



Programul Operațional Capital Uman

Axa prioritară 6-Educație și competențe

Proiect: Pregătirea doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat în vederea dobândirii de competențe de cercetare aplicativă - SMART

Cod MySMIS: 153734

UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE ȘTIINȚĂ ȘI TEHNOLOGIE POLITEHNICA BUCUREȘTI

Facultatea de Ingineria Sistemelor Biotehnice

Departamentul de Sisteme Biotehnice

Rezumat teza de doctorat

Contribuții și cercetări privind procesul de lucru al mașinilor de tratat
semințe prin vacuumare

Contributions and researches regarding the working process of
vacuum seed treatment machines

Autor: Ing. Viorel FĂTU

Conducător de doctorat: Prof. dr. ing. Gheorghe VOICU

București - 2023

Rezumat

Tratarea semințelor cu insectofungicide în scopul protejării plantelor în primele stadii vegetative este o practică agronomică consemnata încă din antichitate. Pe parcursul istoriei, tratarea semințelor înainte de semănat a beneficiat de două direcții principale de dezvoltare. În prima direcție este încadrată dezvoltarea produselor cu care se face tratare, iar în a doua direcție inovarea echipamentelor utilizate la omogenizarea produsului cu semințele. Partea de cercetare-dezvoltare privitoare la produsele de tratat semințele a atins potențialul maxim odată cu apariția insecticidelor neonicotinoide. Însă, datorita politicilor de protecție a mediului, se recomandă ca până în anul 2030, cantitatea de pesticide utilizate pentru protecția culturilor agricole să fie redusă la jumătate. Pentru a răspunde acestei provocări, tema de cercetare abordată își propune să contribuie cu o nouă metodă de tratare a semințelor prin utilizarea vacuumului ca element de ajutor pentru a facilita transferul de pesticide lichide în interiorul semințelor. Pesticidele transferate în structura poroasă a semințelor sunt antrenate mai ușor în sistemul circulator al plantei și expuse radiației solare unde sunt metabolizate în întregime, reducând astfel riscul de contaminare a mediului. Activitățile de cercetare teoretică și experimentală au urmărit tot procesul de dezvoltare a unei tehnologii, începând cu studiul bibliografic, conceperea, proiectarea și realizarea echipamentului de tratare, efectuarea simulărilor numerice pe baza modelelor fizico-matematice și validarea acestora prin experimente de laborator. Prin utilizarea echipamentului de tratat semințele folosind vacuumare, s-a constatat că procesul de lucru al echipamentului nu afectează semnificativ structura morfologică și fiziologia semințelor concomitent cu acoperirea unui spectru controlabil de doze de pesticide asemănător tratamentelor prin omogenizare mecanică în incinte cu tamburi rotativi sau discuri centrifugale.

Abstract

Treating seeds with insecticide fungicides in order to protect plants in the first vegetative stages is an agronomic practice recorded since antiquity. Throughout history, pre-sowing seed treatment has benefited from two main directions of development. In the first direction is the development of the products with which the treatment is done, and in the second direction is the innovation of the equipment used to homogenize the product with the seeds. The research and development of seed treatment products reached its maximum potential with the advent of neonicotinoid insecticides. However, due to environmental protection policies, it is recommended that by 2030, the amount of used pesticides for agricultural crops protection to be reduced by half. To answer this challenge, the addressed research theme aims to contribute with a new method of seed treatment by using vacuum as an aid element to facilitate the transfer of liquid pesticides inside the seeds. The pesticides transferred into the porous structure of the seeds are more easily drawn into the circulatory system of the plant and exposed to solar radiation where they are completely metabolized, thus reducing the risk of environmental contamination. The theoretical and experimental research activities followed the entire process of developing a technology, starting with the bibliographic study, the conception, design and realization of the treatment equipment, the performance of numerical simulations based on physical-mathematical models and their validation through laboratory experiments. By using the equipment to treat the seeds using vacuuming, it was found that the working process of the equipment does not significantly affect the morphological structure and physiology of the seeds simultaneously with the coverage of a controllable spectrum of pesticide doses similar to treatments by mechanical homogenization in enclosures with rotating drums or centrifugal discs.

Mulțumiri

La încheierea acestei etape importante din viața mea, doresc să adresez respectuoase mulțumiri însoțite de un profund respect domnului prof. univ. dr. ing. Gheorghe Voicu, conducătorul științific al lucrării, pentru profesionalismul cu care m-a ghidat, pentru competența și permanenta îndrumare științifică, pentru sprijinul real acordat pe întreaga perioadă de desfășurare a stagiului de doctorat, la pregătirea rapoartelor științifice și a elaborării tezei de doctorat, dar și în perioada studenției.

Mulțumesc domnului prof. univ. emerit dr. ing. Ladislau David pentru toate sugestiile și recomandările prețioase. De asemenea, doresc să mulțumesc domnului prof. dr. ing. Edmond Maican, domnului ș.l. dr. ing. Gabriel-Alexandru Constantin și d-lui conf. dr. ing. George Ipate, atât pentru discuțiile utile și încurajările permanente acordate pe tot parcursul pregătirii tezei de doctorat, pentru ajutorul acordat la partea de experimentare și simulare, cât și pentru îndrumările necesare în toată această perioadă.

Adresez sincere mulțumiri întregului colectiv de cadre didactice din Departamentul de Sisteme Biotehnice, Facultatea de Ingineria Sistemelor Biotehnice, în special d-lui prof. univ. dr. ing. Sorin-Ștefan Biriș, pentru încurajările și sugestiile primite pe întreaga perioadă a studiilor de doctorat.

Mulțumesc distinșilor referenți și membri ai comisiei de evaluare a tezei de doctorat, prof. univ. Mihaela Buciumeanu de la Universitatea din Galați, prof.univ.dr.ing. Ion Sărăcin de la Universitatea din Craiova și d-lui conf.univ. dr.ing. George Ipate, pentru onoarea acordată de a face parte din comisie, pentru răbdarea cu care au analizat lucrarea și pentru sugestiile deosebit de utile în vederea încheierii cu succes a acestei etape din viața mea.

Cu această ocazie, mulțumesc conducerii Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mașini și Instalații Destinate Agriculturii și Industriei Alimentare București, care mi-a permis să realizez cercetările experimentale în incinta unității, dar și celor din această întreprindere care m-au ajutat la prelevarea probelor.

Și nu în ultimul rând doresc să-mi exprim recunoștința față de întreaga mea familie și toți prietenii apropiați pentru nenumăratele dovezi de dragoste și suport moral și fizic, pe această cale mulțumindu-le din suflet.

O parte a rezultatelor prezentate în această teză de doctorat au fost obținute cu sprijinul financiar al Ministerului Fondurilor Europene prin Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București în calitate de Autoritate de Management pentru Programul Operațional Capital Uman a proiectului „Pregătirea doctoranzilor și cercetătorilor poStdoctorat în vederea dobândirii de coMpetente de cercetARE aplicaTivă - SMART”, finanțat prin POCU în baza Contractului nr. 13530/16.06.2022 - cod SMIS: 153734

București, octombrie 2023

Viorel Fătu

Cuprins

Cuprins	4
Cuvânt înainte.....	5
1. Situația actuală a utilizării pesticidelor	8
2. Scopul tezei de doctorat	9
3. Obiectivele propuse.....	9
4. Activitățile efectuate	10
4.1. Analizei suprafețelor cultivate cu cereale pentru boabe în Romania	11
4.2. Determinarea consumului anual de pesticide în Romania	12
4.3. Identificarea principalelor cauze de poluare a solului cu pesticide	14
4.4. Descrierea metodelor și tehnicilor de tratare a semințelor	14
4.5. Descrierea echipamentelor și aparatului utilizate la tratarea semințelor	16
4.6. Descrierea echipamentelor și aparatului utilizate la tratarea semințelor prin vacuumare	23
4.7. Descrierea proprietăților de bază a soluțiilor și substanțelor utilizate în tratamentul semințelor.....	24
4.8. Descrierea proprietăților fizice și tehnologice a semințelor de cereale pentru boabe.....	25
4.9. Identificarea și descrierea indicilor calitativi ai echipamentelor de tratare a semințelor	25
4.10. Identificarea și descrierea parametrilor care influențează procesul de tratare a semințelor.....	26
4.11. Analiza fenomenelor de sorbție și desorbție la semințele culturilor agricole și factorii care le influențează.....	27
4.12. Modelarea matematică a procesului de tratare a semințelor.....	29
4.13. Conceperea, proiectarea și realizarea echipamentului de tratare a semințelor prin vacuumare	31
4.14. Determinarea experimentală a volumului specific de absorbție a pesticidelor de către semințele tratate prin vacuumare	33
4.15. Determinarea experimentală a volumului specific de adsorbție a pesticidelor de către semințele tratate prin imersie la presiune atmosferică	35
4.16. Analiza numerică și experimentală a sistemului de degazare a semințelor în vacuum	38
4.17. Validarea tehnologiei de tratare a semințelor prin vacuumare cu ajutorul unor bioteste ce caracterizează vigoarea semințelor	43
5. Concluzii finale.....	44
Bibliografie selectivă.....	47
Anexe	50

Cuvânt înainte

Cerealele pentru boabe sunt cultivate pe o suprafață de peste cinci milioane de hectare în România și produc aproape nouăsprezece milioane de tone de semințe conform datelor statistice publicate în 2022 de către Institutul Național de Statistică.

Tratarea semințelor înainte de semănat este un proces tehnologic important, deoarece de calitatea semințelor tratate depinde succesul inițierii culturilor în primele stadii vegetative. Din punct de vedere ecologic tratamentul la semințe are impactul cel mai scăzut asupra mediului înconjurător deoarece se folosește cea mai mică cantitate de pesticid pe hectar (exemplu: 90 de grame în tratamentul la sămânță în loc de 140 de grame în tratamentul pe vegetație cu imidacloprid).

Din analiza procesului de lucru al echipamentelor de tratat semințele s-a constatat că energia cinetică de omogenizare este distribuită către semințe și către produsul de tratare. În medie puterea absorbită de echipamente pentru omogenizare s-a situat în jurul valorii de 1 Wh pe kilogramul de semințe.

Studiul experimental al fenomenului de sorbție al pesticidelor sub forma lichidă a evidențiat faptul că în timpul tratării semințelor prin utilizarea vacuumului, absorbția este principala formă prin care se realizează transferul de masă.

Teza de doctorat „*Contribuții și cercetări privind procesul de lucru al mașinilor de tratat semințe prin vacuumare*” este structurată pe 8 capitole, dezvoltate pe un număr de 181 pagini, cuprinzând 102 figuri și grafice, 33 tabele, relații matematice, precum și o listă bibliografică alcătuită din 134 referințe. Această lucrare mai conține o listă de notații și simboluri (4 pagini), iar, la final, sunt prezentate o serie de anexe (14 pagini) ce prezintă materiale și date informative sub formă de tabele, grafice sau figuri referitoare la studiile și cercetările prezentate în lucrarea de față.

Prezenta lucrare este o sinteză a cercetărilor teoretice și experimentale referitoare la pregătirea materialului semincer înainte de a fi introdus în pământ, tratamentele care se efectuează pentru ca semințele odată introduse în sol să nu fie atacate de dăunători care să le compromită germinația și să afecteze dezvoltarea plantelor ulterioare.

Obiectivul principal al cercetărilor teoretice și experimentale l-a reprezentat studiul posibilității de reducere a cantității de pesticide utilizate pentru protecția culturilor prin dezvoltarea unor procedee noi de aplicare la tratarea semințelor înainte de semănat. *Obiectivul principal* al temei de cercetare a fost identificarea și descrierea fenomenelor fizice și biologice ce au loc în momentul tratării semințelor prin utilizarea vacuumului, ca metoda de accelerare a difuziei substanțelor active în matricea poroasă a semințelor. *Obiectivele secundare* le-a reprezentat, printre altele, inclusiv definirea parametrilor de lucru ai echipamentului de tratat semințe prin simulări fizico-matematice și experimente de laborator.

În *capitolul 1* al acestei lucrări „*Importanța temei și obiectivele tezei de doctorat*” este prezentată importanța temei abordate și obiectivul principal și obiectivele subsidiare urmărite în elaborarea tezei. Utilizarea echipamentelor de tratat semințe, vegetația sau solul determină modalitatea de aplicare a substanțelor pesticide (insecticide, fungicide, pesticide, rodenticide, acaricide, bactericide, nematocide, moluscide, avicide, etc.) în mod uniform, dozarea eficientă și difuzia scăzută de aerosoli în atmosferă, fără afectarea caracteristicilor de bază ale solului agricol sau a mediului. Astfel, stabilirea parametrilor constructivi și funcționali ai echipamentului de tratat semințe prin vacuumare reprezintă provocări teoretice și practice de care depinde calitatea tratamentului efectuat și reducerea corespunzătoare a substanțelor aplicate.

Capitolul 2 intitulat „*Aspecte privind proprietățile fizice ale semințelor și substanțelor pentru tratarea acestora*”, conține unele noțiuni generale referitoare la Procesul de tratare a semințelor înainte de semănat, scopul și importanța tratării semințelor, caracteristicile de bază

ale semințelor (structura morfologică, fiziologia semințelor, proprietățile fizico-mecanice și tehnologice, dar și proprietățile de bază ale soluțiilor și substanțelor utilizate în tratamente), precum și parametrii care intervin în procesul de tratare, pe alocuri fiind prezentate rezultate obținute de cercetători în domeniu, concluzionând că tratarea semințelor înainte de semănat este un proces tehnologic important, deoarece de calitatea semințelor tratate depinde succesul inițierii culturilor în primele stadii vegetative, iar performanța unui tratament la semințe depinde în egală măsură de performanța produsului utilizat și de calitate procesului de tratare a semințelor.

În *capitolul 3*, denumit „*Metode, tehnici și echipamente pentru tratarea semințelor*”, sunt prezentate metodele de tratament în funcție de starea de agregare a substanțelor aplicate, factorii care influențează procesul de tratare a semințelor (biologici, fizico-chimici, atmosferici, constructivi sau factorii de proces), precum și mai multe metode și tehnologii utilizate în tratarea semințelor înainte de semănat (tratamente uscate, tratamente umede, dar și alte categorii – fumigare, tratare termică, cu radiații UV, cu plasmă etc).

În cele din urmă este descrisă metoda de tratare a semințelor folosind fenomenul de vacuumare, precum și echipamentele și aparatura utilizate în tratamentul semințelor înainte de semănat, cerințe și indici calitativi, descrierea componentei și procesului de lucru al acestora, tendințe moderne în construcția și funcționarea echipamentelor de tratare a semințelor.

Ca o concluzie a acestui capitol, se afirmă că metoda de tratare a semințelor propusă în cadrul tezei prin utilizarea vacuumului prezintă o cinetică neglijabilă a semințelor și poate împrumuta caracteristici din metodele de tratare prin îmbibare, tratarea cu plasmă rece și tratarea cu pulsații acustice sau sonice de presiune.

În *capitolul 4*, intitulat „*Stadiul actual al cercetărilor teoretice și experimentale privind echipamentele pentru tratarea semințelor*” se prezintă importanța tratamentelor la semințe înainte de semănat, sinteza cercetărilor teoretice privind procesul de tratare a semințelor și modelarea matematică a acestuia, elementele principale privind simularea (FEM sau DEM) procesului, precum și sinteza cercetărilor experimentale legate de procesul de tratare a semințelor. Se prezintă, de asemenea, influența parametrilor constructivi și funcționali ai echipamentelor specifice asupra tratamentelor la semințe, bilanțurile de materiale și bilanțurile energetice la tratamentele pentru semințe.

Acest capitol se încheie cu unele concluzii referitoare la importanța cunoașterii factorilor ce influențează procesul de tratare a semințelor, dar și aspectele principale rezultate din analiza cercetărilor teoretice și experimentale asupra procesului de tratare și a nivelului de germinație a semințelor tratate.

Capitolul 5, denumit „*Aspecte și contribuții teoretice privind procesul de lucru al echipamentelor pentru tratarea semințelor înainte de semănat*” prezintă unele aspecte privind fenomenele de sorbție și desorbție la semințele culturilor agricole și factorii care le influențează, precum și unele modele matematice deterministe care exprimă legătura fizică între parametrii de proces sau relații privind simularea acestor procese (sorbție-desorbție). Se prezintă, de asemenea, câteva aspecte privind simularea fizico-matematică a procesului de tratare a semințelor de porumb prin vacuumare, simulări care au acoperit o plajă de valori a duratei tratamentului de 6 minute cu rata de eșantionare de 10 secunde și 27 de valori ale presiunii din incinta de tratament.

Folosind astfel de simulări poate fi stabilită durata tratamentului și presiune de lucru în incinta de tratament în funcție procentul de încărcare dorit al volumului tehnologic al echipamentului.

Capitolul se încheie cu concluzii referitoare la aplicabilitatea și utilizarea acestor modele matematice, arătând că durata menținerii semințelor în imersie după extragerea aerului din porii acestora și presiunea la care a fost efectuată vacuumarea sunt principalii parametri ce trebuie controlați în procesul de tratare a semințelor prin vacuumare.

Capitolul 6 intitulat „*Cercetări experimentale privind procesul de tratare a semințelor înainte de semănat*” cuprinde obiectivele cercetărilor experimentale, materialul supus cercetărilor experimentale și caracteristicile inițiale ale acestuia, modelarea numerică a adsorbției soluției active (soluție de mesuro), aparatura și echipamentul de lucru pentru cercetarea experimentală a fenomenului de sorbție în vacuum și influența parametrilor echipamentului asupra procesului de tratare a semințelor, a volumului tehnologic de încărcare cu pesticide sau influența temperaturii asupra presiunii și timpului de vacuumare.

Sunt prezentate, de asemenea, unele cercetări experimentale privind doza de substanță activă utilizată în tratarea semințelor și variabilele modelului de determinare a cantității de pesticid necesară tratamentului, variantele experimentale de testare a substanței active la diferite doze pe semințele de porumb (tratament cu imidacloprid) și rezultatele acestor cercetări.

În continuare, cercetările experimentale s-au axat pe transferul de masă în procesul de tratare a semințelor prin vacuumare și stabilirea bilanțului de materiale în proces folosind un echipament de laborator pentru tratamente prin vacuumare la aplicarea de pesticide, dar și asupra parametrilor energetici ai procesului de tratare a semințelor, respectiv bilanțului energetic la tratarea prin vacuumare a semințelor (consumul de energie electrică) și asupra influenței tratamentelor prin vacuumare asupra plantelor și mediului.

Ca și concluzii se prezintă că analiza germinăției și creșterii radiculare a semințelor de porumb tratate cu imidacloprid prin vacuumare pe o gamă de doze cuprinsă între 0,25–6 kg substanță activă a demonstrat că tratarea prin vacuumare nu are un impact negativ asupra sănătății semințelor, ci doar concentrația de substanță utilizată. De asemenea, prin utilizarea vacuumului ca modalitate de accelerare a difuziei soluțiilor de tratament în interiorul semințelor a fost acoperit un spectru practic de doze cuprins între 0,5–5 kg substanță la tona de semințe și unul teoretic cuprins între 1–14 kg substanță la tona de semințe. Calculele au arătat, totodată un consum practic de energie mai mic de 1 Wh pentru tratarea unui kilogram de semințe, la un randament energetic al pompei de vacuum de 67%.

În *capitolul 7*, intitulat „*Analiza numerică și experimentală a sistemului de degazare a semințelor în vacuum*”, se arată că tratamentele fizice sunt dificil de utilizat deoarece există o linie fină între eradicarea eficientă a bolilor transmise de semințe și rănirea semințelor și nu toate loturile de semințe reacționează la fel la toate tratamentele și, deci este dificil de prezis modul în care tratamentele fizice vor afecta germinarea și vigoarea semințelor.

În acest sens, s-a făcut analiza procesului de degazare a semințelor într-o cameră de vacuum, stabilindu-se sarcina de gaz și presiunea finală în procesul de degazare, adică de eliminare a aerului sau a altor gaze din jurul semințelor sau produselor. A fost dezvoltat un model de analiză numerică cu elemente finite pe structura de model experimental utilizat în cadrul tezei și și s-a efectuat analiza dinamică structurală cu elemente finite (FEA), inclusiv a sistemului de vacuum (vas, pompă de vacuum, sistem termic), evaluare a timpului de pompare pentru evacuarea unui recipient în regiunea de vacuum brut sau de vacuum mediu și înalt, sau analiza termică tranzitorie cu elemente finite și metoda de aplicare a sarcinilor de temperatură pe întreaga rețea a domeniului sarcinii de gaz.

Capitolul se încheie cu o secțiune de concluzii cu privire la rezultatele cercetărilor analitice și experimentale.

În *capitolul 8*, denumit „*Concluzii finale. Contribuții personale. Recomandări și perspective de cercetare*” prezintă concluziile finale referitoare la cercetările teoretice și experimentale expuse în teză. Sunt expuse sintetic contribuțiile proprii, dar și direcțiile viitoare de cercetare în domeniul temei.

Ținând cont de cele prezentate, apreciez că tema tezei de doctorat este de actualitate și abordează un domeniu important, cel al aplicării soluțiilor de tratament pentru semințe înainte de semănat, folosind metoda vacuumării incintei de tratament pentru umplerea golurilor de aer din structura internă a semințelor cu substanța de tratare.

1. Situația actuală a utilizării pesticidelor

Cultivarea plantelor pentru hrană reprezintă poate cea mai veche activitate a civilizației umane și este caracterizată ca fiind principalul motor al dezvoltării demografice. Pe parcursul istoriei, activitățile de cultivare a plantelor au fost întotdeaunaacompaniate de impedimente generate de lipsa apei și de atacul organismelor vii ce concurează pentru resurse sau parazitează plantele cultivate, [1]. Modern, aceste impedimente au fost definite ca forme de stres ce împiedică plantele să își atingă potențialul maxim genetic și fenotipic.

Primele măsuri de control a populațiilor de organisme dăunătoare au constat în procese mecanice cum ar fi arătura și prașila, realizate cu unelte sau echipamente gândite să ușureze efortul fizic depus de oameni. Prin aceste procese au putut fi ținute sub control mărimea populațiilor de buruieni, activitatea microbiologică negativă din sol și întreruperea unor procese fenologice de dezvoltare din ciclul biologic al insectelor dăunătoare, dar cu un cost energetic ridicat.

Odată cu dezvoltarea cunoștințelor din domeniul chimiei au început să fie studiate și folosite substanțele chimice ca mijloc de control a bolilor, dăunătorilor și buruienilor. Tratamentele chimice destinate protecției plantelor sunt clasificate ca tratamente pe vegetație, tratamente la sol și tratamente la semințe. Dintre toate acestea, tratamentele la semințe au impactul cel mai scăzut asupra mediului pe termen scurt, deoarece utilizează cea mai mică cantitate de substanță activă repartizată la suprafața agricolă.

