



DENUMIREA POGRAMULUI-NUCLEU: CERCETĂRI MULTIDISCIPLINARE ÎN DOMENIUL AGRICULTURII DIGITALE PENTRU COMPETITIVITATE ECONOMICĂ SI DEZVOLTARE DURABILĂ, ÎN CONTEXTUL SCHIMBĂRILOR CLIMATICE – SUSTAIN – DIGI -AGRI

DENUMIREA OBIECTIVULUI: O2. TEHNOLOGII ȘI ECHIPAMENTE INOVATIVE PENTRU DEZVOLTAREA DURABILĂ A CULTURILOR AGROECOLOGICE, ÎN VEDEREA UTILIZĂRII ACESTORA ÎN CONDIȚII DE EFICIENȚĂ ENERGETICĂ, PROTECȚIA VIEȚII, SĂNĂTĂȚII ȘI A MEDIULUI

CONTRACTUL NR.: 9N / 01.01.2023

PROIECTUL: PN 23 04 02 02 - CERCETĂRI PRIVIND UTILIZAREA DEȘEURILOR DE LÂNĂ LA OBTINEREA UNOR FERTILIZANȚI ORGANICI PENTRU AGRICULTURĂ ÎN VEDEREA ÎMBUNĂTĂȚIRII PROPRIETĂȚILOR SOLULUI ȘI REDUCERII POLUĂRII MEDIULUI

PERIOADA DE DESFĂȘURARE A PROIECTULUI: ian. 2023-dec. 2026

OBIECTIVUL PROIECTULUI: Proiectul își propune realizarea unor fertilizatori pe bază de deșeuri de lână în contextul agriculturii durabile, produse cu valoare adăugată într-o economie circulară, care, pe lângă macroelemente și microelemente, să conțină, ca și componente de bază, compuși organici și biostimulatori obținuți din recuperarea și reutilizarea eficientă a substanțelor nutritive din deșeuri organice.

REZULTATE PRECONIZATE PENTRU ATINGEREA OBIECTIVULUI:

Rezultate estimate	An 2023	An 2024	An 2025	An 2026
Studiu prospectiv tehnologic	1	-	-	-
Studiu tehnologic prospectiv	1	-	-	-
Tehnologie	-	1	-	-
Metodologie	-	2	1	-
Raport experimentare	-	-	1	1
Raport demonstrare	-	-	1	-
Rețetă fabricație	-	-	3	-
Model Funcțional	-	-	3	-
Raport validare	-	-	-	1
Cerere de brevet de invenție	-	-	1	-
Lucrare științifică în reviste de specialitate indexate ISI	1	1	1	2
Lucrare științifică în reviste de specialitate indexate BDI	3	3	3	2
Comunicare științifică prezentată la conferințe internaționale	-	1	1	2
Participare la târguri și expoziții	-	-	-	-
Produs omologat	-	-	1	-
Ghid	-	-	-	1
Fișă tehnică	-	-	-	1
Poster	-	-	-	1
Pagină web	-	-	-	1

DIRECTOR DE PROIECT: Dr.Ing. Fodorean Teodor Gabriel 2023-2024/ Dr.ing.Nica Dragos 2025-2026

REZULTATE OBTINUTE:

Faza: 1-PARȚIAL - Documentare privind soluțiile de utilizare a lânii, cu sau fără adaosuri, ca și fertilizant organic, corespunzător conceptului de agricultura durabilă

Act. 1.1 - Studiu tehnologic privind posibilitățile de utilizare a lânii ca și fertilizant organic

Termen: 31.07.2023

Studiu tehnologic: 1 buc.

❖ **LÂNA CA FERTILIZANT SAU COMPONENTĂ A FERTILIZANȚILOR**



Situația actuală a deșeurilor de lână este reglementată la nivel European de Regulamentul CE 1069 (2009) și Regulamentul UE 142 (2011) de punere în aplicare a Regulamentului CE 1069 (2009) (2011). Aceste regulamente: (1) definesc lâna ca fiind un subprodus de origine animală care trebuie să fie aruncat la groapa de gunoi ca un deșeu solid, dacă nu este direcționat către industria textilă lanțul de aprovizionare cu textile, și: (2) stabilesc norme privind gestionarea lânii brute și a părului, care sunt considerate ca fiind de categoria 3 subproduse de origine animală (ABP), ceea ce înseamnă că acestea sunt clasificate ca fiind de risc scăzut. Lâna este un material proteic natural, al cărui proprietăți unice se bazează pe compoziția sa chimică și caracteristicile morfologice.

Deșeurile de lână se clasifică în funcție de forma de generare de-a lungul lanțului de aprovizionare cu lână:

- Pre-procesare -ca lână brută de la crescătoriile de oi,
- Pre-consumator -fibre și resturi de țesături de la procesul de fabricare a textilelor,
- Post-consumator -îmbrăcăminte uzată de la consumatori.

Pentru valorificarea deșeurilor de lână pre-procesare- lâna brută, se disting doua direcții majore și anume:

- aplicații care exploatează proprietățile naturale ale fibrelor de lână supuse unor tratamente nedistructive;
- aplicații care exploatează proprietățile biopolimerului de cheratină, care implică solubilizarea fibrelor și extracția cheratinei

Domeniile în care se pot utiliza deșeurile de lână sunt foarte variate:

- construcții civile ca și izolator termic și acustic;
- ca și fibre de armare în diferite materiale compozite, inclusiv mortar de ciment;
- în agricultură ca și îngrășământ organic atât lâna ca atare sub diferite forme-peleti, pâsla, cât și hidrolizate obținute din lână;
- în aplicații biomedicale și în cosmetică se folosesc compuși extrași din lână – cheratine, lanolina, ceramide

❖ **DIRECȚII DE UTILIZARE A DEȘEURILOR DE LÂNA ÎN AGRICULTURĂ**

Conservarea umidității

Fibrele de lână absorb și rețin umiditatea foarte eficient, iar această proprietate este benefică atunci când lâna este aplicată pe soluri, unde poate reduce scurgerea contaminanților, cum ar fi pesticidele, și îmbunătățește conservarea apei.

