

R E Z U M A T

OBȚINEREA BIOSTIMULANȚILOR PENTRU PLANTE PE BAZĂ DE CERAMICI POROASE

Doctorand: RÁDULY Orsolya-Csilla

Conducător științific: CS I Dr. abil OANCEA Florin

CUVINTE CHEIE: biostimulanți, ameliorare soluri, produse secundare, ceramică poroasă, procese nutriționale

Pentru asigurarea unor recolte sigure și stabile una dintre cele mai promițătoare și mai prietenoase modalități cu mediu este utilizarea biostimulanților pentru plante. Conform Regulamentului (UE) 2019/1009 al Parlamentului European și al Consiliului, biostimulanții pentru plante sunt „un produs care stimulează procesele nutriționale ale plantelor independent de conținutul de nutrienți al produsului, cu unicul scop de a îmbunătăți una sau mai multe dintre următoarele caracteristici ale plantei sau ale rizosferei plantei: (a) utilizarea eficientă a nutrienților; (b) toleranța la stresul abiotic; (c) caracteristicile calitative (ale recoltei); (d) disponibilitatea nutrienților preluați din sol sau din rizosferă”.

Biostimulanții pentru plante, ca și o serie de îngrășăminte / agenți de ameliorare a solului se obțin și din diferite sub-produse ale bioeconomiei, cum ar fi de pământ de diatomee, subproduse de la filtrarea berii sau bentonită, sub-produs de la filtrarea vinului. Utilizarea sub-produselor reduce impactul acestora asupra mediului.

Un domeniu nou, de mare eficiență, este acela al realizării de produse ceramice poroase, pe baze de sub-produse din bioconomie, impregnate cu nutrienți care permit eliberarea lentă a acestora, pentru a îmbunătăți creșterea plantelor, fertilitatea solului și sănătatea generală a ecosistemului.

Structura poroasă a granulelor ceramice asigură: menținerea optimă a aerului, apei și nutrienților în zona sistemului radicular, reducerea compactării, îmbunătățirea drenării și ameliorarea structurii solurilor. Această structură permite eliberarea controlată a unor nutrienți pentru plante, asigurând dezvoltarea armonioasă a acestora.

Prezenta teză de doctorat și-a propus să dezvolte o tehnologie de obținere a unor biostimulanți pe bază de ceramică poroasă, eficienți atât în dezvoltarea optimă a plantelor, cât și în scopul nutriției plantelor cultivate pe respectivele soluri.

Scopul acestui de studiu este de a dezvolta și optimiza tehnologia de producere a granulelor ceramice poroase pentru valorificarea completă a potențialul acestora, prin includerea în ceramici a unor elemente benefice pentru plante (potasiu, fosfor, siliciu), pentru a crește încărcarea cu elemente favorabile de biostimulanți pentru acestea.

Obiectivele derivate din această necesitate de a dezvolta și optimiza tehnologia modernă de producere a ceramicelor poroase cu fertilizanți și biostimulanți sunt:

1) realizarea produselor de ceramică poroasă folosind materii prime locale, neconvenționale: argilă de Bodoc, argilă Valea Zălanului și argila Balint, diatomita din zăcămintele de la Filia și de la Pătârlagele împreună cu sub-produse din bioeconomie, de tip, diatomită silicioasă rezultată la filtrarea berii (Sânsimion, Miercurea Ciuc), sau bentonită de la filtrarea vinului (de Miniș);

2) optimizarea tehnologiei de obținere a ceramicii poroase și impregnarea cu nutrienți favorabili creșterii și devoltării plantelor și fabricarea cantități necesare pentru realizarea experimentelor pe plante;

3) caracterizarea fizico-chimic a ceramicilor poroase cu nutrienți impregnați;

4) testarea efectelor ceramicilor poroase pe tomate, ardei și castraveți.

Teza este structurată în două părți și conține 95 figuri și 27 tabele.