Principiul protecției semințelor și plantelor germinate împotriva organismelor dăunătoare constă în otrăvirea controlată a semințelor cu diferite substanțe cu proprietăți biocide sau biostatice pentru organismele țintă. Pe parcursul creșterii plantei, aceste substanțe se diluează în interiorul organelor plantei până la o concentrație care nu prezintă risc pentru sănătatea umană și animală.

În România cerealele pentru boabe sunt cultivate pe o suprafață de peste cinci milioane de hectare și produc aproape nouăsprezece milioane de tone de semințe conform datelor statistice publicate în 2022 de către Institutul Național de Statistică (INS, 2022). În ultimii 20 de ani, cantitatea medie de pesticide utilizate pe hectar a fost sub 1 kg (FAOSTAT).

Având în vedere că suprafața agricolă a României are în medie opt milioane de hectare, se poate estima un consum anual de pesticide de 5,6 milioane de kilograme. Consumul mediu de pesticide în țară de 0,7 kg/ha este unul moderat comparativ cu cel al unor țări, precum China sau Brazilia, al căror consum poate ajunge la 10-15 kg/ha. Acest consum de pesticide a fost suficient pentru protecția culturilor împotriva bolilor și dăunătorilor până la momentul de față. Însă, din cauza anomaliilor climatice observate în ultimii ani, din cauza creșterii numărului și frecvenței speciilor de organisme dăunătoare și a tendințelor ecologice de reducere a cantității de pesticide, culturile agricole prezintă riscul înregistrării unor pagube importante din lipsa măsurilor alternative de protecție. Cantitate de insecticide necesară tratării semințelor destinate înființării culturilor agricole pentru boabe este de aproximativ 450 de tone de substanță activă. Prin repartizarea acestei cantități la suprafața agricolă cultivată cu plante pentru boabe rezultă un consum mediu de 90 g/ha. La aceasta cantitate se mai adaugă și 20-25 de grame de fungicide, rezultând un consum aproximativ de 115 grame de pesticide pe hectar.

Pesticidele depuse pe suprafața semințelor sunt antrenate în sistemul circulator al plantelor odată cu apa, însă prin difuzie o parte din pesticide migrează de pe suprafața semințelor în sol în funcție de mobilitatea apei. Cantitatea de pesticide migrată, dacă nu este captată de sistemul radicular al plantei, se acumulează în straturile profunde ale solului. Prin faptul că unele insecticide ramase în sol au un timp de înjumătățire de aproximativ trei ani, se produce o acumulare anuală de compuși toxici cu efecte negative asupra sănătății solului și a organismelor benefice. Conform politicilor europene de protecție a mediului (The European Green Deal), se recomandă ca până în anul 2030, cantitatea de pesticide utilizate pentru

protecția culturilor agricole să fie redusă la jumătate. În acest caz, cantitatea de pesticide permisă pentru utilizare pe suprafața de un hectar va avea o valoare aproximativă de 50-60 de grame.

2. Scopul tezei de doctorat

Scopul temei abordate este realizarea de cercetări privind reducerea cantității de pesticide utilizate pentru protecția culturilor prin dezvoltarea unor procese noi de tratat semințele. Pentru a răspunde acestei provocări, *tema de cercetare abordată își propune să contribuie cu un mod nou de tratare a semințelor; astfel încât substanțele active de protecție să devină parte integrată din structura internă a semințelor oferind embrionului un avantaj competițional pentru resursele nutritive interne și externe.*

Prin depozitarea internă a substanțelor active se pot obține avantaje cum ar fi: reducerea contaminării mediului cu aerosoli toxici generați la antrenarea mecanică a semințelor în momentul semănării, reducerea cantității de substanțe toxice remanente în sol, reducerea timpului de înjumătățire a cantității de pesticide sub acțiunea fotocatalitică a luminii solare, rezolvarea problemei privitoare la asfixierea embrionilor în tratamentele de îmbibare și eliminarea efectului de pierdere a mineralelor prin difuzie, la tratarea semințelor prin imersare.

Depozitarea substanțelor active în matricea poroasă a semințelor presupune înlocuirea aerului intercelular cu gazele sau lichidele purtătoare de substanțe de interes, prin fenomenul de transfer de masă ce are la bază difuzia în vacuum. Deoarece transferul de masă din sămânță către exterior și invers este însoțit și de un transfer de energie prin intermediul structurilor biologice fragile, cum ar fi membranele celulare, *proiectarea parametrilor constructivi și funcționali ai echipamentului de tratat semințe prin vacuumare reprezintă provocări teoretice și practice de care depinde calitatea tratamentului efectuat.*

Cercetările din cadrul temei abordate au la bază ipoteza că procesul de tratare a semințelor prin includerea produsului de tratat în cavitățile interne ale semințelor poate contribui la reducerea cantității de substanțe toxice eliberate în mediu comparativ cu procesul de tratare prin depozitare produsului de tratat pe suprafața seminței.

3. Obiectivele propuse

Obiectivul principal al temei de cercetare este identificarea și descrierea fenomenelor fizice și biologice ce au loc în momentul tratării semințelor prin utilizarea vacuumului ca metoda de accelerare a difuziei substanțelor active în matricea poroasă a semințelor.

Pentru îndeplinirea obiectivului principal al lucrării a fost necesară realizarea următoarelor obiective specifice:

- studiul elementelor teoretice privind procesul de tratare a semințelor înainte de semănat, în vederea protecției împotriva dăunătorilor din sol și din afară;
- analiza stadiului actual al metodelor, tehnologiilor și echipamentelor utilizate în procesul de tratare a semințelor;
- studiu documentar privind proprietățile fizice ale semințelor și substanțelor pentru tratarea acestora înainte de semănat;
- prezentarea sintetică a factorilor care influențează procesul de tratare a semințelor, a metodelor și tehnologiilor utilizate în tratarea semințelor înainte de semănat;
- prezentarea principalelor aspecte teoretice privind procesele de sorbție și desorbție la semințele culturilor agricole și factorii care le influențează;
- definirea parametrilor de lucru ai echipamentului de tratat semințe prin simulări fizico-matematice și experimente de laborator
- simularea fizico-matematică a procesului de tratare a semințelor prin vacuumare;

- cercetări experimentale privind procesele de absorbția la tratarea semințelor prin vacuumare;
- cercetări experimentale privind doza de substanță activă utilizată în tratarea semințelor;
- cercetări experimentale privind transferul de masă în procesul de tratare a semințelor;
- analiza numerică și experimentală a sistemului de degazare a semințelor în vacuum;
- identificarea unui set de concluzii care să conducă la optimizarea procesului de tratare a semințelor de cereale prin vacuumare, înainte de semănat;
- diseminarea rezultatelor cercetărilor asupra procesului de tratare a semințelor prin vacuumare prin publicarea de lucrări științifice în reviste și volume de specialitate.

4. Activitățile efectuate

Îndeplinirea obiectivelor propuse în cadrul temei de cercetare a fost dependentă de efectuarea unor cercetări teoretice și practice ce aparțin domeniilor de inginerie mecanică și biologie. Caracterul interdisciplinar al cercetării a impus definirea unor activități ce au acoperit toate etapele necesare dezvoltării unei tehnologii de la faza de concepere până la faza de validare. Tematica de cercetare începe cu definirea problemelor specifice cu care se confruntă domeniul agricol ce țin utilizarea pesticidelor și continuă cu identificarea unor soluții tehnologice ce țin de domeniul ingineriei mecanice conform următoarei serii de activități:

1. Efectuarea analizei suprafețelor cultivate cu cereale pentru boabe în România;
2. Estimarea consumului anual de pesticide în România;
3. Identificarea principalele cauze de poluare a solului cu pesticide;
4. Descrierea metodelor și tehnicilor de tratare a semințelor;
5. Descrierea echipamentelor și aparatului utilizate la tratarea semințelor;
6. Descrierea echipamentelor și aparatului utilizate la tratarea semințelor prin vacuumare;
7. Descrierea proprietăților de bază a soluțiilor și substanțelor utilizate în tratamentul semințelor;
8. Descrierea proprietăților fizice și tehnologice a semințelor de cereale pentru boabe;
9. Identificarea și descrierea indicilor calitativi ai echipamentelor de tratare a semințelor;
10. Identificarea și descrierea parametrilor care influențează procesul de tratare a semințelor;
11. Analiza fenomenelor de sorbție și desorbție la semințele culturilor agricole și factorii care le influențează;
12. Modelarea matematică a procesului de tratare a semințelor;
13. Calculul bilanțului de materiale și a bilanțului energetic la tratamentele pentru semințe;
14. Conceperea, proiectarea și realizarea echipamentului de tratare a semințelor prin vacuumare;
15. Determinarea experimentală a volumului specific de absorbție a pesticidelor de către semințele tratate prin vacuumare;
16. Determinarea experimentală a volumului specific de adsorbție a pesticidelor de către semințele tratate prin imersie la presiune atmosferică;
17. Analiza numerică și experimentală a sistemului de degazare a semințelor în vacuum;
18. Validarea tehnologiei de tratare a semințelor prin vacuumare cu ajutorul unor bioteste ce caracterizează vigoarea semințelor.

4.1. Analizei suprafețelor cultivate cu cereale pentru boabe în România

Cultura porumbului (*Zea mays* L.) ocupă în România o suprafață aproximativă de teren de 2,5 milioane de hectare cu o producție medie de 4,8 tone/ha (Tab. 1.) ceea ce plasează România sub media Europeană cu privire la producția medie de 7,2 tone/ha. Diferențele de productivitate între România și statele europene este cauzată în general de diferența de precipitații, spectrul dăunătorilor și data calendaristică de semănat. Un factor important în ameliorarea pierderilor de recoltă este tratamentul la semințe cu produse de protecția plantelor și cu produse nutriționale ce pot mări germinația la temperaturi sub pragul biologic.

Tabelul 1. Dinamica producției la hectar și a suprafețelor cultivate cu porumb, în anii 2010-2019, (MADR după INS)

Anul	Suprafață mii ha	Producție medie kg/ha
2010	2098,4	4309
2011	2589,7	4525
2012	2730,2	2180
2013	2518,3	4488
2014	2512,8	4770
2015	2605,2	3462
2016	2581,0	4159
2017	2402,1	5959
2018	2439,8	7644
2019	2678,5	6502
Media	2515,6	4799,8

Cultura grâului (*Triticum aestivum* și *Triticum durum*) ocupă în medie o suprafață de 2 milioane de hectare din terenul agricol al României, cu o producție medie de 3,8 t/ha (Tab. 2) cu mult sub media europeană de 6 tone /ha. Principalele probleme cu care se confruntă cultura grâului sunt cauzate de nivelul scăzut de precipitații în Câmpia Bărăganului în perioada semănatului, înghețul solului iarna, bolile virale instalate în toamnă, bolile micotice în perioada de creștere intensă și precipitații abundente la recoltare. Ameliorarea acestor probleme poate fi realizată prin tratamente la semințe cu produse de protecție a plantelor și nutrienți în scopul creșterii adâncimii de semănare către straturi ale solului cu umiditate ridicată.

Tabelul 2. Dinamica producției la hectar și a suprafețelor cultivate cu grâu, în anii 2010-2019, (MADR după INS)

Anul	Suprafață mii ha	Producție medie kg/ha
	2162,4	2688
2011	1947,0	3663
2012	1997,6	2652
2013	2104,0	3468
2014	2112,9	3590
2015	2106,6	3780
2016	2137,7	3944
2017	2052,9	4888
2018	2116,2	4793
2019	2168,3	4749
Media	2090,56	3821

Orzul (*Hordeum vulgare* L., orzul cu șase rânduri) și orzoaică (*Hordeum distichon* L., orzul cu două rânduri) conform datelor MADR după INS (Tab. 3.) ocupă în România o suprafața agricolă de aproximativ 465 de mii de hectare cu o producție medie de 3,4 tone/ha. A devenit o cultură importantă în ultimii ani ca urmare a dezvoltării sectorului băuturilor fermentate, unde reprezintă materia primă pentru enzime și biomasă fermentescibilă. Sistemul radicular al orzului este în general mai slab decât la celelalte cereale. Planta prezintă sensibilitate la variațiile nocturne de temperatură cu amplitudine ridicată, iar de la -9°C în jos, plantele degeră. Având în vedere capacitatea de acumulare a biomasei la temperaturi mai mici și a ciclului biologic mai scurt, planta poate deveni o opțiune pentru a doua cultură în cadrul aceluiași sezon vegetativ. Pentru a fi folosit ca a doua cultură, orzul necesită tratamente la sămânță cu substanțe nutritive și aport de apă pentru a accelera germinarea și implicit acoperirea solului pentru a evita fenomenul de evaporare specific sezonului cald.

Tabelul 3. Dinamica producției la hectar și a suprafețelor cultivate cu orz și orzoaică în anii 2010-2019, (MADR după INS)

Anul	Suprafață, mii ha	Producție medie, kg/ha
2010	515,8	2542
2011	419,5	3170
2012	424,2	2325
2013	495,7	3111
2014	516,0	3319
2015	469,9	3461
2016	481,6	3773
2017	455,0	4186
2018	423,5	4417
2019	448,8	4188
Media	465	3449

Secara (*Secale cereale* L.) ocupă în medie 10-12 mii de hectare cu o productivitate de 2,4 tone/ha și înlocuiește de obicei cultura de grâu în zonele cu condiții pedoclimatice vitrege deoarece dispune de un sistem radicular puternic ce poate explora solul până la adâncimi de doi metri. Ovăzul (*Avena sativa* L.) reprezintă o sursă nutrițională importantă atât în hrana oamenilor cât și a animalelor. În România, suprafața cultivată cu ovăz, conform datelor înregistrate de INS pentru anul 2020, a ocupat 102 mii de hectare cu o producție medie de 1942 kg/ha. Ovăzul cultivat împreună cu mazăricea produc borceagul de primăvară care este utilizat ca nutreț verde și ajută la regenerarea solurilor prin fixarea azotului atmosferic.

4.2. Determinarea consumului anual de pesticide în România

Pe plan mondial, pesticide sunt utilizate în cantități extrem de variate (fig.1.) Spre exemplu, Costa Rica, care este printre primele cinci țări exportatoare de fructe tropicale [2], a avut un consum de 20,6 kg de pesticide pe hectar în anul 2019 conform datelor statistice [3], pe când SUA, cel mai mare exportator de cereale, a avut un consum mediu de pesticide în același an de 2,8 kg de pesticide. România, conform datelor statistice (fig.2.), a avut un consum de 0,7 kg de pesticide pentru aceeași perioadă. În România, cantitatea de pesticide (insecticide și fungicide) necesară tratării semințelor de cereale pentru boabele este de aproximativ 575 de tone substanță activă (S.A.), iar până în anul 2030 va trebui să ajungă la jumătate.

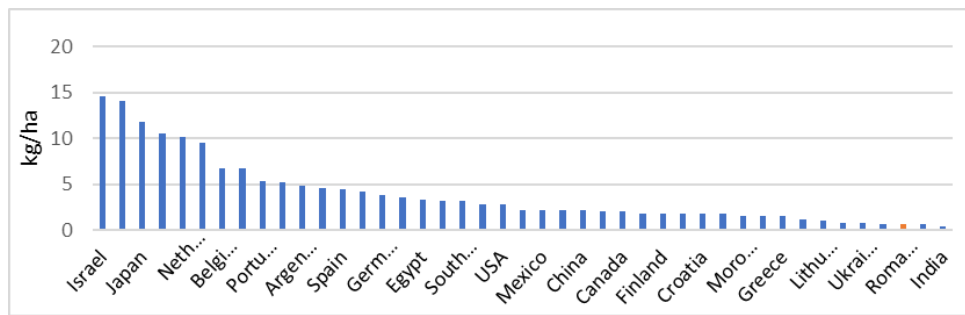


Fig.1. Cantitatea de pesticide utilizate în lume în anul 2019

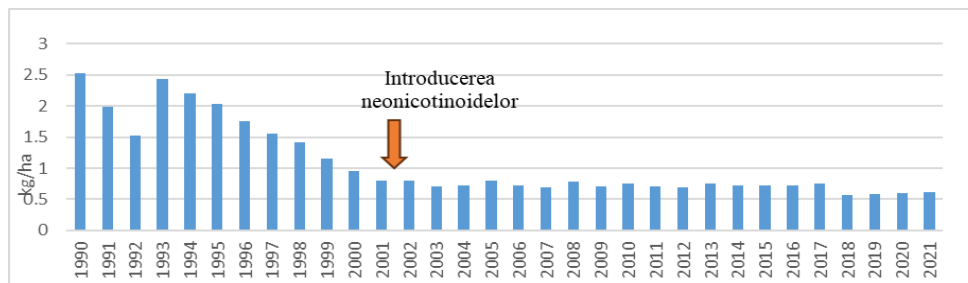


Fig.2. Cantitatea medie de pesticide utilizate pe un hectar în Romania între 1990-2021 (FAOSTAT)

În lucrarea „Impact of Seed Treatment with Imidacloprid, Clothianidin and Thiamethoxam on Soil, Plants, Bees and Hive Products”, [8] autorii au analizat în cinci ani de monitorizare (2018-2022) 653 de probe ce ar fi putut conține substanțe active folosite la tratarea semințelor. Numărul cel mai mare al probelor pozitive a fost înregistrat în probele de sol (fig.3.), iar prezența substanțelor a fost semnalată chiar și în organele florale sau polen. În acest caz activitatea biocidă a produselor de tratat semințele a depășit cu mult momentul fenologic de două-patru frunze a plantelor când pot apărea pagube produse de gărgărița porumbului (*Tanymecus dilaticollis* L.) Aceste date demonstrează că cel puțin 20 de procente din masa produsului de tratat au rămas în sol și alte 20 de procente au fost utilizate inutil.

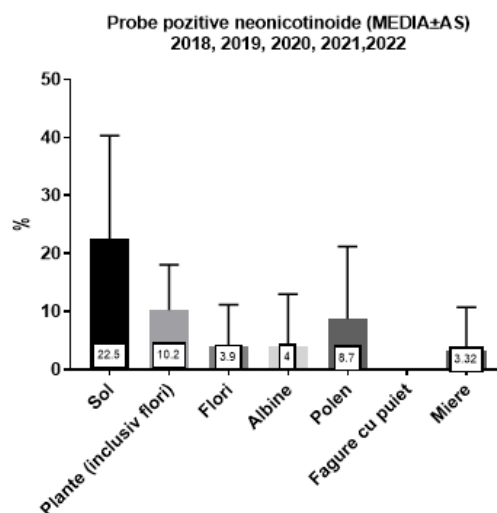


Fig.3. Procentul probelor pozitive cu neonicotinoide (Zaharia R. Fatu V. si colab. 2023), [8]

Probele de sol au fost considerate pozitive atunci când cantitatea de pesticide a depășit valoarea de 0,01 mg/kg (limita de cuantificare a echipamentului de analiză). Prin efectuarea unui calcul pe adâncimea de prelevare a probelor de 10 cm rezultă o acumulare de minim 12 grame de pesticide la hectar în stratul 0-10 cm. Având în vedere ca solul este prelucrat mecanic

până la adâncimea de 25 de centimetri în fiecare an, ar rezulta o acumulare teoretică minimă de 30 de grame, ceea ce reprezintă aproximativ 33% suta din cantitatea de insecticide administrată anual odată cu semănatul semințelor tratate. În concluzie, recomandarea Comisiei Europene cu privire la reducerea cantității de pesticide la jumătate devine fezabilă.

4.3. Identificarea principalele cauze de poluare a solului cu pesticide

Necesitatea crescândă de hrană și tendința de reducere a forței de muncă în domeniul cultivării plantelor au impus adoptarea la scară mare a metodelor chimice de control a populațiilor de agenți dăunători indiferent de implicațiile ecotoxicologie rezultate. În ultimii șaptezeci de ani s-a constatat că organismele dăunătoare au dobândit o capacitate de adaptare biochimică și comportamentală la pesticide având ca urmare pierderea eficacității acestor substanțe, [5], fiind astfel necesar creșterea dozei administrate pe suprafața agricolă. Schimbările climatice, în special ariditatea crescută, și nivelul redus al precipitațiilor, conduc la o absorbție scăzută a pesticidelor din sol odată cu apa. Absorbția scăzută împreună cu timpul de înjumătățire ridicat al pesticidelor favorizează acumularea multianuală a pesticidelor în sol. O cauză majoră a poluării cu pesticide este cultivarea unei singure specii de plante pe același teren mai mulți ani. Monocultura în cazul cerealelor favorizează înmulțirea dăunătorilor și a fitopatogenilor rezultând un atac al acestora mai mare și implicit efectuarea unui număr ridicat de tratamente fitosanitare cu pesticide.

4.4. Descrierea metodelor și tehnicilor de tratare a semințelor

În funcție de scopul dorit, tratarea semințelor poate fi clasificată în patru tipuri de tratament: (1) tratamente pentru întreruperea dormanței; (2) tratamente pentru favorizarea creșterii și dezvoltării, (3) tratamente curative împotriva dăunătorilor și patogenilor și (4) tratamente preventive ce asigură protecția seminței și a plantei împotriva bolilor și atacului dăunătorilor.

Tratamentele pentru întreruperea dormanței constau în îmbibarea semințelor cu apă în vederea amorșării reacțiilor biochimice prin activarea enzimelor endogene. Tratamentele la sămânță ce favorizează creșterea și dezvoltare constau în adăugarea unei mase de substanțe nutritive sau hormoni de creștere la masa semințelor. Tratamentele curative efectuate la semințe au în general ca scop prelucrarea acestora pentru industria alimentară sau depozitarea de lungă durată. Acest tip de tratamente folosește substanțe care pot fi înlăturate din masa de semințe cum ar fi fosfura de aluminiu sau formiatul de etil în combinație cu dioxid de carbon, [6]. Tratamentele preventive la semințe sunt efectuate în scopul protejării acestora în primele stadii vegetative în cazul manifestării unui eventual atac al agenților de dăunare.

În funcție de starea de agregare a agentului de tratare se disting ca metode: (1) tratamente cu gaze (fumigație); (2) tratamente uscate (cu pulberi); (3) tratamente cu lichide și (4) tratamente mixte cu lichide și pulberi.

Tratarea semințelor prin fumigare: presupune ventilarea unui curent de aer ce conține insecticide sub formă de vapori peste o masă de semințe. Acest tip de tratament al semințelor este folosit în principal în silozurile închise. În ultimii ani, acest tip de tratare a căpătat un trend ecologic deoarece au apărut studii cu rezultate promițătoare privind controlul insectelor în depozite de semințe și legume/fructe folosind substanțe volatile repelente cu toxicitate scăzută.

