторная установка для сушки зерна: *автореф. Дис. ... канд. техн. Наук, 2000, 22 с.*
- [276.] Шхалахов, Р.С. Электроозонатор повышенной стабильности работы для предпосевной обработки семян сахарной свеклы: *автореф. Дис. ... канд. техн. Наук. Краснодар, 2006, 22 с.*
- [277.] ***[<http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>]FAO. 2017. *The future of food and agriculture – Trends and challenges*. Rome.
- [278.] ***[<http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/211>] .
- [279.] ***FiBL & IFOAM – Organics International (2020): The World of Organic Agriculture. Frick and Bonn. STATISTICS & EMERGING TRENDS 2020 (<https://orgprints.org/37222/9/willer-et-al-2020-full-document-2020-02-28-4th-corrigena.pdf>)]
- [280.] ***http://cxem.net/software/soft_generator.php
- [281.] ***<https://data.worldbank.org/indicator/sp.pop.totl>.
- [282.] ***The World of Organic Agriculture - Statistics and Emerging Trends 2019. <https://www.organic-world.net/yearbook/yearbook-2019.html>