Mulci în culturile agricole

Ca și alte materiale utilizate ca și mulci, lâna suprimă creșterea buruienilor și acționează ca o sursă de N, și este mai rezistentă la descompunere (durează mai mult) decât alte materiale de mulcire. Mulciul din lână poate dura cca doi ani. Solul de sub mulciul de lână este mai rece decât cel sub mulci de fân, având mai puține fluctuații de temperatură decât în cazul mulcirii cu fân sau fără mulci. Nivelurile de azot din probele de țesut ale plantelor au fost cele mai ridicate în cazul mulcirii cu lână, iar nivelurile de azot au fost cele mai scăzute sau deficitare în cazul mulcirii cu fân.

Amendament și sursă de nutrienți;

Lâna conține cantități mari de N, S și C. Hidrolizatul de lână de oaie îmbunătățește condițiile de creștere prin creșterea conținutului de N, C și P total în sol. Totodată ratele mari de adaos de lână în sol au dus la schimbări ale compoziției microbiene, în timp ce o rată scăzută de adăugare a deșeurilor de lână nu a afectat compoziția microbiană în raport cu cea din lotul martor, ne-amendat cu lână. Aplicarea de fertilizanți -amendamente pe pajiști contribuie la reducerea degradării solului, inclusiv a eroziunii. Un alt avantaj, lâna se absoarbe în sol, se umflă și se dilată, mărind porozitatea solului. și îmbunătățește capacitatea solului de a reține oxigenul

Obținerea compostului

Deșeurile de lână necesită compostare înainte de a fi utilizate ca amendamente pentru sol, în mare parte pentru a oferi un substrat cu calități adecvate pentru creșterea plantelor, inclusiv scăderea C: N și furnizarea de nutrienți disponibili pentru plante.

Fertilizant cu eliberare lentă

Una dintre principalele calități ale lânii este biodegradabilitatea, atunci când este îngropată în sol, biopolimerul de cheratină este degradat de microorganisme și eliberează nutrienți esențiali pentru culturi. Deoarece lâna se descompune lent în sol, ea poate fi utilizată ca un îngrășământ cu eliberare lentă și să acționeze ca sursă de nutrienți pe bază de N și S pe o perioadă mai lungă de timp decât îngrășămintele convenționale.

Faza: 1-FINAL - Documentare privind soluțiile de utilizare a lânii cu sau fără adaosuri ca și fertilizant organic corespunzător conceptului de agricultură durabilă

- Act. 1.2 - Studiu prospectiv privind posibilități de îmbunătățire a caracteristicilor fertilizante ale deșeurilor de lână prin adaos de componente organice sau/și minerale (bacterii)

- Act. 1.3 - Diseminare pe scara largă prin comunicarea și publicarea rezultatelor

Termen: 08.12.2023

Studiu prospectiv: 1 buc.

Obiectivul fazei F1 - FINAL a proiectului constă în realizarea unui studiu prospectiv privind posibilități de îmbunătățire a caracteristicilor fertilizante ale deșeurilor de lână prin adaos de componente organice sau/și minerale (bacterii). Studiu



prospectiv va cuprinde posibilitățile de îmbunătățire a caracteristicilor fertilizante ale deșeurilor de lână prin adaus de componente organice sau/și minerale (bacterii).

Sudiul este structurat în 7 capitole după cum urmează.

În capitolul intitulat HIDROLIZA LÂNII: METODE, STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII s-au prezentat generalități ale procesului de hidroliză și s-au enumerat diferitele metode de hidroliză a cheratinei obținutp din lana de oaie.

Principalele metodele utilizate pentru solubilizarea și izolarea cheratinei se clasifică în:

- Metode chimice
- Metode microbiene și enzimatic

În capitolul intitulat REZULTATELE TESTELOR DE LABORATOR s-a făcut o descriere a materialelor și a reactivilor folosiți precum și a echipamentelor utilizate pentru determinările experimentale după cum urmează:

- Materiale și reactivi folosiți la determinările experimentale,
- Echipamente folosite pentru determinările experimentale.

În capitolul intitulat HIDROLIZA ALCALINĂ A LÂNII ȘI PELEȚILOR DE LÂNĂ s-au prezentat metodologiile de procesare a lânii și peleților de lână.

În capitolul REZULTATE ȘI CONCLUZII s-a discutat despre rezultatele procesului de hidroliză, probele rezultate arătând un pH mediu de 14, iar următorul pas a fost ajustarea pH-ului cu HCl pentru toate probele la o valoare cât mai aproape apropiată de 7 (similar cu mediul de creștere bacteriană).

Aceste rezultate constituie un milestone important în cadrul prezentului proiect întrucât demonstrează clar că ideea de start a proiectului este fezabilă; mai precis, creșterea unor bacterii cu rol important în sol este posibilă pe medii îmbogățite cu digestat de lână.

Diseminarea și publicarea rezultatelor pe scară largă

Anul 2023

Articole ISI: 1 buc.