Tratarea uscată se aplică la un număr mare de culturi: cereale, legume și culturi tehnice și constă în aplicarea pe suprafața semințelor a substanțelor active în stare solidă, condiționate sub formă de pulberi. Împreună cu substanțele active mai pot fi utilizate ca aditivi cărbunele activ sau polietilenglicolul. Procedul de tratare a semințelor cu pulberi uscate a început să fie

utilizat mai des în ultimii ani ca urmare a introducerii agenților de tratare fără toxicitate (micronutrienți, promotori de creștere, enzime naturale, microorganisme fixatoare de azot).

Tratarea umedă este o metodă care implică înmuierea semințelor în soluția sau suspensia de tratare. De obicei, pentru efectuarea acestui tip de tratament este necesar un volum de apă de 100 de litrii la tona de semințe. Din punct de vedere al eficacității, tratamentele umede au și un efect curativ imediat, distrugând formele microbiene de rezistență intrate în cavitățile seminței, iar gradul de acoperire este mai ridicat decât în cazul tratării uscate. Metoda devine dificilă în momentul în care este necesară deshidratarea semințelor deoarece implică captarea și reciclarea pesticidelor eliminate odată cu vaporii de apă.

Tratarea semilichidă (Slurries) sau tratarea prin mocirlire se bazează pe amestecarea unei cantități mici de apă cu produsul de tratat formând o suspensie densă. Aceasta este introdusă într-o mașina de amestecare astfel încât să poată fi dozată bine. Mașinile destinate acestui tip de tratament au un dispozitiv de control al debitului de sămânță, un rezervor cu agitator pentru a menține în suspensie amestecul suficient de omogen, dispozitiv de dozare și amestecare. prin acest tratament, semințele sunt acoperite cu un strat destul de dens de suspensie care nu numai că dezinfectează suprafața seminței, dar prin cantitatea mare de produs depusă pe sămânță protejează planta și față de patogenii de sol pe o perioadă mai lungă. Cantitatea mică de apă în general, 3-8 l pe tona de semințe, înlătură necesitatea uscării semințelor. Această metodă de tartare a semințelor este foarte des aplicată în instalații industriale pentru tratarea porumbului. O metodă mai nouă adaptă tratării semințelor prin mocirlire este glazurarea și peletizarea semințelor. În această metodă sunt utilizate lichide cu proprietăți adezive, pudre de umplere și ingrediente active.

Principalele tehnici de tratare a semințelor implică utilizarea substanțelor, a undelor electromagnetice, a curenților electrici, a câmpurilor magnetice și a variațiilor de presiune prin intermediul pulsațiilor acustice. Aceste tehnici au la baza doza agentului de tratare, timpul de expunere a seminței și efectul indus. Pentru ca efectul indus semințelor să fie benefic este necesară existența unei sinergii sau a unui raport optim între doza agentului de tratare și timpul de expunere.

Tratamentul cu apă caldă la semințe și calusuri este cunoscut ca metodă de inactivare a virusurilor transmise prin sămânță. În cazul semințelor de morcovi, varză, țelină, păstârnac și salată, tratamentul cu apă caldă a dat rezultate foarte bune cu privire la controlul patogenilor *Alternaria* spp. *Phoma* spp., *Peronospora* spp., *Septoria* spp., și *Xantomonas* la o temperatură de 50°C pentru 30 de minute, [7]. În tabelul 4. sunt prezentate valorile temperaturii și timpul de expunere pentru efectuarea tratamentelor cu apă caldă.

Tabelul 6. Parametrii de tratare ai semințelor cu apă fierbinte, [4]

Legume	Temperatura băii de tratare a apei (°C) și timpul (min.)			
	47,7 (°C)	48,8 (°C)	50 (°C)	51,6 (°C)
Broccoli			20	
Varză de Bruxelles			25	
Varză			25	
Varză chinezească			20	
Morcov			15 - 20	
Conopidă			20	
Țelină	30			
Varză Collard			20	
Castraveți			20	
Vânată			25	
Usturoi		20		
Napi			20	
Gulie			20	

Legume	Temperatura băii de tratare a apei (°C) și timpul (min.)			
	47,7 (°C)	48,8 (°C)	50 (°C)	51,6 (°C)
Salată	30			
Muștar			15	
Ardei				30
Ridichii			15	
Nap suedez			20	
Spanac			25	
Tomate			25	

Tratamentul cu radiație ultravioletă în bandă (UV-C, 100–280 nm) a dat rezultate semnificative privind germinația și vigoarea soiei, grâului și pinului utilizând o doză de 43,20 kJ/m²/zi și florii soarelui utilizând o doză de 2,88 kJ/m²/zi, [9]. Efectul benefic al radiației UV asupra pinului era oarecum de așteptat, deoarece planta face parte din grupul Gimnospermelor al căror ecosistem este situat la altitudini ridicate unde radiația UV este mai mare.

Tratamentele cu plasmă reprezintă un domeniu nou, deoarece sunt necesare echipamente de lucru complexe, unde se operează cu controlul vacuumului, timpul de expunere, diferența de potențial dintre electrozi 1-10ev, radiație electromagnetică ce se întinde de la 150 nm până la 1100 nm, iar identificarea unor parametri biologici măsurabili este dificilă exceptând biotestele de germinație și creștere radiculară. Prin utilizarea plasmei non-termale, Zhang și colab. [10] au obținut rezultate vizibile privind talia semințelor de ardei. Utilizarea echipamentelor de testare și tehnologia de tratare a semințelor cu plasma rece își are originea dezvoltării în programele spațiale de creștere a plantelor în condiții extreme.

4.5. Descrierea echipamentelor și aparaturii utilizate la tratarea semințelor

Adiționarea unei cantități de produs destinat tratării semințelor pe suprafața acestora sau în interiorul lor presupune efectuarea unei serii de procese de lucru cum ar fi: cântărirea semințelor, dozarea produsului echivalent masei de semințe, omogenizarea acestora și condiționarea semințelor tratate. Complexitatea procesului de tratat semințe este dată de tipul de echipament utilizat și de cerințele legislative din domeniu. Cel mai simplu proces de tratare a semințelor are la bază un echipament (fig.4.) compus din cadru metalic de susținere, tambur de amestec cu formă cilindrică montat excentric pe un ax orizontal acționat manual prin intermediul unei manivele.



Fig. 4. Aparat de tratat semințe operat manual, [11]

Procesele de lucru devin deosebit de complexe atunci când obținerea de semințe tratate trebuie să îndeplinească standarde exigente privind calitatea semințelor, protecția muncitorilor, protecția mediului și gestionarea reziduurilor de substanțe. Un astfel de echipament (fig.5.) este compus din elemente de alimentare cu semințe și produse destinate tratării semințelor controlate electronic, tamburul de omogenizare dotat cu accesorii pentru spălare și curățare pe interior, compartimentul de cântărire și ambalare și un sistem de captare și depozitare a reziduurilor produse în timpul operației.



Fig.5. Echipament industrial de tratat semințe, On Demand, Bayer, [12]

A. Echipamente de tratat semințe de tip tambur rotativ

Din categoria echipamentelor de tratat semințe de tipul tambur rotativ fac parte echipamentul românesc de tratat semințe MTS (fig.6.) și echipamentul Panogen optimizat pentru protecția muncii. Echipamentul de tratat semințe MTS1 este de producție românească și este capabil să trateze semințele simultan sau separat cu pulberi și lichide.

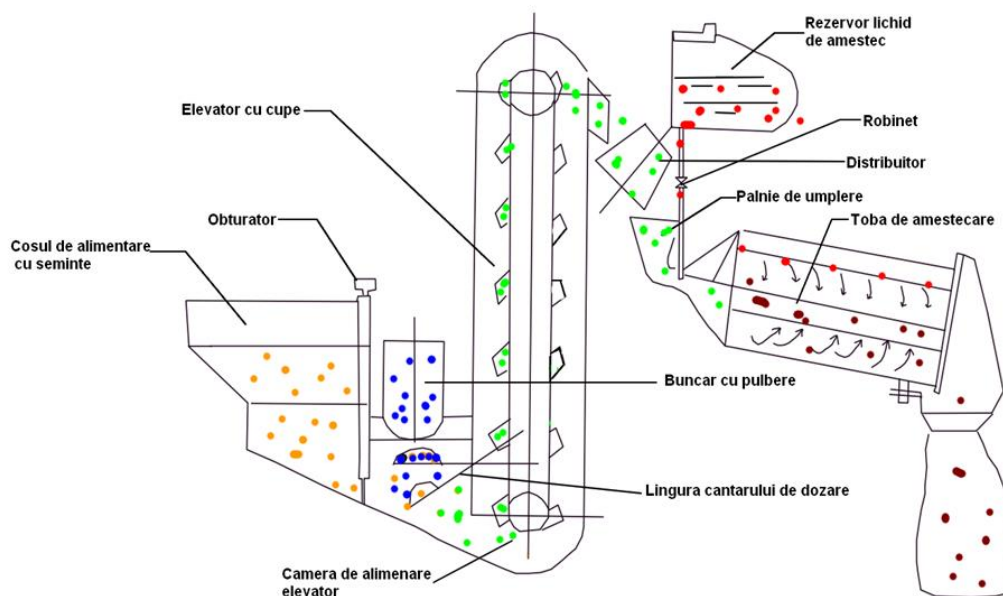


Fig.6. Mașina de tratat semințe (MTS), [13]

Echipamentul este compus din coșul de alimentare cu semințe, obturator, primul cântar de dozare a pulberii, buncărul cu pulberi, elevator cu cupe, cântarul al doilea pentru dozarea lichidului de tratare, rezervor cu lichid de tratare și tambur de omogenizare. Semințele din buncărul echipamentului sunt vărsate în mod controlat prin intermediul unei clapete ce regleze suprafața orificiului de golire într-o lingură de cântărire și dozare. Când lingura de cântărire se umple, execută o mișcare de balansare în jos producând deschiderea orificiului de la baza buncărului de pulberi și eliberarea unei cantități de pulberi după care urmează golirea și ridicarea în poziția inițială. Această acțiune oscilantă controlează debitul de semințe și cantitatea de produs sub formă de pulbere. Semințele după cântărire cad într-o cuvă unde sunt preluate de un elevator cu cupe și vărsate într-un vas legat de un braț oscilant cu contragreutate. Când vasul se umple execută o mișcare de golire și antrenare a unui robinet de dozare al lichidului de tratare poziționat la baza vasului cu lichid. Amestecul de semințe, pulberi și lichid este dirijat printr-un jgheab în tamburul rotativ care execută operația de omogenizare și evacuare în sac. Timpul de omogenizare este controlat prin viteza de rotație a tamburului, înclinația acestuia și forța arcului ce presează pe clapeta de evacuare.

Echipamentul Panogen (Panogen – metilmercur dicyandiamida – $C_3H_6HgN_4$, fig.7.) era destinat tratării semințelor cu produse mercurice. Deoarece aceste produse sunt foarte toxice pentru operatori, echipamentul este dotat cu un exhaustor ce realizează o presiune a aerului în interiorul tamburului de amestec mai mică decât cea atmosferică. Deși produsele pe bază de compuși mercurici au fost interzise în 1982, echipamentul încă prezintă interes practic. Din punct de vedere constructiv echipamentul este compus dintr-un coș de alimentare cu semințe, balanță de cântărire a semințelor ce controlează debitul de produs lichid, pompa de umplere a vasului cu lichide, tambur de omogenizare și exhaustor pentru vapori și particule toxice. Principiul de tratare al semințelor este asemănător echipamentelor cu tamburi rotativi având ca deosebire acțiunea de extracție și evacuare a particulelor și gazelor toxice din tamburul de omogenizare.

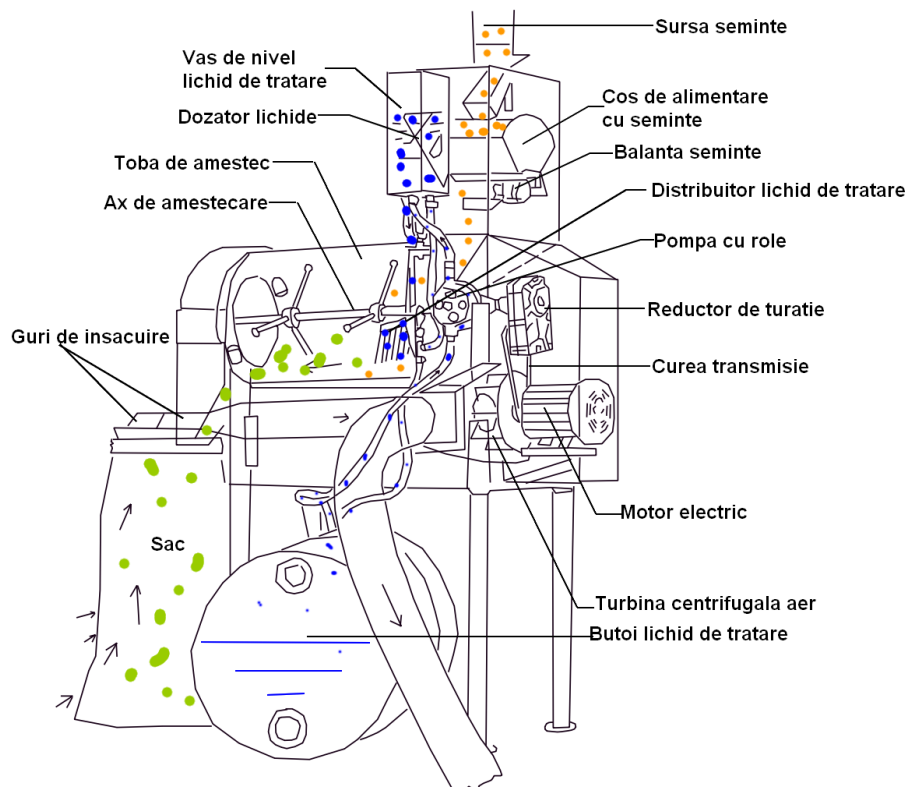


Fig.7. Schema de funcționare a mașinii de tratat semințe cu lichide optimizată

Tot din categoria echipamentelor de tratat semințele de tip tambur rotativ face parte și echipamentul proiectat de John J. Simmons (fig.8.) brevetat în anul 1984. Spre deosebire de echipamentele MTS și Panogen, acest echipament are doi tamburi rotativi, unul dedicat amestecului semințelor cu produse lichide sau lichide adezive și al doilea pentru amestecul semințelor umezite cu un produs sub forma de pulbere. Alimentarea cu semințe și transportul acestora se face în cascadă de la tamburul unu la tamburul doi. Debitul de semințe și de pulberii este controlat cu ajutorul unui rotor stelat antrenat de un motor electric cu turație variabilă, iar cel al lichidelor cu ajutorul unei electrovalve.



Fig.8. Schema de funcționare a mașinii de tratat semințe cu pulberi și lichide în două etape, după brevetul american cu numărul 4,465,017 din 1984 al John J. Simmons, [14].

B. Echipamente de tratat semințe de tip discuri centrifugale

Echipamentul de tratat semințe brevetat de Lund în 1999 [15], (fig.9) aduce un element de noutate în ceea ce privește fluxul semințelor și al lichidelor de tratare în interiorul instalației. Aparatul de îmbrăcat semințe constă într-o incintă deschisă pe interior prevăzută cu guri de încărcare și golire, un arbore dublu (concentric) antrenat de două motoare cu viteze de rotații diferite ce pun în mișcare un distribuitor de semințe și un disc ce produce o cortină de aer cuplat cu un cap de dispersie a lichidelor de tratare. Brațul de dozare a semințelor este amplasat pe axul exterior și constă într-un trunchi de con cu mai multe lame dispuse radial ce formează sertare care se îngustează spre margini. Pe axul interior sub distribuitorul conic de semințe se afla un disc rotativ, care de la o viteză de rotație de 1000 rpm produce un flux de aer asemănător unei cortine ce dispersează uniform semințele pentru a putea fi stropite pe toate părțile cu lichide de tratare. Tot pe axul interior se află și capul de dispersie al lichidelor compus dintr-un vas rotativ în formă de trunchi de con cu perforații pe pereții exteriori și un capac fix prin care sunt conectate conductele de administrare a lichidelor. Sub acțiunea forței centrifuge de pe suprafața capului de dispersie se eliberează picături fine accelerate ce lovesc semințele. Volumul lichidului dispersat și dimensiunea picăturilor pot fi controlate prin introducerea unui ecran deflector interschimbabil în interiorul capului de dispersie prin care sunt debitate fante de diferite lățimi. Semințele sunt dozate cu ajutorul unui ax conic prevăzut cu aripiore ce delimitează un volum cunoscut. Prin rotația axului conic cu aripiore sunt extrase cantități egale din coșul de alimentare cu semințe. În funcție de turația motorului electric care antrenează conul

de distribuție se poate regla debitul de lucru al instalației de tratare. Viteza de rotație a axului conic de dozare a debitului de semințe este sincronizată cu valvele de control al debitului de lichide. Un element de noutate în acest tip de instalație este formarea aerosolilor prin forțe centrifugale induse lichidelor de către capul axului interior ce posedă site cu diametre mici. Cu cât viteza de rotație a axului interior este mai mare, cu atât este mai fină ceața de aerosoli. Axul secundar este prevăzut cu un disc rotativ ce formează o cortină de aer care dirijează semințele uniform către camera de amestec. În această instalație semințele nu sunt supuse frecării ca în sistemele cu tamburi.

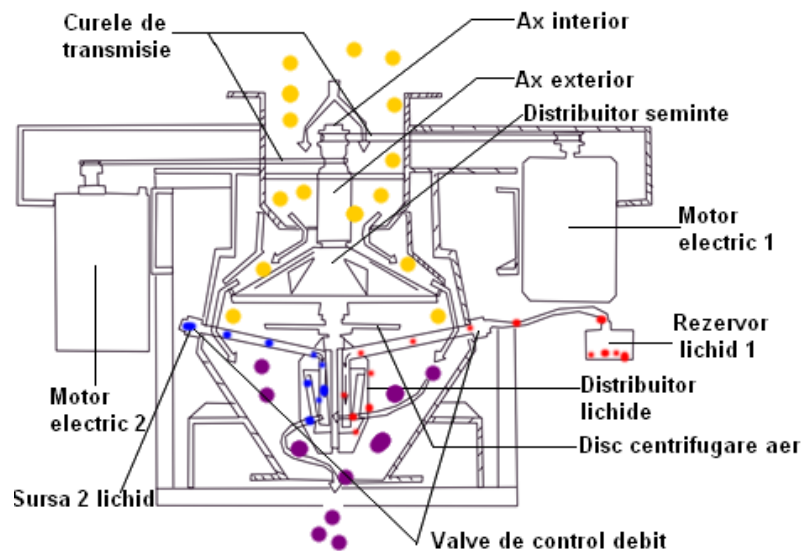


Fig.9. Schema de funcționare a mașinii de tratat semințe cu lichide optimizată, pentru reducerea degradării semințelor prin abraziune

Tot din categoria echipamentelor de tratat semințe de tip discuri centrifugale fac parte și echipamentele Wallez și MTS-4 (fig.10). Elementul de distinctiv al acestui echipament (MTS-4) este dat de prezenta unui elevator cu cupe și omogenizarea produsului cu semințele în doua etape prin utilizarea a doua discuri centrifugale.

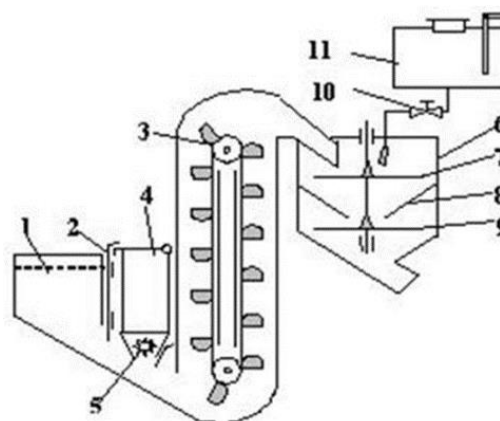


Fig.10. Echipament de tratat semințe de tip discuri centrifugale, [16]

- 1.coș de alimentare cu semințe, 2.clapetă glisantă de reglaj al debitului de semințe, 3.elevator cu cupe, 4.vas cu pulberi, 5.dozator stelat, 6.incintă de omogenizare, 7.primul disc centrifugal, 8.pâlnie, 9.al doilea disc centrifugal, 10.valvă de control al debitului de lichid de tratare, 11.vas cu lichid de tratare

C. Alte echipamente de tratat semințe

În fig.11 este prezentată schema de funcționare a unui echipament de tratat semințe cu debit ridicat, ce poate fi montat deasupra containerelor de transport. Aerosolii lichidului de tratare sunt formați pe cale hidraulică utilizând pompe de presiune înaltă și duze de atomizare. Instalația este prevăzută cu control pneumatic al gurilor de admisie și evacuare. Sincronizarea cantității de semințe cu lichidul de tratare se face cu ajutorul unui dispozitiv de măsurare a debitului de cereale cuplat cu valvele de control al fluidului pulverizat și prin compoziția lichidului de tratare. În interiorul instalației semințele sunt agitate și răsucite pe toate părțile de forța jetului lichidului de tratare. Semințele captează pe suprafață o cantitate scăzută de lichid, restul fiind recuperat de către o pompă ce aspiră lichidul acumulat într-o zonă special proiectată. Prin această metodă de tratare, semințele tratate nu necesită un tratament ulterior de uscare.

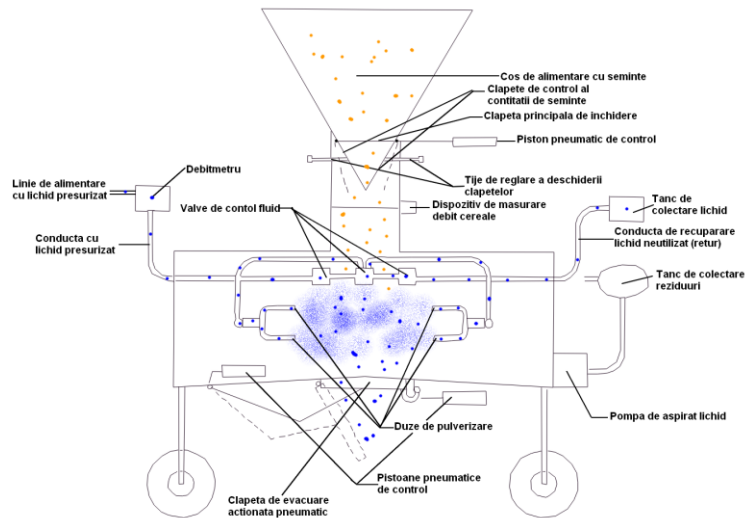


Fig.11. Schema de funcționare a mașinii de tratat semințe cu lichide optimizată, pentru debit ridicat de semințe, [17]

Tratarea semințelor prin expunere la radiații electromagnetice neionizante sau câmpuri magnetice cu densitate ridicată sunt încă metode experimentale. Astfel de echipamente sunt prezentate în figurile 12 și 13.

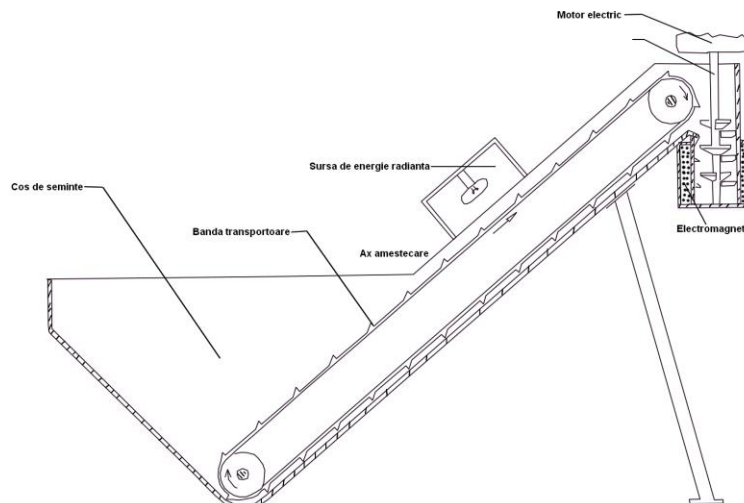


Fig.12. Schema de funcționare a mașinii de tratat semințe cu energie radiantă și câmp electromagnetic, [18]

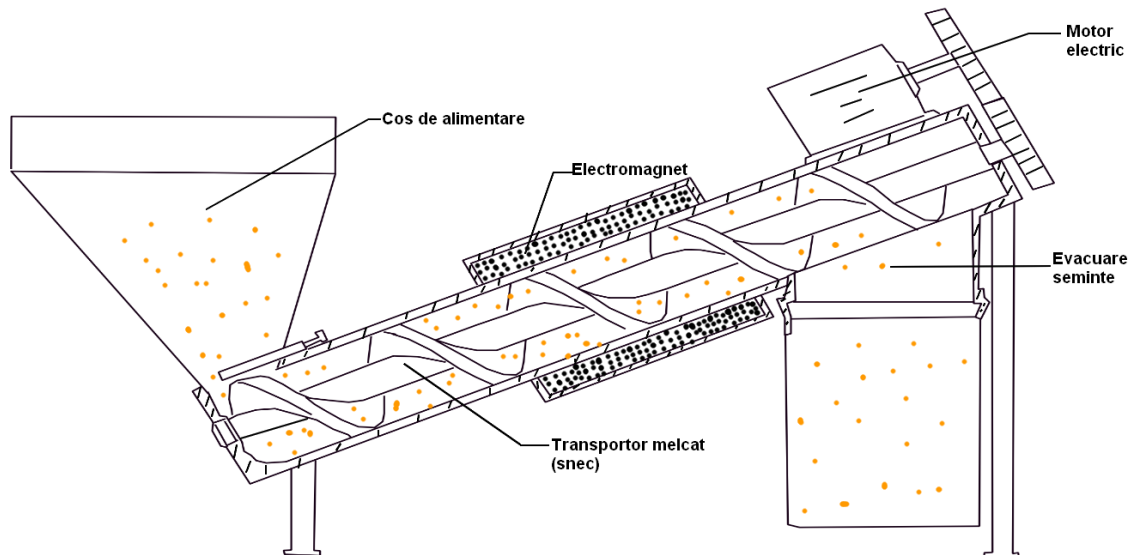


Fig.13. Schema de funcționare a mașinii de tratat semințe cu câmp electromagnetic, [19]

Un echipament de tratat semințe prin imersie care poate scurta timpul de execuție este prezentat în fig.14, unde este utilizat un emițător de unde de șoc (acustice sau ultrasonice) ce favorizează apariția cavitației oscilante în semințe generând o absorbție accelerată a lichidului de tratare. Autorul brevetului susține că se obțin rezultate pozitive utilizând doar apa ca lichid de tratare. Dozarea frecvenței și amplitudinii pulsațiilor de presiune în cazul acestui echipament trebuie să fie bine controlată, deoarece acest proces de regulă este utilizat în dezintegrarea membranelor celulare.

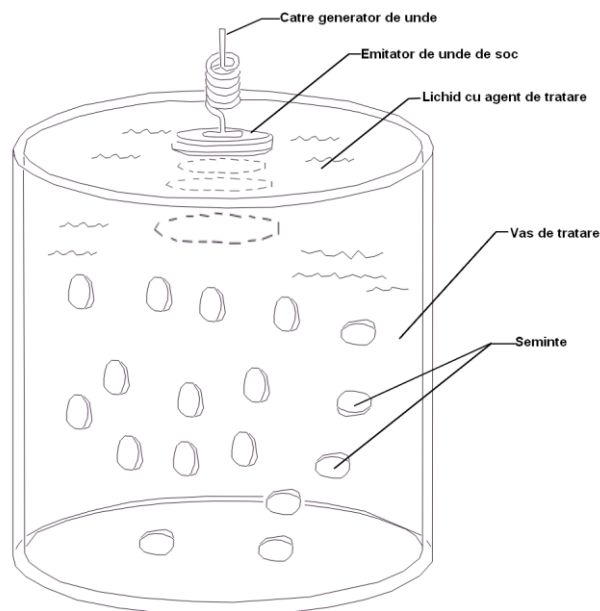


Fig.14. Schema funcționării mașinii de tratat semințe prin imersie asistată cu unde de șoc, [20]

Tehnologia de tratat semințe prin utilizarea plasmii reci începe să fie cunoscută în anul 2015 odată cu publicarea lucrării științifice „Cold Plasma: A novel Non-Thermal Technology for Food Processing”, [21], deși echipamentul era realizat în anul 2005 de către compania

Changzhou Zhongke Changtai Plasma Technology Co., Ltd având denumirea „HD-2N Cold Plasma Seed Processor” (fig.15).



Fig.15. Echipament de tratat semințe prin utilizarea plasmei reci HD-2N Cold Plasma Seed Processor (Changzhou Zhongke Changtai Plasma Technology Co., Ltd)

Conform producătorului caracteristicile echipamentului sunt: putere instalată 500 W, frecvența curentului de descărcare 13,56 MHz, presiunea gazului în incinta 80-150 Pa, productivitate 80-120 kg/oră. Principiul de funcționare al echipamentului constă în producerea speciilor reactive ale oxigenului prin disocierea apei. Aceste molecule au proprietăți antiseptice și pot distruge microorganismele prezente în masa de semințe dar și neutralizarea substanțelor toxice volatile, [21].

4.6. Descrierea echipamentelor si aparaturii utilizate la tratarea semințelor prin vacuumare

Echipamentul de tratat semințele prin utilizarea pulsațiilor acustice si ultrasonice prezentat în fig.14 și echipamentul de tratat semințele cu plasmă rece prezentat în fig.15 utilizează vacuumul în maniere diferite. În procesul de lucru al primului echipament, vacuumul apare pentru perioade foarte scurte în urma manifestării fenomenului de cavitație generat de pulsațiile acustice sau ultrasonice. Prezența vacuumului nu este continuă ci pulsatorie, iar frecvența de apariție a vacuumului este legată de frecvența oscilațiilor emițătorului de unde. Volumul cavitației în care apare vidul este determinat de amplitudinea undei emise. În momentul colapsului bulelor de vid se formează unde de soc ce au un efect distructiv asupra materialelor cu care iau contact. Prin efectul repetitiv al undelor de soc se favorizează distrugerea mecanică a microbilor ce pot infecta suprafața sau interiorul semințelor. Alegerea frecvenței și amplitudinii undelor de soc este critică deoarece în timpul procesului pot fi distruse și celulele embrionului din semințe. În procesul de lucru al celui de-al doilea echipament (fig.15), prezența vacuumului este o condiție obligatorie pentru apariția plasmei reci între anodul și catodul generatorului de plasmă. Prin faptul că energia cinetică a particulelor accelerate poate ajunge până la 10eV, rezultă apariția undelor electromagnetice ionizante ce induc formarea

speciilor reactive ale oxigenului. Doua dintre aceste specii sunt ozonul și apa oxigenată. Este recunoscut faptul că apa oxigenată și ozonul au efecte anti microbiene, fiind folosite în mod curent în practicile medicale de dezinfectare a suprafețelor.

În cadrul tezei de doctorat a fost propus un echipament de tratare a semințelor prin utilizarea vacuumului ca metodă de facilitare a transportului de substanțe lichide în mediul poros al semințelor a cărei schema de principiu este prezentată în fig.16.

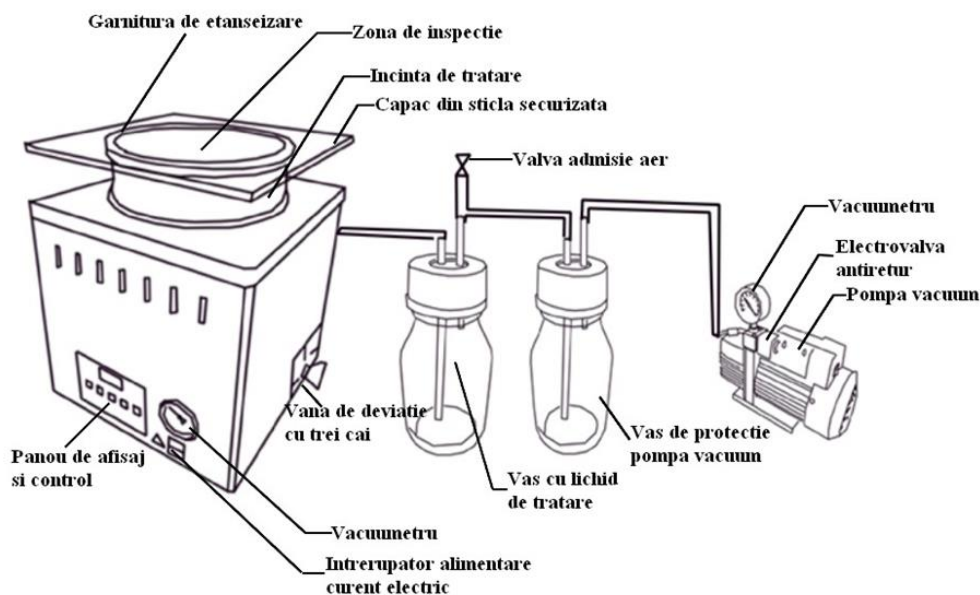


Fig.16. Echipament de tratat semințe cu ajutorul vacuumului

Echipamentul este alcătuit din patru părți: incinta de tratare, rezervorul cu lichid de tratare, pompa de vacuum și elemente de protecție și control al procesului. Procesul de lucru al echipamentului presupune efectuarea a două acțiuni. În prima acțiune, aerul din porii interni ai semințelor este vacuumat, iar în a doua acțiune are loc absorbția accelerată a lichidului de tratare în locul aerului evacuat. Procesul de tratare are o durată scurtă de până la 10 minute pe șarjă.

4.7. Descrierea proprietăților de bază a soluțiilor și substanțelor utilizate în tratamentul semințelor

Tratamentul de învelire a semințelor constă în aplicarea unei pulberi fine sau a unui lichid ce conține solide dizolvate sau suspendate pe suprafața semințelor, formând un strat continuu cu grosime uniformă. În literatura de specialitate, tratamentul de învelire al semințelor ("seed coating") mai poate fi numit peletizare, drajare, granulare și filmare. Peletizarea constă în aplicarea pe suprafața seminței a unei cantități de material solid cu scopul măririi volumului sau a greutateii în vederea semănatului cu precizie ridicată. Drajarea semințelor este similară peletizării aplicându-se în special semințelor de dimensiuni mici. Granularea semințelor este poate una dintre cele mai vechi metode de tratare a semințelor și constă în înglobarea semințelor într-o plămadă groasă care după uscare capătă aspectul unor bile. Învelirea semințelor prin filmare constă în acoperirea seminței cu un strat foarte subțire. În general, filmul depus are rol adeziv sau colorant și poate constitui un tratament de sine stătător sau o secvență intermediară într-un proces de învelire complex. Tehnologia de tratare a semințelor prin învelire sau îmbrăcare presupune utilizarea lichidelor condiționate pentru a fi compatibile simultan cu echipamentele mecanice, cu semințele și cu scopul final al tratamentului. Principalele

proprietăți tehnologice identificate ale fluidelor utilizate în tratamentele de învelire a semințelor sunt:

- Densitatea fluidelor de tratare a semințelor;
- Vâscozitatea lichidelor;
- Adezivitatea;
- Corozivitatea;
- Culoarea;
- Mirosul;
- pH-ul lichidelor.

4.8. Descrierea proprietăților fizice și tehnologice a semințelor de cereale pentru boabe

În mod curent, îmbrăcarea semințelor cu produse de tratare se încadrează între 300 g/tonă și 6 kg/tonă. Capacitatea maximă de încărcare a semințelor cu produse de protecția plantelor este dependentă de proprietăți ale semințelor cum ar fi: dimensiunea, masa, densitatea, rugozitatea suprafeței, porozitatea, umiditatea și imbibitiția. În unele cazuri utilizarea capacității maxime de încărcare a semințelor cu produse de protecția plantelor poate influența negativ procesele fiziologice ale semințelor cum ar fi respirația, dormanța și germinația. În tabelul 7. sunt prezentate principalele proprietăți fizice și tehnologice ale semințelor mai multor specii de plante cultivate pentru consumul uman și animal:

Tabelul 7. Principalele proprietăți fizice și tehnologice ale semințelor, [22]

Cereale	Masa a 1000 de boabe (g)	Conținut apă (umiditate) (%)	Densitatea aparentă (kg/m ³)	Porozitate (%)	Lungime (mm)	Lățime (mm)	Grosime (mm)	Indice de sfericitate
Orz	30-50	9,7-10,7	618	39,5-57,6	8,4	3,6	2,8	0,52
Rapiță	5-6	6,5-6,7	669	38,4-38,9	1,8	1,7	1,7	0,96
Porumb	250-300	9-15	721	40,0-44,0	9,4	8,2	5,1	0,78
In	4-7	5,8	721	34,6				
Ovăz	30 - 45	9,4-10,3	412	47,6-55,5	11,5	3,1	2,6	0,39
Orez	15-20	11,9-12,4	579	46,6-50,4	7,3	2,3	2,2	0,46
Secară	25-35	9,7	721	41,2	7,2	2,9	2,6	0,53
Soia	140-150	6,9-7	722	33,8-36,1	8,2	6,6	5,6	0,82
Grâu	41 - 45	9,9	722	39,6-42,6	6,7	3,2	2,9	0,59

4.9. Identificarea și descrierea indicilor calitativi ai echipamentelor de tratare a semințelor

Evidențierea diferențelor dintre echipamentele de tratat semințele este o condiție de bază în alegerea tipului de echipament necesar unei companii de tratat semințe. Astfel, în afară de criteriul economic în alegerea unui tip de echipament este necesară cunoașterea performanțelor echipamentului. În cadrul tezei au fost identificați principalii indici calitativi ai echipamentelor de tratat semințele inclusiv pentru echipamentul de tratat prin utilizarea vacuumului. Acești indici (tabelul 8.) au fost clasificați în patru categorii de indici calitativi după cum urmează: (1) indici calitativ ce țin de construcția echipamentului; (2) indici calitativi ce țin de procesul de tratare; (3) indici calitativi ce țin de calitatea produsului finit și (4) indici ce țin de calitatea tratamentului.

Tabelul 8. Indicii calitativi ai echipamentelor de tratat semințele

Indici calitativi constructivi	Indici calitativi ai procesului de tratare	Indici calitativi ai produsului finit (semințe tratate)	Indici calitativi ai tratamentului
Dimensiune	Cantitatea de produs adăugată la masa seminței	Integritatea fizico-mecanică a semințelor	Procentul de germinație
Putere instalată	Uniformitatea produsului pe suprafața sau interiorul semințelor	Conținutul de produs regăsit în masa seminței	Viteza de creștere
Debit de tratare	Pierderi de produs prin aderența pe suprafața de lucru	Conținutul de apă	Procentul de răsărire
Randament energetic	Gradul de recuperare a produselor neutilizate	Conținutul de praf în masa de seminței	Eficacitatea tratamentului
Gradul de siguranță chimică și biologică	Gradul de dificultate al operării echipamentului	Timpul de păstrare	Durata efectelor benefice oferite de tratament
Viteză de vacuumare	Durata procesului		
Procentul de vacuum obținut	Consumul specific de energie pe kilogram de semințe		

4.10. Identificarea și descrierea parametrilor care influențează procesul de tratare a semințelor

În procesul de transformare al semințelor din produs proaspăt recoltat în produs industrial cu proprietăți agricole îmbunătățite participă semințele, produsul cu care se face tratamentul, echipamentul care efectuează tratamentul, condițiile ambientale existente și cele de bio-securitate impuse și protocolul de tratare. Pentru crearea unei imagini de ansamblu a principalilor factori implicați în procesul de tratare a semințelor a fost realizată o ordonare a parametrilor în cinci tipuri de factori (tabelul 9):

1. factorii biologici ce țin de proprietățile morfologice și fiziologice ale semințelor;
2. factorii fizico-chimici ce caracterizează produsul cu care se tratează semințele;
3. condițiile atmosferice în care se efectuează tratamentul;
4. specificațiile tehnice ale echipamentului de tratat semințele;
5. protocolul procesului de tratare a semințelor.

Tabelul 9. Principalii parametri care influențează procesul de tratare a semințelor

Factori biologici (semințe)	Factori fizico-chimici (produs de tratare)	Factori atmosferici	Factori constructivi	Factori de proces (parametrii de lucru)
Geometria semințelor	Cantitatea produsului de tratat	Umiditate atmosferică	Dimensiunile constructive ale echipamentului	Volumul tehnologic
Masa semințelor	Conținutul de apă al produsului de tratat	Presiunea atmosferică	Puterea echipamentului	Procentul de încărcare al echipamentului
Densitatea semințelor	Concentrația substanței active din produsul de tratat	Temperatură	Productivitatea (debitul de semințe tratate)	Timpul de omogenizare

Factori biologici (semințe)	Factori fizico-chimici (produs de tratare)	Factori atmosferici	Factori constructivi	Factori de proces (parametrii de lucru)
Porozitatea semințelor	Vâscozitatea produsului	Deficitul presiunii vaporilor de apă	Rezistența filtrelor de biosecuritate	Viteza de omogenizare
Capacitatea de imbibiție	Căldura latentă de vaporizare	Concentrația oxigenului	Masa de produs neutilizat	Presiunea aerului din camera de omogenizare
Temperaturile minime și maxime tolerabile	Odorul		Randamentul energetic al echipamentului	Temperatura de lucru
Căldură specifică a semințelor	Culoarea			

4.11. Analiza fenomenelor de sorbție și desorbție la semințele culturilor agricole și factorii care le influențează

Fenomenul de sorbție a apei sau a lichidelor de tratat semințe denumit agronomic îmbibarea semințelor este un fenomen invers deshidratării semințelor și se poate desfășura pe perioade variabile de la câteva ore până la câteva zile. Viteza de sorbție a apei în interiorul seminței la parametrii atmosferici normali este dependentă de starea de agregare a apei prezentă în jurul seminței. Dacă apa este sub formă lichidă, sămânța se îmbibă printr-un proces numit penetrare capilară limitată de evacuarea aerului alveolar. Deoarece sămânța este învelită într-o membrană impermeabilă, sorbția apei în sămânță este în concurență cu eliminarea aerului din spațiile alveolare. Viteza de îmbibare în acest caz este dependentă de diferența de afinitate a moleculelor structurii biologice față de apă și aer. Un indicator al acestei afinități poate fi activitatea apei în substrat:

$$a_w = \frac{p}{p^*} \quad (5.3)$$

unde: a_w – activitatea apei; p - presiunea vaporilor de apă la echilibru; p^* -presiunea parțială a vaporilor de apă pură la aceeași temperatură.

În cazul prezenței apei în jurul seminței sub formă de vapori, îmbibarea semințelor are loc în perioade lungi, de ordinul zilelor. Transferul de masă a vaporilor de apă se face cu ajutorul oscilațiilor de temperatură și umiditate prin captarea vaporilor la punctul de rouă. Acest fapt este demonstrabil prin analiza perioadelor lungi de la semănat la răsărit în decadele cu precipitații scăzute. Temperatura punctului de rouă poate fi calculată cu ajutorul următoarei relații:

$$T_{dp} = \frac{c \ln(P_a(T))}{b - \frac{a}{\ln(P_a(T))}} \quad (5.4)$$

unde: T_{dp} - temperatura punctului de rouă (°C); C - 257,14 (°C); b - 18,678; a – 6,1121 (mbar); P_a - presiunea reală a vaporilor de apă (mbar); T – temperatura (°C).

Desorbția apei din semințe se realizează cu consum de energie prin transpirație și evaporatie. Pentru a trece din stare lichidă în stare gazoasă este necesară o cantitate de energie egală cu energia latentă de vaporizare a apei. Prezenta apei în semințe declanșează arderea

biochimică a amidonului generând căldură care produce transpirația apei din semințe către atmosferă. Evaporarea apei din semințe se realizează în momentul în care atmosfera primește o cantitate de energie solară și își crește capacitatea de saturație cu vapori generând un deficit de vapori în substratul de semințe. Ce mai utilizată ecuație de aproximare a fenomenului de evapotranspirație pentru o perioadă de 24 de ore este ecuația FAO Penman-Monteith [24]

$$ET_0 = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a \cdot c_p (\delta_e) g_a}{\left(\Delta + \gamma \left(1 + \frac{g_a}{g_s}\right)\right) L_v} \quad (5.1)$$

unde: ET_0 – volumul de apă pierdută prin evapotranspirație (mm/s); Δ – panta curbei presiunii vaporilor (kPa/°C); R_n – iradianța netă, fluxul sursei externe de energie (W/m²); G – fluxul de energie al solului (W/m²); ρ_a – densitatea aerului uscat (kg/m³); c_p – căldura specifică a aerului (J/kgK); δ_e – presiunea deficitului vaporilor de apă (Pa); g_a – conductivitatea aerului sau conductanța atmosferică (m/s); γ – constanta psihrometrică ($\gamma \approx 66$ Pa/K); L_v – căldura latentă de evaporare ($L_v = 2453$ MJ/m³; $L_v = 681.388,9$ W/m³); g_s – conductivitatea stomatelor sau a boabelor (m/s).