Nr. Crt.	Autor (Nume și prenume) Titlu	Editura	An apariție	Cod ISBN
1	Zaica A. , Ciupercă R., Zaica Al., Fodorean T. G. , Nagy E. M., Cioica N., Deac T. <i>Research regarding the influence of processing parameters to the mechanical properties of ternary biopolymer blends</i>	INMATEH - Agricultural Engineering Journal	2023	

Articole BDI: 3 buc

Nr. Crt.	Autor (Nume și prenume) , Titlu	Editura	An apariție	Cod ISBN
1	Fodorean T. G. , Nagy E. M., Cioica N., Fechete L., Valentin V., <i>Research regarding the posibiliteties of using natural fibers and wool for fabrication of biocomposite materials</i>	ISB-INMA TEH' 2023 International Symposium, Bucharest, 5-6 October 2023, vol. Print: ISSN 2344 – 4118; CD-ROM: ISSN 2344 – 4126, (online) [BDI]	2023	
2	Nagy E. M., Fodorean T. G. , Cioica N., Fechete L., <i>Comparative research on wool - wool pellets regarding some physico-chemical characteristics for their use in agriculture</i>	ISB-INMA TEH' 2023 International Symposium, Bucharest, 5-6 October 2023, vol. Print: ISSN 2344 – 4118; CD-ROM: ISSN 2344 – 4126, (online) [BDI]	2023	
3	Nagy E. M., Fodorean T. G. , Cioica N., Deac T., <i>Influence of some additives - binder and nutrient sources, on some characteristics of biosolid fertilizer granules</i>	ISB-INMA TEH' 2023 International Symposium, Bucharest, 5-6 October 2023, vol. Print: ISSN 2344 – 4118; CD-ROM: ISSN 2344 – 4126, (online) [BDI]	2023	



- Comunicări: 3 buc.

Nr. Crt.	Titlu manifestare științifică	Autor (Nume și prenume)
1	International Symposium ISB-INMA-TEH 2023 - Agricultural and Mechanical Engineering, 5-6 Octombrie, București, <i>Research regarding the possibilities of using natural fibers and wool for fabrication of biocomposite materials</i>	Fodorean T. G. , Nagy E. M., Cioica N., Fechete L., Valentin V.
2	International Symposium ISB-INMA-TEH 2023 - Agricultural and Mechanical Engineering, 5-6 Octombrie, București, <i>Comparative research on wool - wool pellets regarding some physico-chemical characteristics for their use in agriculture</i>	Nagy E. M., Fodorean T. G. , Cioica N., Fechete L.
3	International Symposium ISB-INMA-TEH 2023 - Agricultural and Mechanical Engineering, 5-6 Octombrie, București, <i>Influence of some additives - binder and nutrient sources, on some characteristics of biosolid fertilizer granules</i>	Nagy E. M., Fodorean T. G. , Cioica N., Deac T.

Faza 2.1 - Caracterizarea și pregătirea deșeurilor organice (lână) și a adaosurilor organice (bacterii) în vederea utilizării lor la obținerea amestecurilor biofertilizante. Elaborarea tehnologiei de realizare a fertilizanților organici pe baza de lână și stabilirea rețetelor țintă de fabricație

Act. 2.1 - Caracterizarea și pregătirea deșeurilor organice (lână) în vederea utilizării lor la obținerea fertilizanților organici
Act. 2.2 - Caracterizarea și selectarea tipurilor de bacterii și alți compuși utilizabili în amestecuri biofertilizante pe bază de lână.

Termen: 30.05.2024

Metodologie: 2 buc.

Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

- metodologie de caracterizare și pregătire a deșeurilor organice (lână) și alți compuși utilizabili la realizarea amestecurilor biofertilizante
- metodologie de caracterizare și selectare a adaosurilor organice (bacterii) în vederea utilizării lor la obținerea amestecurilor biofertilizante.

❖ **CARACTERIZAREA ȘI PREGĂTIREA DEȘEURILOR ORGANICE (lână) și alți compuși utilizabili la realizarea amestecurilor biofertilizante**

Cunoașterea caracteristicilor deșeurilor organice de lână, alături de alți compuși este necesară în vederea realizării fertilizanților din lână prin extrudare reactivă precum și în vederea îmbogățirii acestora cu adaosuri organice (bacterii).

Lâna utilizată provine de la SC Miorița, Ucea de Jos ca și lâna brută, așa cum se obține din tunderea oilor, trecută printr-o moară rotativă cu cuțite (4 cuțite fixe în camera de măcinare, 6 cuțite înlocuibile și reglabile pe rotor) pentru a fi tăiată la o lungime de max. 6 mm în vederea prelucrărilor ulterioare.

Determinarea **conținutului de umiditate** se realizează cu termobalanța AXIS-100 (fig.1). Probe de 2-3 grame se usuca la 70 °C, timp de 60 minute, citindu-se valorile afișate la fiecare 20 secunde. Măsurătorile continuă până se obține masa constantă. Determinarea cantității de apă se calculează ca și diferența dintre masa inițială și finală a eșantioanelor.

În urma măsurătorilor efectuate s-a determinat o umiditate de 10,3 % pentru lâna testată.

Din punct de vedere chimic, pentru procesul de extrudare reactivă este importantă determinarea cantității de amiloza și amilopectina din amidon.

❖ **CARACTERIZAREA ȘI PREGĂTIREA ADAOSURILOR ORGANICE (BACTERII) în vederea utilizării lor la obținerea amestecurilor biofertilizante**

Pentru cultivarea microorganismelor în plăci Petri și aplicarea discurilor impregnate cu hidrolizatele obținute anterior, s-au folosit două formule de medii de cultură, respectiv:

1. **Mediul Geloză simplă** pentru multiplicarea bacteriilor din genul *Bacillus*, cu următoarele tulpini: *Bacillus subtilis* USAB, *Bacillus subtilis* B52, *Bacillus subtilis* B36, *Bacillus licheniformis* (1), *Bacillus licheniformis* DSM 1969.