Bazele matematice privitoare la procesul de sorbție a apei în semințele de plante a fost fundamentate începând cu anul 1943 și a continuat până în prezent. Determinarea cantității de apă sorbită de către semințe (U_e) reprezintă o necesitate esențială în industria agroalimentară și în studiile biologice privitoare la fenomenul de germinație a semințelor. Majoritatea modelelor matematice de determinare a cantității de apă absorbită de către semințe au la bază temperatura la care se desfășoară procesul și activitatea apei în substrat (a_w). În literatura de specialitate au fost identificate aproximativ 10 modele matematice ce pot determina cantitatea maximă de apă absorbită de către semințe. Coeficienții de determinare R^2 ai modelelor matematice au atins valoarea maximă de 0,996 și minimă de 0,966 între valorile experimentale și cele calculate. Acest fapt demonstrează că subiectul privind fenomenul de absorbție a apei a fost studiat timp îndelungat (72 de ani), iar rezultatele teoretice nu diferă de cele experimentale. În industria de panificație și cea de fermentate, dozarea corectă a apei în compoziții (aluat și must) reprezintă factori determinanți ai calității produselor și ai perioadei de stabilitate la raft.

1. Harkins-Jura 1943 [48] $R^2 = 0,990$

$$U_e = \frac{\exp(2,965 - 0,0059 T)}{0,620 - \ln(a_w)} \quad (5.6)$$

2. Modelul Oswin [89], $R^2 = 0,987$

$$U_e = \frac{15,062 \pm 0,143 T}{\frac{(1-a_w)^{3,014}}{a_w}} \quad (5.7)$$

3. Modelul GAB [8], $R^2 = 0,979$

$$U_e = \frac{5,59 \left(\frac{465,31}{T}\right) a_w}{[1 - 0,835 a_w] \left[1 - 0,835 a_w + \left(\frac{465,31}{T}\right) a_w\right]} \quad (5.8)$$

4. Henderson-Thompson, [115], $R^2 = 0,976$

$$U_e = \left[\frac{\ln(1-a_w)}{[-0,00027(T+56,361)]} \right]^{1,232} \quad (5.9)$$

5. Modificat Halsey [55], $R^2 = 0,989$

$$U_e = \frac{1}{\left[\frac{\exp(5,608 - 0,0317 T)}{-\ln a_w} \right]^{2,151}} \quad (5.10)$$

6. Chung Pfof [92], $R^2 = 0,996$

$$U_e = 37,41 - 6,231 \ln[-(T + 49,64) \ln(a_w)] \quad (5.11)$$

7. Copace [34], $R^2 = 0,966$

$$U_e = \exp[1,267 - (0,0077 T) + (2,514 \exp(a_w))] \quad (5.12)$$

8. Henderson [99], $R^2 = 0,970$

$$U_e = \left[\frac{\ln(1-a_w)}{[-0,000075(T+273,15)]} \right]^{1,4195} \quad (5.13)$$

9. Smith [33], $R^2 = 0,986$

$$U_e = 8,9201 - (0,1481T) - 9,010 \ln(1 - a_w) \quad (5.14)$$

10. Sigma-Copace [116], $R^2 = 0,966$

$$U_e = \exp[0,3802 - (0,0080T) + (1,2833a_w)] \quad (5.15)$$

4.12. Modelarea matematică a procesului de tratare a semințelor

Calculul puterii necesare procesului de tratare a semințelor cu echipamente de tip tambur rotativ

În lucrarea lor, Liu și colab. (2016) [24], se propune un model matematic de calcul al puterii absorbite de către un cuptor rotativ ce poate fi asemuit echipamentului de tratat semințele de tip tambur rotativ. Discrepanța dintre valoarea calculată și cea obținută experimental a fost de 3%. Relația propusă este următoarea:

$$N = 0.383 \cdot 10^{-6} L D^{0.351} \theta^{1.293} (n \rho)^{0.117} \left(\frac{m}{\beta} \right)^{0.883} \quad (4.1)$$

unde: N – puterea absorbită (kW), L – lungimea tamburului (m), D – diametrul intern al tamburului (m), θ – unghiul de răspuns (repaus relativ) al materialului, n – viteza de rotație a tamburului (rpm), ρ – densitatea aparentă a materialului (kg/m^3), m – debitul de alimentare (kg/h), β – unghiul de înclinare longitudinală a tamburului față de orizontală.

Determinarea matematică a mișcării semințelor este importantă deoarece poate da informații privitoare la stresul mecanic la care sunt supuse semințele. Pe baza mișcării individuale a semințelor se poate calcula puterea absorbită de echipamentul de tratat semințe folosind metoda elementelor discrete.

În lucrarea intitulată „Investigarea DEM a puterii absorbite pentru mișcarea materialului în tamburi rotativi cu decalaj al axei”, autorii propun un model de determinare a puterii totale absorbite de către echipament în timpul procesului prin însumarea puterii absorbite de fiecare particulă din masa de material ce execută mișcări de ridicare, rostogolire și cădere, [25]. Parametrii simulării DEM efectuate de către autorii menționați sunt diametrul tamburului, lungimea tamburului, viteza de rotație, unghiul de înclinare al axului central al tamburului față de orizontală, procentul de umplere, densitatea particulelor, diametrul particulelor, modulul de rigiditate G , coeficientul Poisson, coeficientul de frecare internă, coeficientul de frecare externă, coeficientul critic de amortizare. Cu ajutorul șirului de relații (4.5) se poate efectua calculul puterii absorbite de către un echipament de tratat semințe de tip tambur. Având în vedere că un kilogram de semințe de porumb conține peste 3000 de semințe, calculul puterii absorbite prin metoda DEM nu poate fi efectuat decât cu ajutorul echipamentelor de calcul.

$$P(t) = \sum_i^N m_i g l_i(t) \cos \varphi_i(t) w_i(t) = \sum_i^N m_i g v_i(t) \cos \varphi_i(t) = \sum_i^N m_i g v_{z,i}(t) \quad (4.5)$$

unde: P – puterea absorbită de material (W), N – numărul total de particule din tambur, m_i – masa particulei i (kg), g – accelerația gravitațională, (m/s^2), l_i – distanța dintre locația particulei și centrul de rotire (m), φ – unghiul dintre axa tamburului și distanța l , w_i – viteza unghiulară a particulei i (rad/s), v_i – viteza particulei i (m/s), $v_{z,i}$ – viteza verticală a particulei i (m/s)

Calculul puterii necesare echipamentului de tratat semințele prin vacuumare

În procesul de tratare a semințelor prin vacuumare, lucrul mecanic necesar vacuumării unei incinte cilindrice este echivalentul ridicării unei coloane de mercur (de 760 mm) pe o înălțime egală cu înălțimea incintei cilindrice. Pentru evacuarea totală a aerului din incinta de tratare prin vacuumare este necesară efectuarea unui lucru mecanic determinat conform relației următoare:

$$L = m \cdot g \cdot h \text{ (kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2\text{)} \quad (6.23)$$

unde, L - lucru mecanic, m – masa coloanei de mercur, g – accelerația gravitațională, h – înălțimea camerei de vacuumare. Puterea necesară vacuumării camerei de tratare se calculează conform relației:

$$P = L / t \text{ (W)} \quad (6.24)$$

unde: P – puterea, L – lucrul mecanic, t – timpul de vacuumare.

Calculul cantității de pesticide per sămânță

Modelul de determinare a cantității de pesticide per sămânță (Tabel 9) este compus din opt variabile independente și patru dependente. Modelul se bazează pe trei componente cheie: DL₅₀, biomasa protejată și procentul de hrănire din masa corporală a insectei. DL₅₀ SA reprezintă cantitatea de substanță administrată unui grup de indivizi ce se soldează cu moartea a jumătate din populație. În cadrul modelului, parametrul poate fi înlocuit și cu alte valori ale dozei letale în funcție de strategia de combatere aleasă. Biomasa protejată reprezintă masa plantei în care concentrația pesticidului are valori letale pentru organismele țintă. Procentul de hrănire din masa corporală a insectei este un factor dependent de stadiul biologic și de condițiile climatice. Rezultatul final al modelului reprezintă cantitatea de pesticid transferată masei de semințe. Variabila independentă 3, respectiv concentrația soluției de tratat, reprezintă valoarea care face legătura cu volumul *specific* al semințelor.

Tabelul 9. Variabilele modelului de determinare a cantității de pesticid per sămânță (Fătu și colab. 2021, [3])

1.	MMB – masa 1000 boabe (g)	Se determină prin numărare și cântărire
2.	U – umiditatea semințelor (%)	Se determină la termobalanță
3.	C – concentrația substanței active din produsul de tratat (%)	Specificații producător
4.	MSU – masa uscată a unei semințe (g)	$MSU = MMB \cdot (100 - U) / 100000$
5.	DL ₅₀ S.A. insecte (μg/g insecte)	Valoare literatura de specialitate
6.	Bp – biomasa plantă protejată (g)	Se specifica de către utilizator
7.	Bi – biomasă insecte (g)	Se determina prin cântărire
8.	Phi – procent de hrănire din masa corporală a insectei (%)	Valoare experimentală
9.	SA1s – substanța activă pe 1 sămânță (μg)	$SA1s = (Bp \cdot DL_{50} \cdot Bi \cdot 100) / Bi \cdot Phi$ $SA1s = Bp \cdot DL_{50} \cdot 100 / Phi$
10.	SAts – substanța activă pe tona de semințe (g)	$Sats = 1000 \cdot SA1s / MMB$
11.	PPPts – produs pe tona de semințe	$PPPts = (Sats \cdot 100) / (100 - C)$
12.	Cantitate S.A./Ha (g)	

Calculul volumului de apă absorbită în procesul de tratare a semințelor prin vacuumare

Prin vacuumarea aerului din interiorul semințelor imersate în lichid, se produce dezlocuirea forțată a aerului cu lichid în momentul presurizării de la valoarea de 100 Pa până la 100 kPa. Transportul apei în interiorul semințelor în acest caz este asemănător transportului printr-un fascicul de capilare și poate fi aproximat cu ajutorul ecuației Poiseuille:

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 \mu L} \quad (5.16)$$

unde: Q – debitul (m/s); π – constanta; ΔP – diferența dintre presiunea inițială și presiunea finală (Pa); μ - coeficientul de vâscozitate al lichidului sorbit (kg/ms); r - raza tubului sau a fascicolului de capilare (m).

Fenomenul de sorbție a apei este influențat în mod pozitiv de către porozitatea ridicată a semințelor (diametrul alveolelor și capilarelor intercelulare) și diferența de presiune dintre presiunea atmosferică și presiunea la care se ajunge în momentul vacuumării. Viteza de transport a fluidelor în interiorul seminței este redusă de vâscozitatea crescută a lichidului și forța de frecare în vase. Deoarece structura poroasă a seminței permite transportul simultan prin mai multe capilare, forța de frecare poate fi neglijată.

Calculul bilanțului de materiale și a bilanțului energetic la tratamentele pentru semințe

În procesul de tratare a semințelor cu produse de protecția plantelor, transferul de masă constă în adăugarea unei cantități la masa de semințe. În funcție de metoda de tratare, cantitatea de produs de protecție variază după cum urmează:

- încrustarea până la 20%;
- tratare cu pulberi uscate 5-6%;
- tratare cu lichide 2%;
- tratare cu pulberi semi-umede 0,3 -0,8 %;
- tratare cu substanțe volatile (fumigație) 0,25-0,35 g/tonă.

Tratarea semințelor prin utilizarea vacuumului permite un transfer de masă de circa 2,5 % din masa de semințe pentru speciile de plante cultivate pentru boabe.

Transferul de energie în masa semințelor are o valoare maximă de consum de 1 Wh/kg de semințe. În funcție de echipamentul utilizat și metoda de tratare, energia absorbită de semințe este separată pe două componente: energie cinetică și energie termică. În echipamentele rotative predomină absorbția energiei cinetice, iar în cele statice energia termică. Tratarea semințelor prin utilizarea vacuumului este caracterizată de o absorbție neglijabilă a energiei cinetice. Însă, datorită faptului că atmosfera rarefiată din incinta de tratare se comportă ca un izolator adiabatic, cantitatea de energie absorbită contribuie în totalitate la creșterea temperaturii sau la activarea unor reacții chimice în interiorul seminței.

4.13. Conceperea, proiectarea și realizarea echipamentului de tratare a semințelor prin vacuumare

Unul dintre echipamentele de tratare a semințelor prin vacuumare utilizate în cadrul cercetărilor experimentale (fig.17.) a fost conceput, proiectat și realizat în cadrul proiectului SMART Cod MySMIS 15734 la unitatea de cercetare INMA București și este alcătuit din 14 părți componente: incinta de tratare inox alimentară (diametru 24 cm, înălțime 24 cm, grosime 1,5 mm); două capace din plexiglas, cu grosimea de 10 mm și 20 mm; manta de încălzire

electrică 220 V, 400 W; termostat electronic cu senzor de temperatura de tip termistor cu precizie 1% NTC 10 k; garnitură capac din cauciuc siliconat; distribuitor cu trei căi; două manometre analogice; patru robinete; două filtre de protecție; două vase (1 l și 2 l) din sticla borosilicată, filet gl 45; două capace cu filet gl 45, cu trei căi, respectiv două căi; pompă de vacuum v-i120 sv, 220 V, debit 51 l/min, 0,1 mm coloana de Hg.

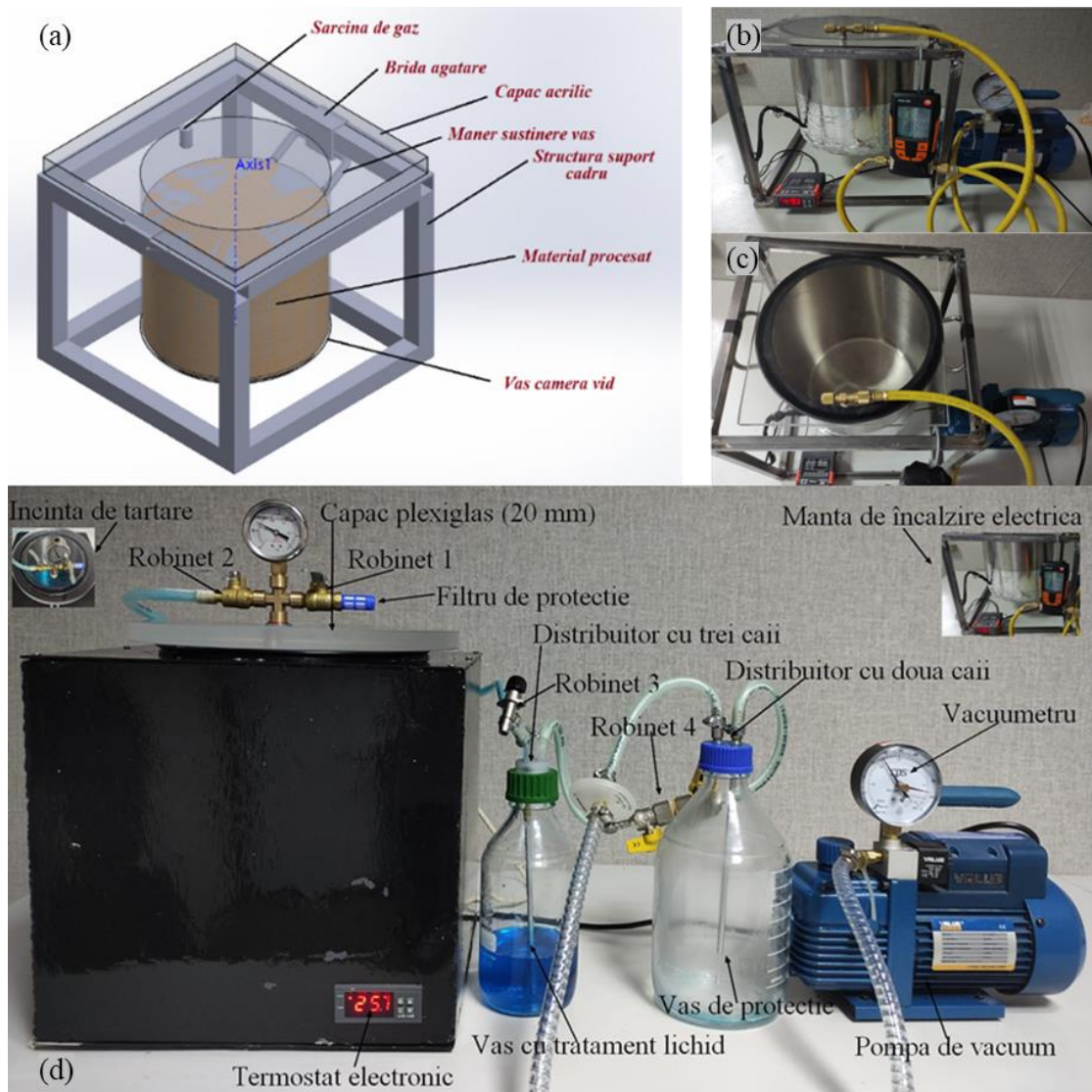


Fig.17. Echipament de tratat semințe prin vacuumare a) model geometric 3D; b) vedere frontală; c) vedere de sus; d) aspecte din timpul testării

Procesul de tratare a semințelor prin utilizarea vacuumului constă într-o serie de activități în care lichidul de tratare și semințele sunt degazate, se efectuează transportul lichidului pe baza diferenței de presiune, se absoarbe lichidul în interiorul semințelor pe baza difuziei în vacuum, se recuperează lichidul neutilizat și, opțional, se deshidratează semințele:

- se încarcă vasul de un litru cu soluție de tratare;
- se încarcă incinta cu semințe de tratare;
- se închide robinetul 1 (de presurizare a incintei);
- se deschide robinetul 2 (de pe capac);
- se închide robinetul 3 de pe vasul 1;
- se deschide robinetul 4 de acces către pompa de vacuum;

- se pornește pompa de vacuum și se lasă să funcționeze până când vacuumul atinge valoarea dorită în incinta de tratare;
- se închide robinetul 4;
- se deschide robinetul 3, care permite transportul lichidului din vasul 1 în incinta de tratare până când semințele sunt imersate în lichid și presiunea în incinta de tratare egalează presiunea atmosferică;
- se închide robinetul 3;
- se lasă semințele în repus 6-10 minute pentru ca lichidul să fie absorbit în structura poroasă a semințelor;
- se deschide robinetul 4 și se pornește pompa de vacuum până când este recuperat lichidul neutilizat;
- se închide robinetul 2 și se deschide robinetul 1 pentru presurizarea incintei de tratare;
- se evacuează semințele tratate;
- opțional, se poate utiliza sistemul de încălzire simultan cu vacuumarea pentru deshidratarea semințelor în vederea păstrării de lungă durată.

4.14. Determinarea experimentală a volumului specific de absorbție a pesticidelor de către semințele tratate prin vacuumare

Volumul *specific de absorbție* sau tehnologic poate fi definit ca volumul de apă pe care semințele îl pot capta în urma imersării în apă după vacuumarea aerului din porii semințelor. Protocolul de determinare a volumului de substanță absorbită de semințe a constat în încărcarea a 25 de grame de semințe în dispozitivul de tratare, imersarea acestora în apă distilată într-un pahar Berzelius și plasarea în incinta de vacuumare (fig.18).



Fig.18. Dispozitiv de tratare încărcat cu 25 de grame de semințe

După vacuumare la diferite nivele ale presiunii interne, incinta a fost presurizată la presiune atmosferică, iar semințele au fost menținute în imersie timp de șase minute pentru ca apa să difuzeze în interiorul semințelor. La final semințele au fost tamponate cu hârtie de filtru pentru a îndepărta excesul de apă și cântărite.

Procentul de vacuumare a fost determinat conform relației următoare:

$$V_{ac} = 100 - (p_v / p_{atm}) 100 \quad (\%) \quad (6.15)$$

unde: V_{ac} – procentul de vacuum din incinta de tratare; p_v – presiunea absolută a aerului din incinta de tratare; p_{atm} – presiunea aerului atmosferic în condiții standard.

Indicarea momentului de atingere a diferitelor procente de vacuumare în incintă a fost realizată prin măsurarea tensiunii de ieșire a semnalului generat de senzorul de presiune MPX2100AP a cărui sensibilitate a fost de 0,40 mV/kPa în cazul alimentării cu 10 Vcc după relația următoare:

$$p_i = mV_{cc} \cdot 100000 / 40 \quad (6.16)$$

unde: p_i – presiunea în interiorul incintei (Pa); mV_{cc} – valoarea tensiunii curentului continuu măsurat pe terminalele 2 și 4 ale senzorului (fig.19).

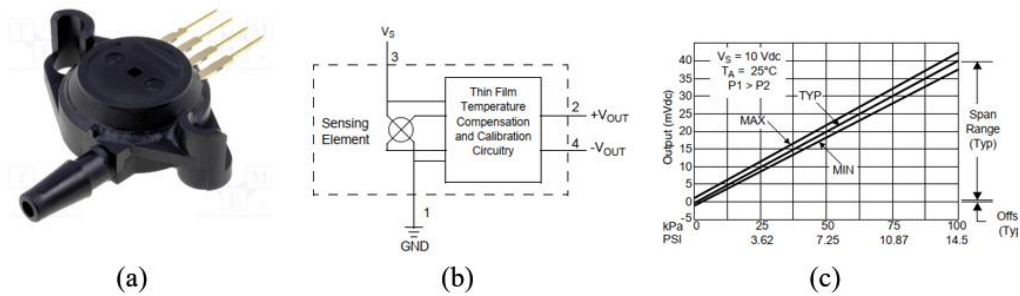


Fig.18. Senzor de presiune absolută compensat termic și calibrat: (a) forma de construcție 344B, (b) schema electrică, (c) caracteristica liniară presiune/tensiune de ieșire

Volumul *specific* a fost calculat prin diferența dintre masa semințelor înainte de tratament și după tratament raportată la densitatea lichidului de tratare:

$$V_s = (M_{is} - M_{fs}) / \rho_s \quad (6.17)$$

unde: V_s – volum specific (ml/100g semințe), M_{is} – masa inițială al semințelor (g), M_{fs} – masa finală al semințelor (g), ρ_s – densitatea lichidului de tratare (g/cm^3).

Cantitatea de apă absorbită prin procesul de vacuumare a fost calculată prin efectuarea diferenței dintre cantitatea totală de apă sorbită și cantitatea de apă sorbita la presiune atmosferică.