Mediul de geloză simplă a fost preparat din: extract de carne 0.3 %, peptona 1.0 %, NaCl 0.5%, agar 2.0 % și apă distilată ad. 100 ml.

2. **Mediul YMA** pentru multiplicarea bacteriilor din genul *Rhizobium*, cu tulpinile: *Rhizobium meliloti*, *Rhizobium trifolii*, *Rhizobium meliloti USAB*, *Rhizobium Gz13*, *Rhizobium lupini LP 83 FM*.

Mediul YMA a fost preparat din: manitol 10g, extract de drojdie 0.5g, K₂HPO₄ 0.5 g, MgSO₄ 0.2 g, NaCl 0.1 g, CaCO₃ 0.3 g și apă distilată ad. 1000 ml.

Pe baza testelor pe cele doua medii de cultură s-a aratat că extractele de keratină calitatea de nutrient și nu de inhibitor. Pentru a testa calitățile nutritive ale hidrolizatorilor de keratină s-a ales o singură tulpina din genul *Bacillus*, și anume tulpina *Bacillus licheniformis DSM 1969*, similar pentru genul *Rhizobium*, s-a ales tulpina *Rhizobium trifolii CMT1.56*

Pentru teste s-au realizat câte 10 loturi experimentale: de la 1 la 3-din hidrolizate lichide; de la 4 la 6 pe amestec de hidrolizate lichide si uscate; de la 7 la 9 -pe hidrolizate uscate și rehidratate și lotul martor 10.

Pentru determinarea gradului de dezvoltare a microorganismelor în hidrolizatele de cheratină, s-a măsurat Densitatea Optică (DO) la spectrofotometru, la 600 nm, față de apă distilată ca și DO-blank, sau DO zero.

Concluzii - caracteristicile lânii brute, măcinate, permit utilizarea acesteia l-a realizarea peletilor prin extrudare reactiva in combinatie cu lianti gen amidon. Metoda hidrolizei enzimatice folosite, permite obținerea hidrolizatorilor de keratină din lână care nu inhibă dezvoltarea microorganismelor testate și pot fi folosite pentru dezvoltarea în special a bacteriilor din genurile *Bacillus* și *Rhizobium*, care pot fi aplicate în culturile agricole pentru menținerea sănătății plantelor, ameliorării producțiilor agricole și refacerea biodiversității solurilor. Hidrolizatele obținute își păstrează calitățile nutritive prin conservare la temperaturi scăzute (prin congelare) și își pierd din calitățile nutritive dacă sunt condiționate prin deshidratare la temperatura de evaporare a apei.

Gradul de îndeplinire al obiectivului fazei nr. 2.1. este de 100 % deoarece:

- Țintele planificate ale fazei sunt realizate integral concretizându-se prin intocmirea metodologiilor de experimentare pentru caracterizarea și pregătirea deșeurilor organice (lână) și a adaosurilor organice (bacterii) în vederea utilizării lor la obținerea amestecurilor biofertilizante;

- Indicatorii asociati pentru monitorizare și evaluare realizati sunt aceași cu cei planificati.

FAZA 2.2. - Elaborarea tehnologiei de realizare a fertilizanților organici pe baza de lână și stabilirea rețetelor țintă de fabricație

Act. 2.3 - Elaborarea tehnologiei de realizare a fertilizanților organici pe baza de lână cu adaosuri organice (bacterii, microelemente)

Act. 2.4 – Stabilirea rețetelor țintă de fabricație a fertilizantilor organici pe baza de lână

Act. 2.5 - Diseminare pe scara larga prin comunicarea și publicarea rezultatelor

Termen: 31.10.2024

Tehnologie: 1 buc.

Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

- tehnologie de realizare a fertilizanților organici pe bază de lână.

❖ FIXAREA MICROORGANISMELOR BENEFICE

Una din provocările proiectului este reprezentată de alegerea unei metode optime pentru fixarea microorganismelor cu potențial efect în ameliorarea producțiilor agricole, sănătatea plantelor, restabilirea biodiversității solului, astfel încât să se obțină un fertilizant organic pe baza de lână superior fertilizanților existenți pe piață în prezent. Pentru a rezolva acesta provocare s-au ales trei variante pentru fixarea microorganismelor în vederea obținerii fertilizanților organici pe baza de lână și stabilirea rețetelor țintă de fabricație și anume:

- Obținerea de amestecuri biofertilizante prin imobilizarea prin entrapare a hidrolizatului enzimatic de lână de oaie în combinație cu microorganisme cu potențial efect în ameliorarea producțiilor agricole, sănătatea plantelor, restabilirea biodiversității solului (bacterii din genurile *Rhizobium* și *Bacillus*) în alginat și în gel de siliciu.



- Obținerea de amestecuri biofertilizante prin imobilizarea prin adsorbție a hidrolizatului enzimatic de lână de oaie în combinație cu bacterii din genurile *Rhizobium* și *Bacillus* pe suport mineral, zeolitul.

- Obținerea de amestecuri biofertilizante prin peletizarea lânii și imobilizarea prin adsorbție a hidrolizatului enzimatic de lână de oaie în combinație cu bacterii din genurile *Rhizobium* și *Bacillus* pe peleți obținuți prin extrudare pe bază de lână.