Rezultatele obținute pentru volumele specifice de absorbție ale celor cinci specii de cereale în cadrul experimentelor au fost mai mici decât porozitatea internă a semințelor, cu excepția ovăzului. Coeficientul de determinare dintre presiunea la care a fost efectuată vacuumarea înainte de sorbție și cantitatea de lichid sorbit a avut valori cuprinse între 0,88 și 0,97. Aceste valori ale coeficientului de regresie au demonstrat ca există o corelație puternică între aerul evacuat din interiorul semințelor și volumul de apă sorbit. În figurile 18-22 sunt prezentate cantitățile de lichid absorbite de către cinci specii de cereale pentru boabe în funcție de presiunea la care a fost efectuată vacuumarea.

În concluzie, cercetările experimentale privitoare la sorbția apei distilate în interiorul semințelor după evacuarea aerului prin vacuumare au demonstrat ca volumul *specific de absorbție* este în general mai mic decât volumul porozității interne a semințelor.

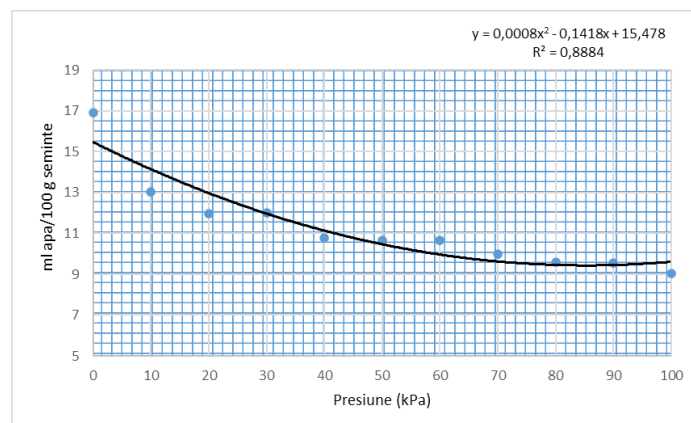


Fig.19. Volumul *specific* al semințelor de porumb

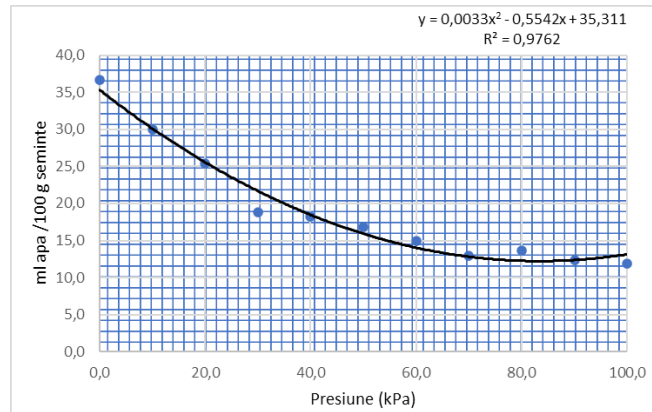


Fig.20. Volumul *specific* de apă sorbită al semințelor de orz

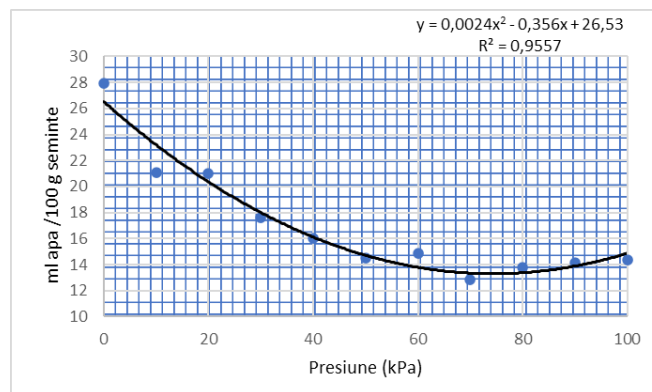


Fig.21. Volumul *specific* al semințelor de secară

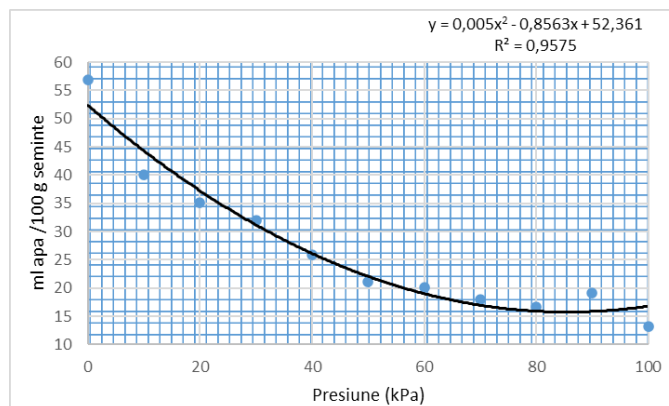


Fig.22. Volumul *specific* al semințelor de ovăz

4.15. Determinarea experimentală a volumului specific de adsorbție a pesticidelor de către semințele tratate prin imersie la presiune atmosferică

Prin acest studiu a fost evaluată depunerea metiocarbului din soluția apoasă în masa de semințe de porumb într-un sistem de adsorbție cu regim de funcționare tip șarjă. Au fost investigate influența debitului, concentrației inițiale a soluției și lungimii patului de semințe asupra adsorbției metiocarbului de către adsorbantul produs de masă de semințe în pat fix într-o coloană orizontală la scară de laborator. În plus, a fost dezvoltat un model bazat pe un sistem de inferență neuro-fuzzy pentru a estima adsorbția substanței active în funcție de parametri de desfășurare a procesului.

În fig.23 se prezintă *influența concentrației inițiale de substanță activă din soluția de tratare* asupra procesului de adsorbție la un debit constant de 12 ml/min și o lungime a patului de semințe de porumb în coloana adsorbție de 200 mm. Aceasta arată că procentul de adsorbție scade de la 89,0 % până la 77,0 % cu o creștere a concentrației inițiale de metiocarb de la 23 ppm la 86 ppm, chiar dacă densitatea de adsorbție crește. În condiții similare de experimentare pentru adsorbția unui colorant violet-cristal pe o pulbere de semințe de tamarind, Patel și Vashi (2010) au constatat în studiul efectuat, [26] ca masa adsorbantului dat poate adsorbi doar o cantitate fixă de adsorbant. În consecință, cu cât soluția este mai concentrată, scăderea adsorbției moleculelor de metiocarb se poate datora dizolvării speciilor adsorbante și modificării dimensiunii porilor, dar sunt necesare și alte dovezi ale rolului pe care îl joacă difuzia între particule în determinarea vitezei de adsorbție [26, 27].

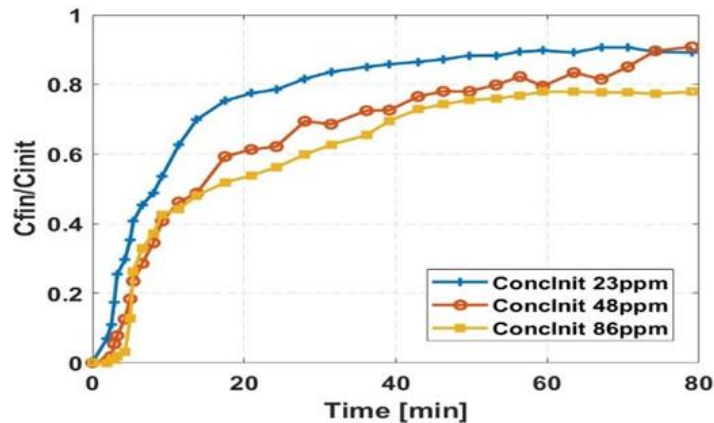


Fig.23. Influența concentrației inițiale a soluției asupra procesului de adsorbție

Influența debitului de soluție asupra procesului de adsorbție a fost studiată în condițiile unui pat de semințe cu o lungimea de 150 mm și o concentrație inițială de substanță activă metiocarb de 48 ppm. În fig.24 sunt prezentate rezultatele curbelor de adsorbție obținute pentru trei valori diferite ale debitului de intrare a soluției în coloana de adsorbție, și anume de 6, 9 și respectiv 12 ml/min. După cum se poate observa și din tabelul centralizator de date (tabelul 10), liniile 4-6, dublarea debitului de soluție de la 6 la 12 ml/min, conduce la o scădere destul de mică a randamentului de adsorbție, de la 89,1% la 84,5%, în principal datorită faptului că la valori mai ridicate ale debitului particulele dizolvate de metiocarb au un timp mult mai scăzut să difuzeze în spațiile libere dintre semințe sau în porii semințelor.

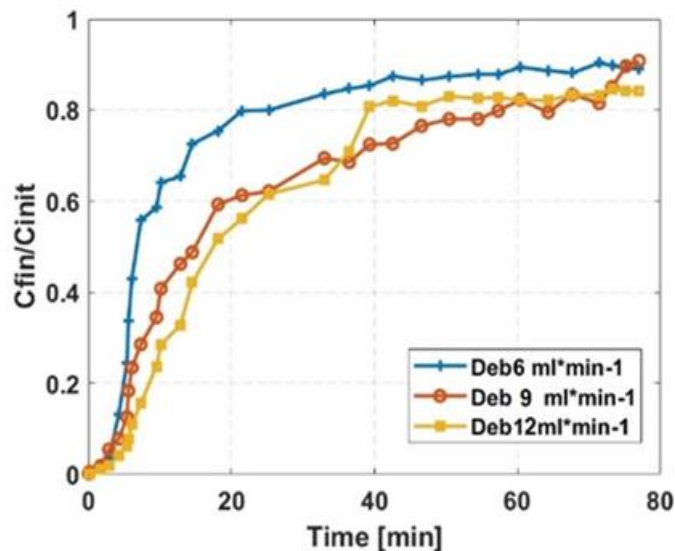


Fig. 24. Influența debitului de soluție asupra procesului de adsorbție

Tabelul 10. Rezultatele experimentale obținute în condițiile de proces
 ($T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ și $\text{pH} = 5,7$)

No	L (mm)	Q, (mL min ⁻¹)	C _{init} , (mg /L)	Timp, (min)	q _{total} , (mg)	q _{eq} (mg/g)	η _e (%)	η _{sn} (%)	ε (%)
1	100	6	23	80	1,73.10 ⁻⁰³	7,08.10 ⁻⁰⁶	94,32	97,6	3,48
2	150	6	23	80	1,44.10 ⁻⁰³	5,87.10 ⁻⁰⁶	89	92,3	3,71
3	200	6	23	80	1,69.10 ⁻⁰³	6,91.10 ⁻⁰⁶	83,4	88,5	6,12
4	150	6	48	80	4,30.10 ⁻⁰³	1,76.10 ⁻⁰⁵	89,1	91,6	2,81
5	150	9	48	80	6,20.10 ⁻⁰³	1,69.10 ⁻⁰⁵	85,8	88,7	3,38
6	150	12	48	80	7,25.10 ⁻⁰³	1,48.10 ⁻⁰⁵	84,26	87,5	3,85
7	200	12	23	80	4,04.10 ⁻⁰³	8,27.10 ⁻⁰⁶	89,1	92,4	3,70
8	200	12	48	80	8,89.10 ⁻⁰³	1,82.10 ⁻⁰⁵	80,7	83,6	3,59
9	200	12	86	80	1,899.10 ⁻⁶	3,84.10 ⁻⁰⁵	77	80,5	4,55

Influența lungimii patului de semințe. Lungimea patului de adsorbție înseamnă distanța pe care un material adsorbant o acoperă într-un proces de adsorbție. Această lungime poate influența în mod semnificativ eficiența și performanța unui sistem de adsorbție și poate varia în funcție de mai mulți factori.

Figura 25 prezintă un grafic al variației raportului dintre concentrația de adsorbat și concentrația inițială a soluției C_{fin}/C_{init} , obținut pentru adsorbția metiocarbului pe semințele de porumb pentru diferite lungimi ale patului fix de 100, 150 și 200 mm (corespunzând unor mase de 245, 367 și 500 g de adsorbant), la un debit constant de 6 ml/min și o concentrație la intrare de 23 mg/l.

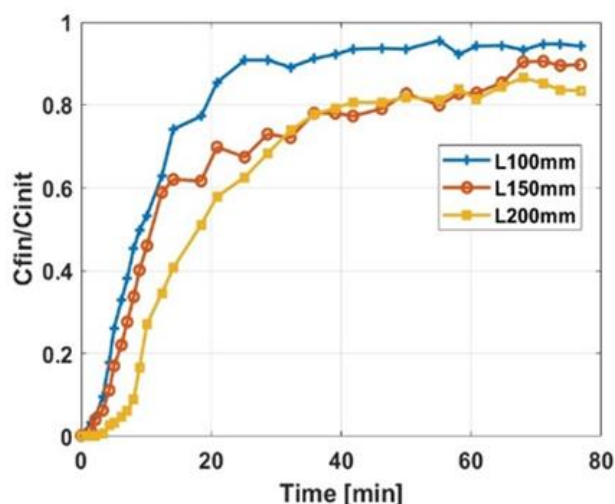


Fig.25. Influența lungimii patului de adsorbție asupra procesului de adsorbție

Dacă patul de adsorbție este prea scurt, poate să nu ofere suficient timp pentru ca substanțele să fie adsorbite pe suprafața adsorbantului în cantități semnificative. Acest lucru poate duce la o eficiență redusă a procesului de adsorbție. Pe de altă parte, un pat de adsorbție prea lung poate conduce la o pierdere inutilă de timp și energie. Este interesant și ușor de observat atât din fig.25 cât și tabelul 10 că randamentul de adsorbție a metiocarbului a scăzut

odată cu creșterea lungimii patului de semințe, de la o valoare de 94,32 % pentru patul cu lungimea de 100 mm, la o valoare de 89 % pentru lungimea patului de 150 mm, și respectiv, la valoarea de 83,4 % pentru patul de adsorbant cu o lungime de 200 mm. În consecință, o lungime mai scăzută a patului de semințe a fost prielnică capacității de adsorbție a metiocarbului, în concordanță și cu cele menționate de alți autori [28, 29, 30, 31, 32, 33, 34,].

În concluzie, cercetările au investigat capacitatea de adsorbție a substanței metiocarb de către semințele de porumb, în vederea obținerii unui tratament alternativ cu cost redus și eficient în regim de funcționare tip șarjă. Deoarece o porțiune a spațiilor porilor dintre semințe este inaccesibilă soluției de tratare, este posibil ca adsorbția substanței active să fie foarte redusă, iar în acest fel, semințele să aibă un nivel mai scăzut de protecție împotriva dăunătorilor.

4.16. Analiza numerică și experimentală a sistemului de degazare a semințelor în vacuum

Sistemul de vacuum

Pentru a obține în interiorul camerei vacuumul necesar, a fost utilizată o pompă mecanică (de presiune joasă). Pompa de vacuum este o pompă mecanică cu palete rotative Value (2020), cu viteza de rotație maximă de 1440 rpm, puterea de 200 W, un debit la 220 V/50 Hz de 42 l/min sau 1,5 CFM. Pompa dispune de capacitățile necesare de vacuum înalt, are un manometru încorporat pentru a măsura vacuumul brut și poate atinge presiuni în intervalul de la 101325 Pa până la 20 Pa. Pentru a măsura presiunile de vacuum mediu și ridicat în cadrul camerei a fost implementat un aparat portabil Testo 552, prezentat în fig.26.



Fig.26. Aparat portabil care măsoară presiunea de vacuumare

Determinarea timpului de pompare pentru atingerea vacuumului dorit

a) Evacuarea gazului unei camere în regim de vacuum brut

În cazul evacuării gazului unei camere în regim de vacuum brut (fără surse suplimentare de gaz sau vapori) viteza de pompare efectivă necesară S_{eff} a unui ansamblu pompă-cameră de vacuum depinde numai de presiunea necesară p , de volumul V al recipientului și de timpul de pompare t .

Cu o viteză de pompare constantă S_{eff} , presupunând că presiunea maximă atinsă cu modelul de pompă este astfel încât $p_{\text{fin}} \ll p$, scăderea presiunii $p(t)$ în timp într-o cameră de vacuum este dată de ecuația diferențială de ordinul I, [35]:

$$-\frac{dp}{dt} = \frac{S_{eff}}{V} \cdot p \quad (7.6)$$

Începând cu valoarea de 1013 mbar la momentul $t = 0$, viteza efectivă de pompare este calculată în funcție de timpul de pompare t din ecuația (7.6), după cum urmează:

$$\frac{\ln p}{1013} = -\frac{S_{eff}}{V} \cdot t \quad (7.7)$$

$$\int_{1013}^p \frac{dp}{p} = -\frac{S_{eff}}{V} \cdot t \quad (7.7a)$$

$$S_{eff} = \frac{V}{t} \cdot \frac{\ln 1013}{p} = \frac{V}{t} \cdot 2,3 \cdot \frac{\log 1013}{p} \quad (7.7b)$$

Prin introducerea factorului adimensional de presiune σ

$$\sigma = \frac{\ln 1013}{p} = 2,3 \cdot \frac{\log 1013}{p} \quad (7.8)$$

relația dintre viteza efectivă de pompare S_{eff} și timpul de pompare t este dată de:

$$S_{eff} = \frac{V}{t} \cdot \sigma \quad (7.9)$$

Raportul V/S_{eff} este în general desemnat ca o constantă de timp τ . Astfel, timpul de pompare al unei camere cu vacuum de la presiunea atmosferică la o presiune p este dat de:

$$t = \tau \cdot \sigma \quad (7.10)$$

$$\text{cu } \tau = \frac{V}{S_{eff}} \text{ și } \sigma = \frac{\ln 1013}{p}.$$

Dependența factorului σ de presiunea dorită este prezentată în fig.27. Trebuie remarcat faptul că viteza de pompare a pompelor cu palete rotative cu o singură treaptă și cu piston rotativ scade sub 10 mbar pentru balast cu gaz și sub 1 mbar fără balast cu gaz.

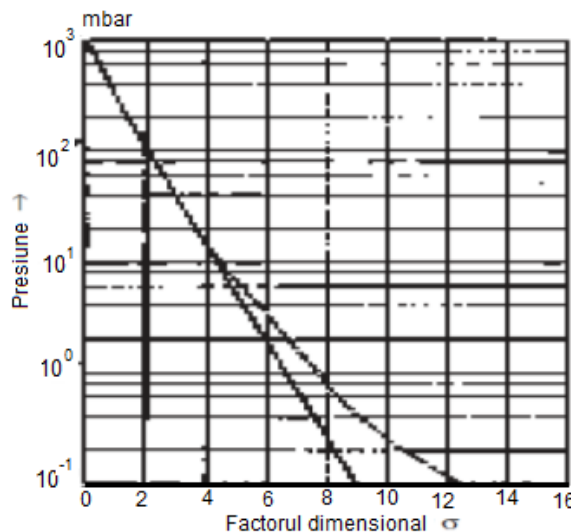


Fig.27. Dependenta factorului adimensional σ pentru calculul timpului de pompare t . Linia intrerupta apare la pompele cu o singura treapta atunci cand viteza de pompare scade sub 10 mbar, [36]

b) Evacuarea gazului unei camere în regimul vacuumului mediu

În regimul vacuumului brut, volumul vasului este decisiv pentru timpul implicat în procesul de pompare. În regiunile de vacuum înalt și ultraînalt, însă, degajarea gazelor din pereți joacă un rol semnificativ.

În regiunea vacuumului mediu, procesul de pompare este influențat de ambele cantități. Mai mult, în regiunea vacuumului mediu, în special în cazul pompelor rotative, presiunea maximă care poate fi atinsă nu mai este de neglijat. Dacă se știe că cantitatea de gaz care intră în cameră este la o viteză Q (în milibari litri pe secundă) din degajarea gazului din pereți și scurgeri, ecuația diferențială (7.6) pentru procesul de pompare devine, [35]:

$$dp/dt = -(S_{\text{eff}}(p - p_{\text{fin}}) - Q)/V \quad (7.11)$$

Integrarea acestei ecuații conduce la:

$$t = \frac{V}{S_{\text{eff}}} \ln \left(\frac{(p_0 - p_{\text{fin}}) - \frac{Q}{S_{\text{eff}}}}{(p - p_{\text{fin}}) - \frac{Q}{S_{\text{eff}}}} \right) \quad (7.12)$$

unde: p_0 - presiunea de la începutul procesului de pompare; p_{fin} - presiunea dorită.

Spre deosebire de ecuația (7.7,b), această ecuație nu permite o definiție pentru S_{eff} , prin urmare, viteza efectivă de pompare pentru o degajare cunoscută de gaz nu poate fi determinată din curba presiune/timp fără informații suplimentare.

Prin urmare, în practică se procedează astfel:

- viteza de pompare se calculează din ecuația (7.7) ca rezultat al volumului camerei fără degajare de gaz și al timpului de pompare dorit;
- se găsește raportul dintre viteza de degajare a gazului și această viteză de pompare.

Acest raport trebuie să fie mai mic decât presiunea necesară. Pentru siguranță, valoarea lui trebuie să fie de vreo zece ori mai mică. Dacă această condiție nu este îndeplinită, trebuie să fie aleasă o pompă cu o viteză de pompare corespunzător mai mare.

c) Evacuarea gazului unei camere în regimul vacuumului înalt

În cazurile în care procesul de pompare este dominat de gazul rezidual, pomparea într-o regiune de vacuum înalt poate fi descrisă prin relația (7.8):

$$p = p_0 \cdot \exp \left[- \frac{(S_{\text{eff}})}{V_{\text{tot}} t} \right] \quad (7.13)$$

unde: p - presiunea după timpul t ; p_0 - presiunea la momentul $t = 0$; S_{eff} - viteza efectivă de pompare; V_{tot} - volumul total al sistemului.

Cu toate acestea, de departe cea mai importantă incertitudine, asociată cu performanța pompei, măsurătorile presiunii, debitului și scurgerilor externe, se datorează degajării gazului. Ratele de degajare pot varia cu ușurință cu multe ordine de mărime, în funcție de istoricul și materialul unei suprafețe, de tratarea acesteia, de umiditate, de temperatură și de perioada de expunere la vacuum. Deoarece, de obicei, se apropie asimptotic de presiunea finală a unui sistem, chiar și modificările mici ale încărcăturilor de gaz au ca rezultat diferențe mari de timpi de evacuare. Analiza vacuumului, care a ajutat la selectarea unei pompe de regim de vacuum brut, s-a bazat doar pe relația dintre presiune și timpul până la atingerea acestei presiuni.

Ipotezele relevante pentru o astfel de analiză sunt:

- sistemul nu are scurgeri;
- pompele sunt 100% eficiente;
- nimic nu se va vaporiza în cameră.

Simularea teoretică a timpului de pompare a fost efectuată cu ajutorul unui modul VBA în cadrul unei foi de calcul din pachetul Excel pe baza modelelor matematice ce conțin parametrii constructivi și parametrii ce caracterizează starea condițiilor inițiale (D , H , V , p_{fin} , σ și S_{eff}). În figura 28 este prezentată interfața macro-ului VBA cu simularea variației de presiune în funcție de timp.