❖ FERTILIZANȚI GRANULARI

Granularea reprezintă procesul tehnologic de realizare a produselor sub forma de granule, oferind avantaje considerabile atât producătorului cât și utilizatorului. Aceasta în condițiile creșterii exigențelor și trecerea de la vechea strategie de obținere a unei game variate de fertilizanți cât mai concentrați în substanță activă, cu consumuri minime de materiale și energie, la strategia de realizare a unor fertilizanți care să își păstreze proprietățile la depozitare, manipulare și transport și să aibă o acțiune controlată și eficacitate agrochimică sporită după aplicare pe sol.

Prin granulare se pot realiza îngrășăminte din diferite materii prime (solide, suspensii, topituri) rezultând granule care nu se segregă, spre deosebire de îngrășămintele compuse obținute prin simpla amestecare în vrac a unor componente pulverulente. Un produs granulat cu spectru de granulație finită este o condiție prealabilă pentru aplicarea mecanică uniformă cu echipamente în câmp, granulele cu diametre între 1 și 5 mm fiind cele mai potrivite.

Fertilizanți granulari se realizează prin transformarea în granule a materiilor prime sub forma lichida, gazoasă și/sau solidă prin procese fizice, mecanice, sau chimice. Modul în care se realizează și se combina aceste procese pe parcursul granularii conduce la formarea a patru tipuri diferite de granule.

Corespunzător acestor structuri se disting următoarele patru metode de granulare:

- Metoda prin cristalizare pe particule suspendate;
- Metoda de granulare din topitura numită și metoda prilling;
- Metoda de granulare prin rostogolire;
- Metoda de granulare prin presare.

❖ ELABORAREA TEHNOLOGIEI DE REALIZARE A FERTILIZANȚILOR ORGANICI PE BAZA DE LÂNĂ

Echipamentul folosit va fi un extruder cu doi melci corotativi al cărui cilindru are 6 zone demontabile și interschimbabile una față de alta, fiecare zona având încălzire și răcire independentă comandată de către un senzor de temperatură.

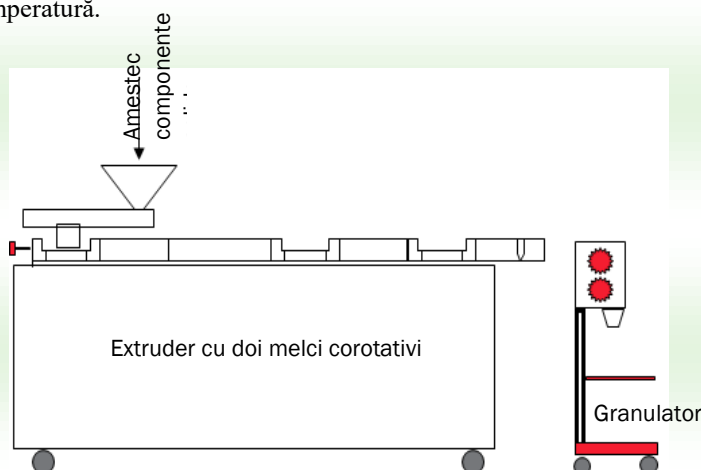


Figura. 1 - Instalația de realizare a fertilizanților granulari pe bază de lână

La ieșirea din extruder materialului extrudat este fasonat, la lungimea dorită, cu ajutorul unui granulator. Reglarea lungimii peletilor se realizează prin reglarea turatiei cutitului granulatorului.

Procesul tehnologic va cuprinde următoarele etape:

- Pregătirea **materiei prime** constă în realizarea unui amestec care cuprinde o fază solidă, formată din lână tăiată, amidon, turbă, uree, mălai și făină de oase, și o fază lichidă, formată din hidrolizat proteic din lână cu o concentrație de 38% lână. Cele două faze se amestecă, apoi se procesează printr-un dispozitiv cu un melc și matriță de ieșire cu orificii.
- **Alimentarea extruderului** cu amestecul obținut se va face, prin punctul de alimentare principal Z1.



- **Extrudarea și granulara** Amestecul dozat prin punctul de alimentare al extruderului este preluat de cei doi melci corotativi care îl omogenizează și procesează prin forfecare și încălzire în timp ce este deplasat înspre matriță. Pe de altă parte, datorită rotației melcilor, în zona Z5 are loc o creștere a presiunii spre matriță. Temperatura cilindrilor este presetată și menținută la valorile stabilite de sistemul de încălzire și răcire a cilindrilor. Turația melcilor este de asemenea variabilă, permițând reglarea timpului de trecere a materialului prin extruder.

Pentru a păstra proprietățile componentelor din rețetă, regimul de temperatură și presiune în extruder trebuie să fie unul moderat. Astfel, temperaturile pe lungimea extruderului vor fi în domeniul 50-85 °C iar presiunea în fața matriței de 15-20 bar.

- Uscarea granulelor are ca scop reducerea umidității și îmbunătățirea caracteristicilor mecanice ale acestora. Uscarea va fi făcută într-o etevă cu recircularea aerului și așezarea granulelor pe o sită, într-un singur strat, cu asigurarea posibilității de a ajunge la întreaga suprafață a granulelor.

- **Montarea bacteriilor** : etapele imobilizării prin absorbția bacteriilor din genurile *Bacillus* și *Rhizobium*, pe peleții din lână obținuți sunt: sterilizarea peleților din lână, uscarea peleților sterilizați, aplicarea culturilor de microorganisme pe peleții sterilizați, omogenizarea.

❖ REȚETA DE FABRICAȚIE

Pornind de la proprietățile lânii ca și fertilizant, în rețeta de fabricație va fi folosit un **hidrolizat din lână** care să asigure elementele nutritive necesare dezvoltării optime a plantelor în combinație cu **lână tăiată** pentru a asigura creșterea porozității solului și **bacterii benefice** care să ajute la descompunerea lânii și la creșterea biodisponibilității substanțelor nutritive din fertilizantul pe bază de lână.

Pentru îmbunătățirea rolului de fertilizant a lânii, care este materia primă de bază, rețeta de fabricație utilizată la experimentări va conține *turbă* ca și sursă de C organic și acizi humici și fulvici, *uree* care contribuie la eliberarea acizilor humici și fulvici și constituie sursă de azot, *făină de oase* ca și sursă de P₂O₅ și *amidon* ca și liant în procesul de extrudare.

S-a confirmat capacitatea bacteriilor din genul *Bacillus* de a trece în forme de rezistență la diferiți factori de mediu, în special forme sporulate, fiind cunoscută proprietatea bacteriilor din familia Bacillaceae de a forma endospori rezistenți la condiții extreme de mediu.

În schimb, în cazul bacteriilor din genul *Rhizobium*, se observă că nu rezistă în condițiile de entrapare în gel de siliciu sau în produse de tip aerogel supuse liofilizării. Datorită reducerii drastice a numărului de bacterii viabile genul *Rhizobium* în toate produsele obținute la realizarea fertilizanților granulari pe bază de lână se vor utiliza bacterii din genul *Bacillus*.

Diseminarea și publicarea rezultatelor pe scară largă

Anul 2024

Articole ISI: 1 buc.

Nr. Crt.	Autor (Nume și prenume) Titlu	Editura	An apariție	Cod ISBN
1	Nagy E.M., Teodor Gabriel Fodorean T.G., Nica D.V., LAZA E.A., Vintila T. <i>Researches for the physico-chemical characterization of some granular fertilizers obtained from native wool waste, in order to use them in agriculture</i>	LAND RECLAMATION, EARTH OBSERVATION&SURVEYING, ENVIRONMENTAL ENGEENIERING XIII, 2024, Pag. 320-326	2024	

Articole BDI: 3 buc

Nr. Crt.	Autor (Nume și prenume), Titlu	Editura	An apariție	Cod ISBN
1	Nagy E. M., Fodorean T. G., Deac. T., Fechete-Tutunaru L., <i>Cercetări privind tehnologiile de prelucrare a deșeurilor de lână în vederea utilizării în culturile agricole</i>	ISB-INMA TEH' 2024 International Symposium	2024	
2	Nagy E. M., Fodorean T. G., Gheres M., Fechete-Tutunaru L., <i>Cercetări privind caracterizarea și pregătirea deșeurilor de lână în vederea obținerii fertilizanților pentru agricultură</i>	ISB-INMA TEH' 2024 International Symposium	2024	



Nr. Crt.	Autor (Nume și prenume) , Titlu	Editura	An apariție	Cod ISBN
3	Laza E.A., Nica V.D., Fodorean T. G., Nagy E. M., Toader T., Ionescu A.D. <i>Studii și cercetări asupra deșeurilor de lână și a adaosurilor organice, în speță bacterii, privind utilizarea acestora la obținerea unui material biofertilizant</i>	ISB-INMA TEH' 2023 International Symposium	2024	

- Comunicări: 4 buc.

Nr. Crt.	Titlu manifestare științifică	Autor (Nume și prenume)
1	Land reclamation, earth observation and surveying, environmental engineering, USAMV Bucuresti, <i>Researches for the physico-chemical characterization of some granular fertilizers obtained from native wool waste, in order to use them in agriculture</i>	Nagy E.M., Teodor Gabriel Fodorean T.G., Nica D.V., LAZA E.A., Vintila T.
2	International Symposium ISB-INMA-TEH 2024 - Agricultural and Mechanical Engineering, București, <i>Cercetări privind tehnologiile de prelucrare a deșeurilor de lână în vederea utilizării în culturile agricole</i>	Nagy E. M., Fodorean T. G., Deac. T., Fecete-Tutunaru L.
3	International Symposium ISB-INMA-TEH 2024 - Agricultural and Mechanical Engineering, 5-6 Octombrie, București, <i>Cercetări privind caracterizarea și pregătirea deșeurilor de lână în vederea obținerii fertilizanților pentru agricultură</i>	Nagy E. M., Fodorean T. G., Gheres M., Fecete-Tutunaru L.,
4	International Symposium ISB-INMA-TEH 2024 - Agricultural and Mechanical Engineering, 5-6 Octombrie, București, <i>Studii și cercetări asupra deșeurilor de lână și a adaosurilor organice, în speță bacterii, privind utilizarea acestora la obținerea unui material biofertilizant</i>	Laza E.A., Nica V.D., Fodorean T. G., Nagy E. M., Toader T., Ionescu A.D.

Faza 3.1 - REALIZARE MODELE FUNCȚIONALE FERTILIZANȚI ORGANICI PE BAZĂ DE LÂNĂ CU ADAOSURI ORGANICE.

Termen: 30.06.202

Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

- ❖ *rețetă fabricație: 3 buc;*
- ❖ *model funcțional: 3 buc;*
- ❖ *articole BDI: 1 buc;*

În cadrul fazei 3.1 “Realizare modele funcționale fertilizanți organici pe bază de lână cu adaosuri organice” s-au executat două activități:

Activitatea 3.1.1 “Elaborarea rețetelor țintă de fabricație a fertilizanților organici pe bază de lână”

În cadrul acestei activități a fazei din cadrul acestui proiect, sa propus și realizat trei rețete distincte, mai precis:

- un produs peletizat cu lână și bacterii (realizat prin extrudare);
- un produs pe bază de hidrolizat de lână cu bacterii și matrici de înglobare (zeolit, alginat etc.);
- un produs pe bază de hidrolizat de lână cu bacterii, fără matrici.