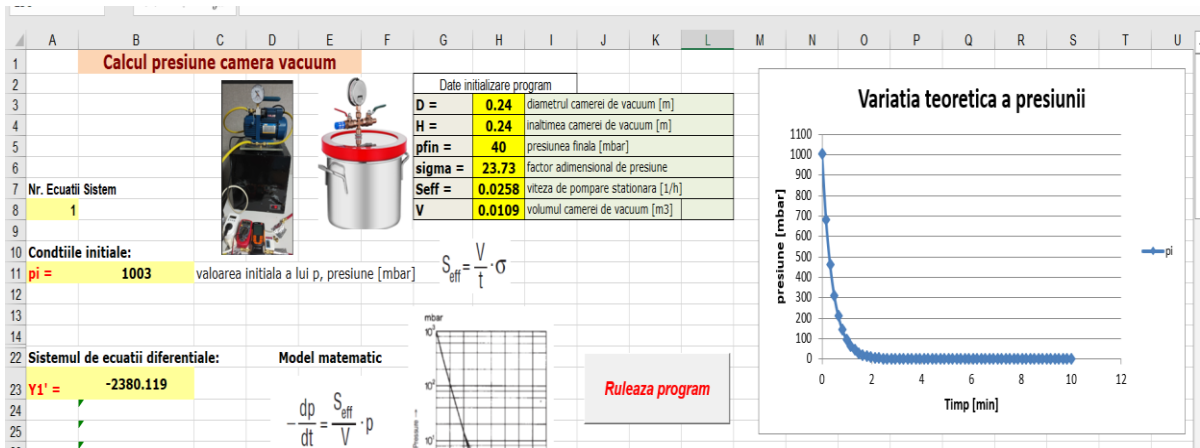


Fig.28. Graficul presiunii “sarcinii de gaz” versus timp

Conform analizei statistice dintre date teoretice ale simulării numerice (fig.29) cu cele experimentale (fig. 30) se poate concluziona ca procesul de vacuumare poate fi aproximat matematic cu o eroare foarte mică deoarece valoarea calculată t (testul t) este mai mică decât valoarea critică corespunzătoare.

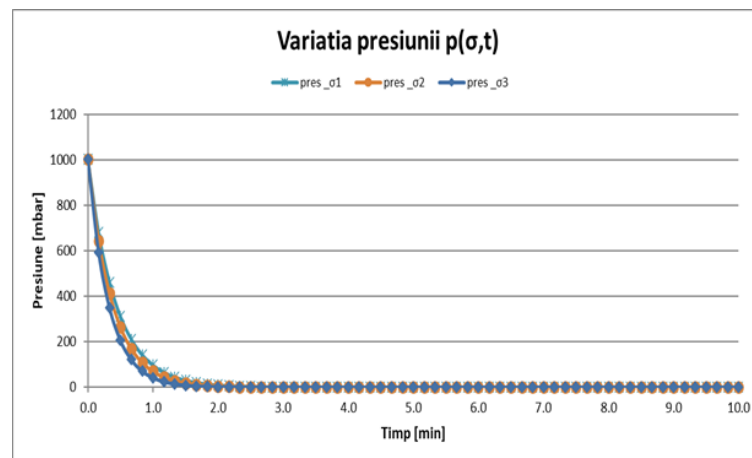


Fig. 29. Simulare numerica a variației presiunii în funcție de timpul de vacuumare

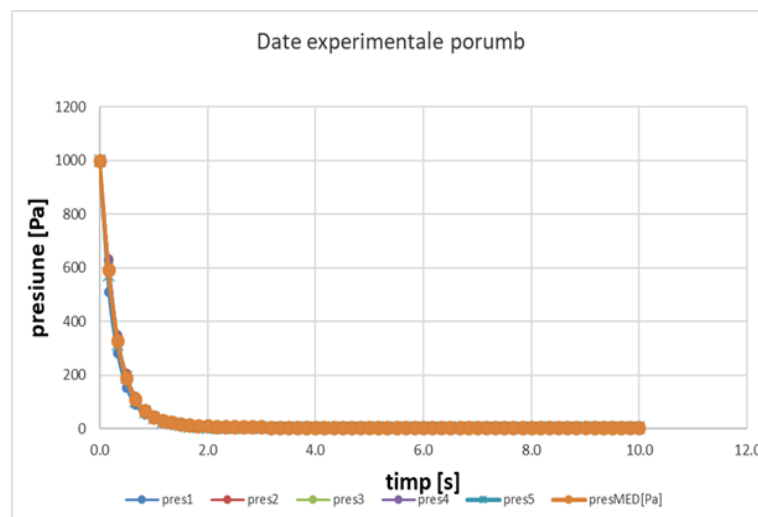


Fig.30. Date experimentale ale variației presiunii în funcție de timpul de vacuumare

Analiza dinamică structurală cu elemente finite (FEA)

Pentru a investiga dinamică structurală a sistemului ca urmare a unor solicitări, se efectuează analiza cu elemente finite (FEA). În cazul acestei aplicații se impune determinarea caracteristicilor forță-deplasare, restricțiilor funcționale și sarcinilor capabile ale vasului camerei de vacuum considerând că este executat din oțel inox 316, respectiv capacului executat din material plastic acrilic. Întregul proces de analiză dinamică se realizează în următorii pași: primul pas al analizei dinamice structurale este selectarea materialului și a datelor acestuia; pot fi testate diverse materiale în urma solicitării la presiunea de vacuum, dar cele mai frecvente tipuri utilizate sunt metalele, materialele plastice și compozitele acestora [37]. Librăria de materiale ANSYS a furnizat valorile caracteristice ale materialelor, în timp ce temperatura și celelalte condiții experimentale au fost menționate așa cum este descris în continuare. Materialul selectat pentru capacul camerei este plexiglas acrilic cu densitatea de $1,185 \cdot 10^{-6}$ kg/mm³, coeficientul Poisson de 0,3952, modulul lui Young 3225 MPa, modulul de rigiditate 5182,9 MPa, modulul de forfecare 1167,9 MPa, iar vasul este un oțel inox 316 cu densitatea de $7,985 \cdot 10^{-6}$ kg/mm³, coeficientul Poisson de 0,25, modulul lui Young $1,95 \cdot 10^5$ MPa, modulul de rigiditate $1,3 \cdot 10^5$ MPa, modulul de forfecare 78000 MPa. Geometria 3D atât a vasului camerei, cât și a capacului a fost creată în programul SolidWorks 2022 conform dimensiunilor modelului fizic experimental. Dimensiunile sunt pentru vasul cilindric camerei 240×240×3 mm (diametru, înălțime, grosime perete) și ale capacului sunt 240×15 mm (diametru, grosime capac). Modelarea legăturilor de tip contact dintre vas și capac s-a realizat automat prin metoda Augmented Lagrange de rezolvare a modelului nelinier a legăturilor fără frecare Discretizarea a fost efectuată automat cu parametri implicați atât pentru vas, cât și pentru capac. Utilizând metoda dimensionării adaptive a rețelei a rezultat un total de 10546 de noduri și 4572 de elemente (8968 de noduri și 4363 de elemente pentru vas; 1578 de noduri și 209 de elemente pentru capac).

Deformarea totală. În tabelul 11 sunt prezentate sintetic valorile deformației probei obținute prin analiza dinamică structurală în raport cu presiunea din camera de vacuum experimentului de testare. Vederea picturală prezentată în fig.31 reprezintă deformarea maximă produsă în partea de jos a camerei, cât și deformarea capacului.

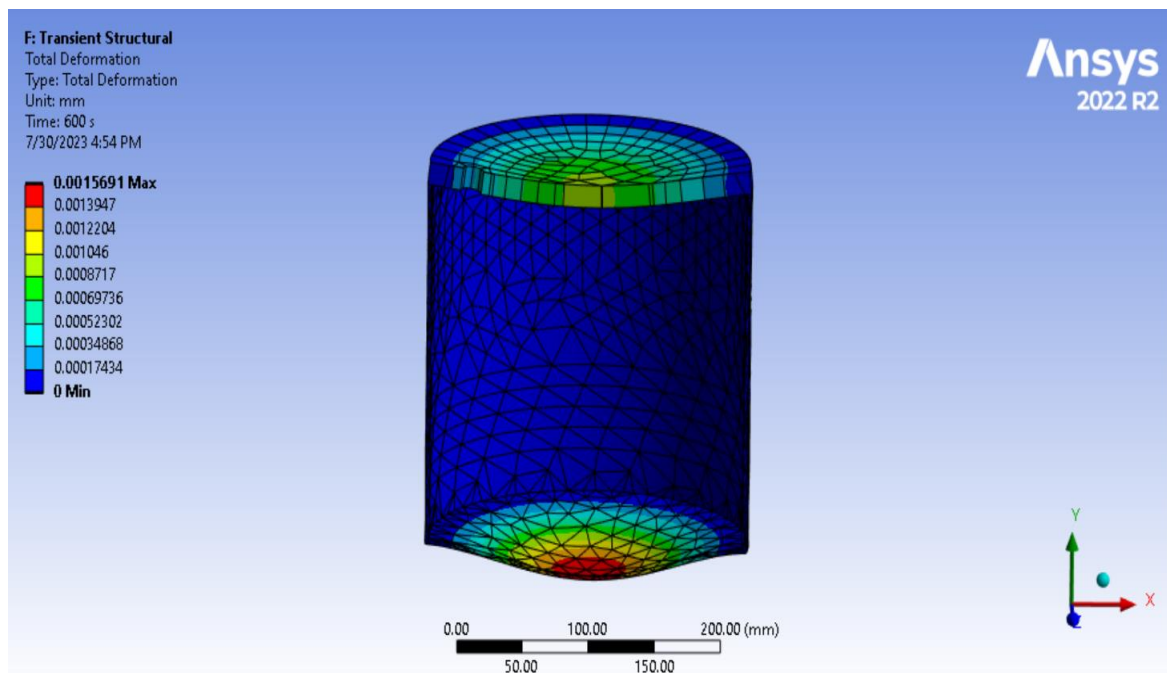


Fig. 31. Valorile deformațiilor apărute pe peretele camerei de vacuum și capac

Schema de culori prezentată în fig.31 explică deformarea produsă de solicitarea de presiune. Deformația maximă de 0.001569 mm a fost observată în partea de mijloc a fundului vasului și scade radical spre exterior.

În concluzie analiza dinamică și structurală cu elemente finite a evidențiat faptul că dimensiunile incintei de tratare sunt corect alese pentru a rezista la solicitările mecanice datorate diferenței de presiune.

Tabelul 11. Deformările totale produse de presiunea de vacuum cu ajutorul simulărilor ANSYS

Timp (s)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Media (mm)
0	0	$4,5 \cdot 10^{-1}$	$2,82 \cdot 10^{-2}$
10		0,35917	$2,24 \cdot 10^{-2}$
20		0,28578	$1,78 \cdot 10^{-2}$
30		0,22737	$1,42 \cdot 10^{-2}$
40		0,18093	$1,13 \cdot 10^{-2}$
50		0,14403	$8,97 \cdot 10^{-2}$
...		...	
560		$1,57 \cdot 10^{-3}$	$1,03 \cdot 10^{-4}$
570		$1,57 \cdot 10^{-3}$	$1,03 \cdot 10^{-4}$
580		$1,57 \cdot 10^{-3}$	$1,03 \cdot 10^{-4}$
590		$1,57 \cdot 10^{-3}$	$1,03 \cdot 10^{-4}$
600		$1,57 \cdot 10^{-3}$	$1,03 \cdot 10^{-4}$

4.17. Validarea tehnologiei de tratare a semințelor prin vacuumare cu ajutorul unor bioteste ce caracterizează vigoarea semințelor

Validarea metodei de tratare a semințelor a fost efectuată prin realizarea tratamentelor la semințe de porumb cu insecticidul imidacloprid folosind echipamentul realizat în cadrul temei printr-un biotest de evaluare a germinației și creșterii germenilor în primele faze vegetative. În tabelul 12 sunt prezentate concentrațiile dozelor de tratare, iar în figura 32 efectele tratamentului asupra numărului de semințe germinate și asupra creșterii radiculare.

Tabelul 12. Variantele experimentale de testare a substanței active la diferite concentrații pe semințe de porumb (tratament cu imidacloprid) (Fatu și colab.2021, [3])

Variante experimentale	V1-250 ppm	V2-500 ppm	V3- 1000 ppm	V4-2000 ppm	V5-3000 ppm	V6-6000 ppm	V7-0 ppm Martor
Doza, ppm	250	500	1000	2000	3000	6000	0
SA, mg	1,44	2,89	5,78	11,56	17,34	34,67	0
Volum amestec, μ l	28,89	57,79	115,58	231,15	346,73	693,46	0
Volum apă, μ l	764,15	735,26	677,47	561,89	446,32	99,58	793,05
SA/kg semințe, g/tonă	250	500	1000	2000	3000	6000	0
μ g SA/sămânță	57,79	115,57	231,15	462,30	693,46	1386,92	0

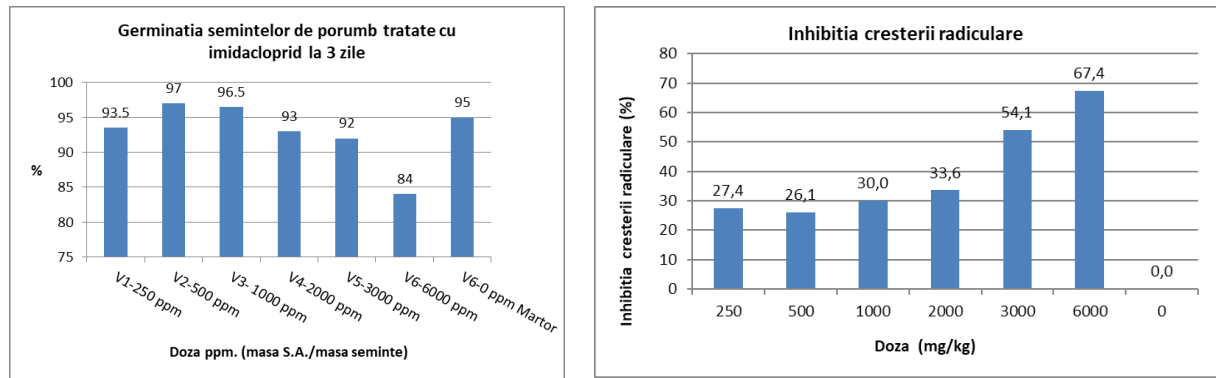


Fig.32. Efectul imidaclopridului asupra germinației și creșterii radiculare a germenilor de porumb

În concluzie, tratamentul prin vacuumare al semințelor de porumb cu imidacloprid a asigurat un transfer suficient de substanță activă încât să încetinească creșterea embrionilor în perioada de germinație. Procesul de tratare prin vacuumare a acoperit un spectru de doze de insecticid de la 250 de grame la tona de semințe până la 6 kg pe tona de semințe. În mod curent pentru combaterea dăunătorilor porumbului se utilizează maxim 3,6 kg de insecticid pe tona de semințe.

5. Concluzii finale

Cerealele pentru boabe sunt cultivate pe o suprafață de peste cinci milioane de hectare în România și produc aproape nouăsprezece milioane de tone de semințe conform datelor statistice publicate în 2022 de către Institutul Național de Statistică. În ultimii 20 de ani, cantitatea medie de pesticide utilizate pe hectar a fost sub un kilogram. La o suprafață cultivată a României în medie opt milioane de hectare, se poate estima un consum anual de pesticide de 5,6 milioane de kilograme. Consumul mediu de pesticide în țară de 0,7 kg/ha este unul moderat comparativ cu cel al unor țări, precum China sau Brazilia al căror consum poate ajunge la 10-15 kg/ha. Cantitate de insecticide necesară tratării semințelor destinate înființării culturilor agricole pentru boabe este de aproximativ 450 de tone de substanță activă. Prin repartizarea acestei cantități la suprafața agricolă cultivată cu plante pentru boabe rezultă un consum mediu de 90 g/ha.

Datele din unele lucrări publicate demonstrează că cel puțin 20% din masa produsului de tratat rămân în sol și alte 20% sunt utilizate inutil. Deși cantitatea de insecticide utilizată la tratarea semințelor este mică, datorită timpului de înjumătățire chiar și de 1000 de zile, se produce o acumulare multianuală conducând la poluarea mediului de lungă durată.

Având în vedere faptul că insectofungicidele nepoluante, bazate pe substanțe biologice, nu au încă aceeași eficacitate ca și substanțele de sinteză, iar strategia Comisiei Europene cuprinsă în "Green Deal" impune scăderea consumului de pesticide la jumătate până în anul 2030, una dintre opțiuni este optimizarea tratamentului la semințe pentru substanțele active actuale.

Pentru a răspunde acestei provocări, tema de cercetare abordată și-a propus ca scop realizarea unor cercetări cu un model nou de abordare a tratării semințelor, astfel încât substanțele active de protecție să devină parte integrată din structura internă a semințelor, oferind embrionului un avantaj competițional pentru resursele nutritive interne și externe.

Obiectivul principal al temei de cercetare a fost identificarea și descrierea fenomenelor fizice și biologice ce au loc în momentul tratării semințelor prin utilizarea vacuumului ca metodă de accelerare a transferului substanțelor active în matricea proasă a semințelor.

Obiectivele secundare au fost legate de conceperea, proiectarea și realizarea unui echipament de tratat semințele prin utilizarea vacuumului și definirea parametrilor de lucru ai echipamentului prin simulări fizico-matematice și experimente de laborator.

Tehnica propusă de tratare a semințelor prin utilizarea vacuumului este o variantă îmbunătățită a tehnicii de tratare a semințelor prin imersare în soluții lichide și împrumută caracteristici din tehnica tratării semințelor cu plasma rece. Tratarea semințelor prin imersare are dezavantajul că necesită un timp de imersare îndelungat, iar în acest timp pot apărea fenomene de asfixiere a embrionilor și pierderea sărurilor minerale proprii prin difuzie în lichidul de tratare, conducând la scăderea vigorii semințelor.

Tratarea semințelor prin vacuumare presupune înlocuirea aerului din structurile interne poroase ale semințelor cu produsul de tratare în stare lichidă. Procesul de tratare are loc în două etape consecutive: în prima etapă, se evacuează aerul din interiorul semințelor imersate, iar în a doua etapă se realizează transferul de lichid în interiorul semințelor pe măsură ce presiunea lichidului crește de la 200 Pa la 100 kPa. Cantitatea de produs lichid transferată poate fi controlată în prima etapă prin realizarea unui procent de vacuum adecvat înainte de presurizare sau în a doua etapă prin întreruperea îmbibării după un anumit interval de timp de la presurizare.

Pentru atingerea obiectivelor propuse în cadrul cercetărilor experimentale, au fost realizate două standuri de tratare a semințelor prin utilizarea vacuumului și unul pentru tratarea semințelor prin imersare la presiune atmosferică. Primul stand de tratare a semințelor are un volum al incintei de tratare de 8,16 litri și este echipat cu un sistem de conducte și ventile ce permit vacuumarea incintei, introducerea lichidului de tratare și evacuarea surplusului prin utilizarea diferenței de presiune realizată cu ajutorul unei pompe de vacuum. Al doilea stand este termoizolat, are un volum al incintei de tratare de 10,85 litri și este echipat cu un sistem automatizat de încălzire electrică. Al treilea stand are un volum al incintei de tratare de 0,7 litri, iar lichidul de tratare este vehiculat continuu cu ajutorul unei pompe peristaltice.

Concluzii finale privind cercetările teoretice și experimentale

Tratarea semințelor înainte de semănat este un proces tehnologic important, deoarece de calitatea semințelor tratate depinde succesul inițierii culturilor în primele stadii de vegetație. Din punct de vedere ecologic tratamentul la semințe are impactul cel mai scăzut asupra mediului înconjurător deoarece se folosește cea mai mică cantitate de pesticid pe hectar (exemplu: 90 de grame în tratamentul la sămânță în loc de 140 de grame în tratamentul pe vegetație cu imidacloprid). Cunoașterea proprietăților fizico-mecanice și tehnologice ale semințelor reprezintă primul pas în definirea volumului specific ce poate fi utilizat ca spațiu de încărcare cu produs. Din punct de vedere al eficienței economice, tratamentul la semințe cu produse de protecție a plantei utilizează doze ce permit un echilibru între pierderile de plante înregistrate și densitatea agenților de dăunare. Astfel, în cazul unei presiuni mici exercitate de agenții de dăunare asupra plantelor se pot utiliza doze mai mici decât cele eficace. Performanța unui tratament la semințe depinde în egală măsură de performanța produsului utilizat și de calitatea procesului de tratare a semințelor.

În cadrul cercetărilor teoretice au fost identificate majoritatea tipurilor de echipamente existente fizic sau în brevetele publicate. Din analiza procesului de lucru al echipamentelor de tratat semințele s-a constatat că energia cinetică de omogenizare este distribuită către semințe și către produsul de tratare. În medie puterea absorbită de echipament pentru omogenizare s-a situat în jurul valorii de 1 Wh pe kilogramul de semințe.

Omogenizarea semințelor cu produsul de tratat se realizează prin mișcări de rotire, rostogolire, ridicare și cădere a semințelor în interiorul spațiului de lucru al echipamentului. Aceste mișcări sunt însoțite de fenomene de frecare și coliziune ce pot induce modificări negative ale integrității mecanice și structurii morfologice a semințelor. Echipamentele

performante, utilizate de către companiile specializate în tratarea semințelor, au la bază procese de lucru în care energia cinetică necesară omogenizării este direcționată în mod preponderent produsului de tratament. Prin aceasta tehnică, semințele își păstrează integritatea mecanică mai bine.

Uneori, adăugarea apei în procesul de omogenizare scurtează perioada de stres mecanic asupra semințelor, facilitează transferul de masă și reduce consumul de energie dar are un efect negativ asupra perioadei de păstrare a semințelor după tratare. Proprietățile morfologice și fiziologice ale semințelor impun limite asupra vitezei de executare a procesului de tratare a semințelor. Cu cât semințele au o structură morfologică de protecție mai fragilă, cu atât trebuie redus momentul cinetic asupra semințelor.

Studiul literaturii tehnico-științifice a evidențiat faptul că modelele de analiză prin folosirea metodei elementelor discrete pot să stabilească cinetica și să calculeze energia absorbită în mod individual pentru fiecare sămânță dintr-o șarjă. Astfel, prin utilizarea acestor modele se pot realiza simulări ale procesului de tratare în echipamentele cu mișcare de rotație necesare proiectării și stabilirii parametrilor optimi de lucru.