Rețeta 1- Produs peletizat cu lână și bacterii (realizat prin extrudare)

Tabel 1. Componența rețetelor utilizate la realizarea fertilizantului pe bază de lână

Nr crt.	Substanța utilizată	Pați procentuale, %		
		Varianta I	Varianta II	Varianta III
1	Lâna brută taiată	10	20	30
2	Turbă uscată, umiditate 20%	9,3	15,1	15,1
3	Uree	6	14,9	14,9
4	Hidrolizat proteic NaOH	42,8	0	0
5	Hidrolizat proteic KOH	0	29	20
6	Făina oase	2,1	6	6
7	Amidon	29,8	15	14



Pe peleții obținuți, după sterilizare la 105°C se imobilizează prin absorbție bacterii din genurile *Bacillus*

Rețeta 2- Granule compozite cu hidrolizat de lână, bacterii și matrice minerală (zeolit) și biopolimer (alginat)

Această rețetă îmbină deșeurile agroindustriale (lână brută, cenușă vegetală) cu bacterii benefice (*Bacillus megaterium*, *Azotobacter*) și un agent mineral suport (zeolit) pentru a crea un fertilizant bioactiv cu eliberare lentă. Scopul formulării este de a furniza un aport echilibrat de azot, fosfor și potasiu (NPK), activat biologic, în special în soluri acide sau cu disponibilitate redusă a fosforului.

Compoziția rețetei:

- lână brută tocată (fibra 5–10 mm): 25%;
- cenușă vegetală fină (sursă de K și Ca): 15%;
- zeolit clinoptilolit (granulație <100 μm): 15%;
- hidrolizat de lână (proteine, peptide, aminoacizi): 30%;
- făină de oase (sursă de fosfor organic): 5%;
- bacterii fosfor-mobilizatoare (*Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens*): 5%;
- amidon (agent de coeziune): 5%;

Valorile pot fi ajustate în funcție de disponibilitatea materiilor prime.

Rețeta 3- Fertilizant lichid pe bază de hidrolizat de lână cu inocul *Bacillus*, fără matrici adăugate

Materii prime și proporții orientative utilizate în prepararea rețetei:

- lână brută degresată: 100 g/l (hidrolizată);
- NaOH 10% sau KOH 8%: pentru hidroliză alcalină;
- acid citric: pentru neutralizarea pH-ului (pH final 6,5–7,2);
- *Bacillus subtilis* (sau consorțiu *Bacillus* spp.): inocul proaspăt (densitate finală >10⁹ UFC/ml);
- melasă/glicerol: 0,5–1% pentru stabilizare;
- apă distilată: completare până la volum final;

La această rețetă de fertilizant lichid pe bază de hidrolizat de lână de oaie cu inocul *Bacillus*, fără matrici adăugate se pot include tulpini suplimentare de bacterii (ex. *Azospirillum*, *Pseudomonas*).

Hidrolizatul poate fi preparat și prin metode enzimatică pentru produse cu profil bioactiv îmbunătățit. Formula poate fi îmbogățită cu extracte vegetale (ex. urzică, alge marine)

În concluzie, rețeta 3 propune un fertilizant lichid inovator, obținut din resurse organice regenerabile și microorganisme benefice, cu aplicabilitate rapidă și eficiență ridicată. Datorită formei lichide, produsul este adaptat cerințelor din agricultură intensivă, ecologică sau urbană, și se pretează la formule personalizate în funcție de cultură. Urmează validarea experimentală prin aplicare controlată, conform modelului funcțional ce va fi detaliat separat.

Activitatea 3.2.1 „Realizarea fertilizanților organici pe bază de lână-model funcțional”

În cadrul acestei activități s-au realizat 3 modele funcționale de fertilizanți organici pe bază de lână, după cum urmează:

a. Realizarea fertilizanților organo-minerali pe bază de lână - modele funcționale PELEȚI

Procesul tehnologic utilizat pentru obținerea fertilizanților organici pe bază de lână cu adaosuri s-a realizat utilizând componente din instalația de extrudare din dotarea institutului (figura 2).

Elementele principale ale instalației sunt: Pompa peristaltică 1, Dozatorul de materiale pulverulente 2, Extruderul 3, Matrița 4, Incinta de răcire 5, și echipamentul de granulare de tip moară cu ciocănele.



Figura 2. Instalația de extrudare pe care se realizează materialul fertilizant pe bază de lână

Pregătirea materiei prime constă în realizarea unui amestec care cuprinde o fază solidă, formată din lână tăiată, amidon, turbă și făină de oase, și o fază lichidă, formată din hidrolizat proteic din lână cu o concentrație de 8-17% lână în care se dizolvă ureea. Cele două faze se amestecă (Fig. 3a), apoi se procesează printr-un dispozitiv cu un melc și matriță de ieșire cu orificii (Fig. 3b). Materialul rezultat se usucă timp de 6 h, la o temperatură de 60 oC, după care se macină, obținându-se astfel materia primă pentru alimentarea extruderului.



(a)



(b)

Figura 3. Realizare peleți fertilizant pe bază de lână. (a) Amestecul componentelor rețetei; (b) Procesare amestec prin dispozitiv melcat

Extrudarea și granularea (Fig. 4) presupune că amestecul dozat prin punctul de alimentare al extruderului este preluat de către cei doi melci corotativi care îl omogenizează și procesează prin forfecare și încălzire în timp ce este deplasat înspre matriță.



Figura 4. Extrudare material pentru obținere fertilizanți pe bază de lână

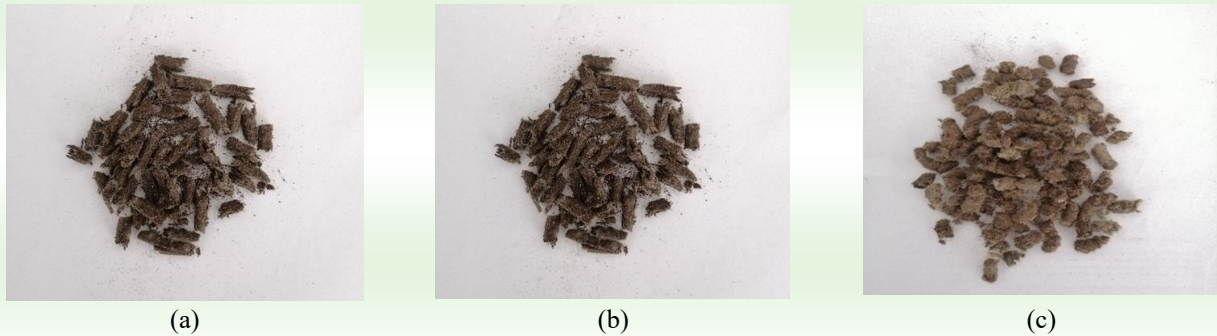


Figura 5. Material fertilizant pe bază de lână obținut după cele 3 rețete: (a) R10-10% lână; (b) R20-20% lână; (c) R30-30% lână

b. Realizarea model funcțional granular compozit cu hidrolizat de lână, bacterii fosfor-mobilizatoare, zeolit și biopolimer (alginat)

Modelul funcțional din figura 6 este un fertilizant bioactiv granular, obținut din lână tocată și hidrolizat, bacterii fosfor-mobilizatoare (*Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens*), zeolit natural și agenți de coeziune (amidon, alginat). Modelul urmărește validarea experimentală a acestei rețete în raport cu efectul nutritiv, biostimulator și structural asupra solului.



Figura 6. Model funcțional din amestecuri de zeolit, culturi bacteriene și hidrolizate de lână

Modelul funcțional propus susține testarea unei rețete inovatoare de fertilizant granular bioactiv, integrând materii prime organice, microbi benefici și matrici minerale pentru un efect agronomic complex. Se așteaptă performanțe superioare față de fertilizantii standard, în special în ceea ce privește eficiența fosforului, refacerea structurii solului și susținerea unei agriculturi ecologice moderne.

c. Realizarea model funcțional fertilizant lichid pe bază de hidrolizat de lână cu inocul *Bacillus*, fără matrici adăugate



Figura 7. Model funcțional fertilizant lichid pe bază de hidrolizat de lână cu inocul *Bacillus*, fără matrici adăugate



Scopul modelului funcțional este de evaluarea eficienței agronomice și microbiologice a fertilizantului lichid în comparație cu tratamente convenționale și control martor, cu accent pe: absorbția azotului organic, colonizarea rizosferei de către bacteriile aplicate și răspunsul de creștere și dezvoltare al plantelor.

Concluzii:

Cele trei rețete propuse ilustrează concepte complementare: (a) valorificarea directă a lânii sub formă solidă cu microorganisme, (b) un sistem inovator de încapsulare pentru eliberare controlată multi-component, și (c) un biofertilizant lichid “viu” cu acțiune imediată. Fiecare ar trebui testată în condiții experimentale riguroase (in vitro pentru caracterizare, apoi în vegetație controlată și în câmp) pentru a evalua performanța agronomică și impactul asupra solului.

În perspectivă, implementarea acestor fertilizanți pe bază de lână ar putea transforma un flux de deșeu (cojocăria lânii grosiere) într-un produs cu valoare adăugată, reducând dependența de îngrășăminte chimice. Rezultatele revizuirii indică clar că o astfel de abordare este nu doar ecologic benefică, ci și fezabilă din punct de vedere tehnic, cu numeroase studii dovedind eficacitatea lânii ca îngrășământ. Rămâne ca cercetarea viitoare să perfecționeze rețetele și procesele de producție, să cuantifice beneficiile economice pentru fermieri și să asigure că aceste produse satisfac standardele agricole (din punct de vedere al compoziției și siguranței). În lumina preocupărilor actuale legate de sustenabilitate, lâna-fertilizant se conturează ca o soluție circulară exemplară, reunind agricultura, zootehnia și protecția mediului.

Articole BDI: 2 buc

Nr. Crt.	Autor (Nume și prenume) , Titlu	Editura	An apariție	Cod ISBN
1	Elena Mihaela NAGY, Teodor Gabriel FODOREAN, Eveline Anda LAZA, Lucian V. FECHETE-TUTUNARU <i>Research on the influence of the organic component on the characteristics of organo-mineral fertilizer pellets</i>	ACTA TECHNICA CORVINIENSIS – Bulletin of Engineering	2025	
2	Laza Evelin-Anda, Nica Dragos Vasile, Caba Ioan Ladislau, Fodorean Gabriel, Nagy Elena-Mihaela, Vintila Teodor, Toader Teodora, Igori Balta <i>The possibility of using wool waste in agriculture</i>	AGRI-INMA, Sustainable Agriculture and Environmental Protection	2025	