În cadrul cercetărilor experimentale au fost efectuate experimente ce au demonstrat că tratamentele la semințe prin utilizarea vacuumului pot să obțină rezultate mai bune sau cel puțin asemănătoare tratamentelor prin omogenizare rotativă în ceea ce privește cantitatea de pesticide adăugată la masa de semințe. Biotestele au arătat ca procesul de vacuumare nu are un impact negativ asupra sănătății și integrității mecanice a semințelor. Studiul experimental al fenomenului de sorbție al pesticidelor sub formă lichidă a evidențiat faptul ca în timpul tratării semințelor prin utilizarea vacuumului, absorbția este principala formă prin care se realizează transferul de masă. Prin adsorbție se poate transfera o masă de pesticid de ordinul miligramelor la 100 de grame de semințe în timp ce prin absorbție se poate realiza un transfer de ordinul gramelor.

Contribuții personale și originale ale lucrării

În cadrul tezei a fost emisă ipoteza că se poate reduce cantitatea de pesticide utilizate la tratarea semințelor prin dezvoltarea unui proces ce implică evacuarea aerului din porii semințelor și înlocuirea acestuia cu substanțe active.

În vederea verificării acestei ipoteze:

* Au fost realizate două standuri de experimentare:

- primul stand cu un volum de 8,16 litri a fost adaptat pentru transferul lichidului de tratare din rezervor în incinta de tratare și invers folosind o singura pompă de vacuum;
- al doilea stand cu un volum de 10,8 litri a fost adaptat pentru lucru la temperatura controlată;

* Pe parcursul cercetărilor au fost create și testate mai multe modele fizico-matematice ce au permis simulări ale fenomenelor fizice de sorbție și transfer de masă, apropiate observațiilor constatate prin experimente:

* Modelul de calculul al dozei de pesticide în care sunt folosiți parametri biologici ce țin de doza letală, durata protecției oferite, morfologia semințelor și parametri tehnologici ce țin de presiune, durata tratamentului și caracteristicile produsului reprezintă o contribuție importantă atât pentru domeniul agriculturii cât și pentru protejarea mediului;

Diferența dintre valorile obținute experimental și cele obținute prin simulare în ceea ce privește absorbția produselor lichide în masa semințelor a fost de 0,3%. Acest fapt demonstrează ca modelul poate fi utilizat cu succes în controlul procesului de lucru al echipamentului de tratat semințe prin vacuumare;

Prin utilizarea vacuumului în procesul de tratare a semințelor se obține o nouă metodă de tratare ce combină caracteristici ale metodei de tratare prin imersare cu caracteristici ale metodei de tratare cu plasmă rece în vid.

Folosind aceasta metodă de tratare a semințelor se poate obține o reducere teoretică de aproximativ opt ori a cantității de pesticide utilizate.

Recomandări și perspective de cercetare

Recomandările pentru cercetările viitoare sunt legate de:

- reducerea intensității fenomenului de adsorbție a apei în timpul efectuării tratamentelor,
- posibilitatea introducerii procesului de condiționare prin deshidratare la presiuni și temperaturi scăzute, dar încadrate în limitele toleranței semințelor.

În plus, perspectivele cercetărilor viitoare ce implică:

- posibilitatea introducerii prin vacuumare în masa semințelor în afară de pesticide și alte substanțe, precum: nanomateriale, enzime, vaccinuri, nutrienți sau hormoni.
- în vederea lărgirii gamei de produse utilizate la tratarea semințelor, metoda propusă oferă o bază experimentală de încredere.

Bibliografie selectivă

1. Hallauer AR. Evolution of plant breeding. *Crop breeding and applied biotechnology* 2011; 11: 197–206
2. Observatory of Economic Complexity, <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/tropical-fruits/reporter>;
3. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>;
4. Zaharia R, Troțuș E, Trașcă G, et al. Impact of Seed Treatment with Imidacloprid, Clothianidin and Thiamethoxam on Soil, Plants, Bees and Hive Products. *Agriculture (Switzerland)*; 13. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.3390/agriculture13040830.
5. Rachel C. *Silent spring*. Penguin Books, 1962.
6. Annis PC, Graver JE, Van S. Ethyl formate—a fumigant with potential for rapid action. In: 2000 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, Orlando. 2000, pp. 6–9.
7. Nega E, Ulrich R, Werner S, et al. Hot water treatment of vegetable seed—an alternative seed treatment method to control seed-borne pathogens in organic farming/Heißwasserbehandlung von Gemüsesaatgut—eine alternative Saatgutbehandlungsmethode zur Bekämpfung samenbürtiger Pathogene im ökologischen Landbau. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz/Journal of Plant Diseases and Protection* 2003; 220–234.
8. McCormack JH. *Seed processing and storage: principles and practices of seed harvesting, processing, and storage: an organic seed production manual for seed growers in the Mid-Atlantic and Southern US*. McCormack, 2004.
9. Foroughbakhch Pournavab R, Bacópulos Mejía E, Benavides Mendoza A, et al. Ultraviolet Radiation Effect on Seed Germination and Seedling Growth of Common Species from Northeastern Mexico. *Agronomy*; 9. Epub ahead of print 2019. DOI: 10.3390/agronomy9060269.
10. Zhang B, Li R, Yan J. Study on activation and improvement of crop seeds by the application of plasma treating seeds equipment *Arch Biochem Biophys* 2018; 655: 37–42

11. IndiaMART. Seed dressing drum. <https://www.indiamart.com/>.
12. Mark Yontz. Precision management for crop protection becomes more common. FarmProgress. www.farmprogress.com.
13. Snagoveanu C., Costache N. Mecanizarea lucrărilor de protecție a plantelor. Editura agrosilvica, 1969.
14. Simmons J.J. Seed coating machine. US4465017A, <https://patentimages.storage.googleapis.com/08/69/86/a3e82678baf054/US4465017.pdf> (1984, accessed 18 April 2023).
15. Lund D. Virgil. Seed coating apparatus. US5891246A, <https://patentimages.storage.googleapis.com/e2/06/8c/512bfd31b3e9c7/US5891246.pdf> (1999, accessed 18 April 2023).
16. Scripnic V., Babiciu P. Masini Agricole. Editura Agrosilvica, 1968.
17. Geissler Robert G. High pressure chemical seed treater. US5632819A, <https://patentimages.storage.googleapis.com/70/61/e7/978d3dec060447/US5632819.pdf> (1997, accessed 18 April 2023).
18. Amburn R.D. Apparatus for treating seeds. US3675367, <https://patents.google.com/patent/US3765125A/en?q=Raymond+D.+3%2c765%2c125> (1973, accessed 18 April 2023).
19. Amburn R. D. Apparatus for magnetically treating seeds, <https://patentimages.storage.googleapis.com/85/93/c2/b1b11bc895bc46/US3675367.pdf> (1972, accessed 18 April 2023).
20. Schultheiss Reiner, Schaden Wolfgang, Warlick John, et al. Method of stimulating plant growth, <https://patentimages.storage.googleapis.com/84/b2/9d/50d80e41202a09/US7600343.pdf> (2009, accessed 18 April 2023).
21. Thirumdas R, Sarangapani C, Annapure US. Cold Plasma: A novel Non-Thermal Technology for Food Processing. Food Biophysics; 10. Epub ahead of print 2015. DOI: 10.1007/s11483-014-9382-z.
22. Molenda M, Horabik J. Characterization of mechanical properties of particulate solids for storage and handling. Mechanical properties of granular agro-materials and food powders for industrial practice, Part I Lublin: Insitute of Agrophysucs PAS 2005; 1–145.
23. Allen RG, Pereira L, Raes S, et al. *Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nation ISBN 978-92-5-104219-9.* 1987.
24. Liu X, Xu X, Wu W, et al. A simplified model to calculate the power draw for material movement in industrial rotary kilns. Powder Technol 2016; 301: 1294–1298.
25. [127]. Wu WN, Liu XY, Zhang R, et al. DEM investigation of the power draw for material movement in rotary drums with axis offset. Chemical Engineering Research and Design; 144. Epub ahead of print 2019. DOI: 10.1016/j.cherd.2019.02.011.
26. Patel H, Vashi RT. Adsorption of crystal violet dye onto tamarind seed powder. E-Journal of Chemistry; 7. Epub ahead of print 2010. DOI: 10.1155/2010/143439.
27. Geissler Robert G. High pressure chemical seed treater. US5632819A, <https://patentimages.storage.googleapis.com/70/61/e7/978d3dec060447/US5632819.pdf> (1997, accessed 18 April 2023).
28. Ali NS, Jabbar NM, Alardhi SM, et al. Adsorption of methyl violet dye onto a prepared bio-adsorbent from date seeds: isotherm, kinetics, and thermodynamic studies. Heliyon; 8. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e10276.
29. Marzbali MH, Esmaili M. Fixed bed adsorption of tetracycline on a mesoporous activated carbon: Experimental study and neuro-fuzzy modeling. Journal of Applied

- Research and Technology; 15. Epub ahead of print 2017. DOI: 10.1016/j.jart.2017.05.003.
30. Okoli CA, Onukwuli, O.D. O-O, C. F. and Okoye CC. Adsorptive removal of dyes from synthetic wastewater using activated carbon from tamarind seed. *Eur Sci J*; 11.
31. Nayak AK, Pal A. Rapid and high-performance adsorptive removal of hazardous acridine orange from aqueous environment using *Abelmoschus esculentus* seed powder: Single- and multi-parameter optimization studies. *J Environ Manage*; 217. Epub ahead of print 2018. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.03.137.
32. Rajeshkannan R, Rajasimman M, Rajamohan N. Decolourization of malachite green using tamarind seed: Optimization, isotherm and kinetic studies. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*; 17. Epub ahead of print 2011. DOI: 10.2298/ciceq100716056r.
33. Santhy K, Selvapathy P. Removal of reactive dyes from wastewater by adsorption on coir pith activated carbon. *Bioresour Technol*; 97. Epub ahead of print 2006. DOI: 10.1016/j.biortech.2005.05.016.
34. Sananmuang R, Cha-un N. Physical characteristics and adsorption properties for reactive dyes of char and activated carbon prepared mangosteen peel and tamarind seed. *Naresuan Univ J* 2007; 15: 9–16.
35. Walter Umrath (2007). *Fundamentals of Vacuum Technology*. Oerlikon Leybold Vacuum, Cologne, Germany
36. Niels Marquardt (1999). *Introduction to the principles of vacuum physics*. Inst for Accelerator Phys & Synchrotron Radiat. <https://cds.cern.ch> › record
37. Jamil T, Azher K, Tahir MA, et al. Experimental and numerical dynamic analysis of plexiglass acrylic for impact energy using indigenously developed testing equipment. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*; 84.

Anexe

Lista lucrărilor publicate

Nr. crt.	Autori, an, Titlul articol/Lucrare științifică publicată în volumul conferinței/revista, editura, pagini (de la -la)
1.	George Ipate, Viorel Fatu , Gheorghe Voicu, 2023, Experimental and numerical research on adsorption of measurool solution in fixed-bed corn seed treatment, U.P.B. Sci. Bull., Series D, (acceptat pentru publicare)
2.	Fătu V. , Voicu Ghe., Geicu A. G., Chiriloaie Palade A., Petre A., 2019, The influence of hydrogen peroxide and Ocimum basilicum essential oil treatment on seed germination of Capsicum annuum (L.) Linnaeus, ISB-INMA-TEH 2019, PROCEEDINGS, pag. 720-723. https://isbinmateh.inma.ro/wp-content/uploads/2023/02/Volume_Symposium_2019.pdf
3.	Fătu V. , Voicu Gh., Constantin A-M., 2021, Aspects regarding the rapid determination of the optimal dose of active substance intended for plants protection and nutrition in seed treatment process, ISB-INMA-TEH 2021, PROCEEDINGS, pag. 74-79, https://isbinmateh.inma.ro/wp-content/uploads/2023/02/Volume_Symposium_2021.pdf
4.	Iulian Voicea, Viorel Fătu , Florin Nenciu, Catalin Persu, Remus Oprescu, 2022, Experimental research on bioinsecticide activity obtained by using an oleic extract from dwarf silver fir on some vegetable crops, Scientific Papers. Series B, Horticulture. Vol. LXVI, No. 1, 2022, pag. 575-580, WOS:000888877000085 , https://horticulturejournal.usamv.ro/pdf/2022/issue_1/Art85.pdf
5.	Viorel Fătu , Roxana Zaharia, Mihaela Carmen Botea, Gheorghe Voicu, Iulian Voicea, 2022, Study regarding the influence of treatment with Levisticum officinale, Lavandula angustifolia and Thymus serpyllum decoction on maize germination, ISB-INMA-TEH 2022, PROCEEDINGS, pag. 650-657.
6.	Augustina Pruteanu, Iulian Voicea, Viorel Fătu , 2022, Accumulation of copper in vegetables and fruits, ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT, Jelgava, 25.-27.05.2022, pag 583-589. https://www.tf.lbtu.lv/conference/proceedings2022/Papers/TF191.pdf
7.	Ana-Cristina Fătu, Mihaela Monica Dinu, Oana-Alina Boiu-Sicuia, Sorina Dinu, Viorel Fătu , Florica Constantinescu, 2021, Protecția ecologică a plantelor – abordări și aplicații-Ecological plant protection - Approaches and applications, Acta Agrícola nr. 3, pag. 85-92, https://www.asas.ro/wcmqs/sectii/plante-camp/Revista/ACTA%20AGRICOLA%20nr.%203-2021.pdf
8.	Roxana Zaharia , Elena Trotus, Georgeta Trască, Emil Georgescu , Agripina Sapcaliu, Viorel Fătu , Cristina Petrisor, Carmen Mincea, 2023, Impact of Seed Treatment with Imidacloprid, Clothianidin and Thiamethoxam on Soil, Plants, Bees and Hive Products. Agriculture 2023, 13, 830. https://doi.org/10.3390/agriculture1304083 , WOS:000979514000001 , https://www.mdpi.com/2077-0472/13/4/830
9.	Nenciu, F., Fătu, V. , Arsenoaia, V., Persu, C., Voicea, I., Vladut, N.-V., Matache, M.G., Gageanu, I., Marin, E., Biris, S.-S., et al., 2023, Bioactive Compounds Extraction Using a Hybrid Ultrasound and High-Pressure Technology for Sustainable Farming Systems. Agriculture 2023, 13, 899, https://doi.org/10.3390/agriculture13040899 , WOS:000979407100001 , https://www.mdpi.com/2077-0472/13/4/899

10.	Roxana Zaharia, Viorel Oltenacu, Viorel Fătu , Cristina Petrișor, 2023, Essential oils antimicrobial activity in limiting the development of main spoilage fungi associated with stored cereals, ROMANIAN AGRICULTURAL RESEARCH, NO. 40, 2023, WOS:001012838900017 , https://www.incda-fundulea.ro/rar/nr40fol/rar40.9.pdf
11.	Victor Petcu, Lavinia Burtan, Mihai Cioroianu, Viorel Fătu , Florentin Bercu, Cristina Radu, 2021, Studiu privind efectul culturilor de acoperire asupra compoziției chimice a solului și producției culturii următoare, AN. I.N.C.D.A. FUNDULEA, VOL. LXXXIX, 2021, pag. 159-168, https://www.incda-fundulea.ro/anale/89/89.10.pdf
12.	Iulian Voicea, Iuliana Gageanu, Viorel Fătu , 2021, Experimental research on obtaining an extract with bio-insecticidal / bio-fertilizer action from ocimum basilicum with application for organic agriculture, ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT, Jelgava, 26-28.05.2021, WOS:000817951600057 , https://www.tf.lbtu.lv/conference/proceedings2021/Papers/TF083.pdf
13.	Gurau, LR (Gurau, Lorena-Roxana); Radu, I (Radu, Ioan); Fatu, V (Fatu, Viorel); Petrișor, C (Petrișor, Cristina); Mirea, E (Mirea, Emilian); Manea, V (Manea, Vasilica); Mitel, TD (Mitel, Toma Dumitru), 2021, Evaluation of the microfungus community from soil to onion crop in an integrated protection system, Scientific Papers-Series B-Horticulture, Volume 65, Issue1, Page754-758, WOS:000712336700102 , https://www.horticulturejournal.usamv.ro/pdf/2021/issue_1/Art100.pdf
14.	Petrișor, C (Petrișor, Cristina); Dudoiu, R (Dudoiu, Roxana); Lupu, C (Lupu, Carmen); Fatu, V (Fatu, Viorel), 2020, Photosynthetic performance and activity of antioxidant enzymes induced by seed priming in maize plants, romanian agricultural research, Volume37, Page59-66, WOS:000640525700009 , https://www.incda-fundulea.ro/rar/nr37/rar37.8.pdf
15.	Brevet de invenție Nr. 131822, Lupu Carmen, Fătu Viorel , Manole Traian, 2019, Metoda ecologica de tratare a cerealelor depozitate, pentru protecția acestora împotriva insectelor și dăunătorilor.
16.	Cerere brevet, A/00122/2023, Fătu Viorel , Fătu Ana-Cristina, Echipament și procedeu de extracție a virusurilor entomopatogene din larve de lepidoptere (prin utilizarea vacuumului).



Curriculum vitae Europass

Informații personale

Nume / Prenume	Fătu/ Viorel
Adresă(e)	Sos. Străulești, nr. 1, bl. 4, ap. 4 ,Sec. 1, București, Romania
Telefon(oane)	0729263874
E-mail(uri)	fatu_viorel@yahoo.com, viorel.fatu@icdpp.ro
a) Naționalitate(-tăți)	Romana
b) Data nașterii	08.11.1979
c) Sex	masculin

Locul de muncă ocupat / Domeniul ocupațional

Institutul de Cercetare-Dezvoltare pentru Protecția Plantelor, București/ Biotehnologii

Experiența profesională

d) Perioada	2023
Funcția sau postul ocupat	Șef Laborator Ecotoxicologie si Bioresurse
Activități și responsabilități principale	Coordonarea activitatilor de cercetare in domeniul protectiei biologice a plantelor (director, responsabil stiintific proiecte de cercetare) Îndrumarea si coordonarea personalului de cercetare din cadrul laboratorului în planul tematic al proiectelor de cercetare aflate în derulare. Elaborarea tematicilor de cercetare
Perioada	2019-prezent
Funcția sau postul ocupat	Cercetător in electronica aplicata
Activități și responsabilități principale	Calibrare senzori agrometeorologici
Numele și adresa angajatorului	S.C. Syswin Solutions S.R.L., Strada Biharia 26, Sector 1, București, ROMÂNIA
e) Perioada	2014-prezent
Funcția sau postul ocupat	Cercetator stiintific gradul 3
Activități și responsabilități principale	- efectuare testelor de eficacitate a produselor de protectia plantelor - microscopie optica si electronica - modelarea zonelor de favorabilitate a speciilor de plante si insecte - coordonare proiecte de cercetare
f) Perioada	2009-2014
Funcția sau postul ocupat	Cercetator stiintific

Contribuții și cercetări privind procesul de lucru al mașinilor de tratat semințe prin vacuumare

Activități și responsabilități principale	- efectuare testelor de eficacitate a produselor de protecția plantelor - microscopie optica si electronica - modelarea zonelor de favorabilitate a speciilor de plante si insecte
Numele și adresa angajatorului	I.C.D.P.P. Bucuresti
Tipul activității sau sectorul de activitate	Cercetare agricola
g) Perioada	2006-2009
Funcția sau postul ocupat	Asistent de cercetare
Activități și responsabilități principale	-microscopie electronica -identificare si diagnosticare boli virale si boli floemice la cereale
Numele și adresa angajatorului	I.C.D.P.P. Bucuresti
Tipul activității sau sectorul de activitate	Cercetare agricola
Educatie și formare	
h) Perioada	2019
Calificare/ Diplomă obtinuta	Doctorand in inginerie mecanica
Activități principale	Contribuții și cercetări privind procesul de lucru al mașinilor de tratat semințe prin vacuumare
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Facultatea de Ingineria Sistemelor Biotehnice
Nivelul în clasificarea națională sau internațională	ISCED nivel 8
i) Perioada	2006-2008
Calificare/ Diploma obtinuta	Diploma de master
Disciplinele principale studiate	Aplicatii moderne ale biotehnologiei in agricultura
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Facultatea de Biotehnologii, USAMV București;
Nivelul în clasificarea națională sau internațională	ISCED nivel 7
j) Perioada	2001-2006
Calificare/ Diploma obtinuta	Diploma de licenta
Disciplinele principale studiate	Biotehnologii vegetale
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Facultatea de Biotehnologii, USAMV București;
Nivelul în clasificarea națională sau internațională	ISCED nivel 6
Perioada	2017
Activitati principale/ competente dobandite	Curs Expert accesare fonduri structurale si de coeziune europene
Numele și tipul furnizorului de formare	Expert business center SRL

k) Perioada	2010																								
Activitati principale/ competente dobandite	Curs de inginerie genetica																								
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Institutul pentru Protectia Plantelor, Julius Kuln, Darmstadt, Germania																								
l) Perioada	2009																								
Activitati principale/ competente dobandite	Curs de GIS ESRI Geosystems																								
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	ESRI, Romania																								
Autoevaluare																									
<i>Nivel european (*)</i>																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Înțelegere</th> <th colspan="2">Vorbire</th> <th colspan="2">Scriere</th> </tr> <tr> <th>Ascultare</th> <th>Citire</th> <th>Participare la conversație</th> <th>Discurs oral</th> <th colspan="2">Exprimare scrisă</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C1</td> <td></td> <td>C2</td> <td></td> <td>C2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td></td> <td>C1</td> <td></td> <td>A1</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Înțelegere		Vorbire		Scriere		Ascultare	Citire	Participare la conversație	Discurs oral	Exprimare scrisă		C1		C2		C2		A2		C1		A1	
Înțelegere		Vorbire		Scriere																					
Ascultare	Citire	Participare la conversație	Discurs oral	Exprimare scrisă																					
C1		C2		C2																					
A2		C1		A1																					
Engleza																									
Franceza																									
Competențe și abilități sociale	Buna adaptabilitate in diverse medii multiculturale dobandita in cursul experientei in afara tarii, orientare spre invatare, seriozitate si corectitudine.																								
Competențe și aptitudini organizatorice	punctualitate, capacitate de analiza a sarcinilor si a responsabilitatilor																								
Competențe și aptitudini tehnice	manipularea cu usurinta a echipamentelor de laborator si a instrumentelor de cercetare																								
Competențe și aptitudini de utilizare a calculatorului	Utilizare curenta Microsoft Office (Word, Excel și PowerPoint) si a altor soft-uri profesionale dedicate (BioStat, GraphPad Prism)																								
Noiembrie 2023																									
FĂTU Viorel																									