Prima parte reprezintă studiul bibliografic realizat în cadrul temei abordate și este împărțită în trei capitole.

Capitolul I. Biostimulanți anorganici pentru plante.

Se prezintă succint categorii de biostimulanți pentru plante, efectele specifice ale biostimulanților pentru plante și biostimulanții anorganici (în special siliciu și siliciu solubil).

Capitolul II. Ceramici poroase, suport pentru eliberarea controlată a biostimulanților anorganici/nutrienților minerali.

Se abordează principalele utilizări în agricultură ale granulelor ceramice poroase (îmbunătățirea caracteristicilor solului nisipos; îmbunătățirea caracteristicilor substratului de creștere); efectele asupra rădăcinilor plantelor și asupra microbiomului radicular; influența caracteristicilor de schimb cationic asupra utilizării ca amelioratori de sol; activarea proceselor care mobilizează rezervele de fosfor din sol și eliberarea lentă a formelor de siliciu solubil.

Capitolul III. Obținerea granulelor cermice poroase și caracterizarea lor fizico-chimică.

Acest capitol cuprinde obținerea granulelor ceramice poroase (metode de obținere; transformări chimice în procesul sinterizării); caracteristicile ceramicilor poroase (structura ceramicilor poroase, acțiunea capilară; capacitatea de legare a apei) și funcțiile ceramicilor poroase (grupări funcționale pentru legarea biostimulanților anorganici).

A doua parte conține cercetările propria și se extinde pe trei capitole.

Capitolul IV. Granule ceramice care rețin apa și nutrienți minerali (potasiu) în sol.

Se prezintă materialele și metodele de lucru (materii prime – diatomită și argila de Bodoc - pentru obținerea granulelor ceramice poroase; producerea ceramicilor poroase; încărcarea granulelor cu nutrienți minerali); caracterizarea granulelor ceramice poroase (caracteristici fizico-chimice; caracteristici structurale și morfologice ale granulelor ceramice poroase); investigarea desorbției potasiului în soluția apoasă; studiul migrației K⁺ prin soluri fertile; metoda de executare a experimentului în câmp (material biologic și alte tipuri de materiale); influența utilizării granulelor ceramice poroase-SAB/șlam diatomitic și argilă de Bodoc, asupra dezvoltării plantelor și producției tomatelor cultivate în câmp; analize fiziologice ale plantelor de tomate cultivate în câmp și rezultate și discuții (rezultate privind reținerea apei și nutrienților minerali și caracteristicile structurale și morfologice ale produselor ceramice); rezultate privind influența granulelor SAB asupra dezvoltării plantelor și producției de fructe (determinarea eficienței fotosintezei și rezistenței stomatală).

Pe baza rezultatelor propria de desprind următoarele concluzii mai importante:

- Granulele ceramice poroase fac parte din cele mai eficiente produse utilizate în recondiționarea solurilor și se pot obține prin procedee tehnologice specifice industriei ceramice tehnice.
- Structura unei ceramici poroase este alcătuită din particule separate între ele prin goluri – denumite pori. Datorită acestor caracteristici se creează și se ameliorează în zona rădăcinii aerarea mai bună și capacitatea de stocare a apei și a aerului.
- Avantajele granulelor ceramice poroase: asigură umezeala și circulația aerului, oferă un mediu aerat și reține apa. Datorită porozităților mari și a absorbției ridicate poate depozita o cantitate mai mare de elemente nutritive, ceea ce duce la menținerea lor în zona radiculară într-un interval de timp mai mare.
- Scopul folosirii acestor granule este eliberarea treptată a nutrienților minerali, într-un ritm, care asigură absorbția acestora de către plantele. Ele au efecte semnificative în îmbunătățirea drenajului solului și se dezagregă în final, într-un interval relativ scurt de timp.
- Granulele ceramice poroase s-au analizat din punct de vedere fizic, conform metodelor standardizate existente: densitatea aparentă, porozitatea aparentă și capacitatea de adsorbție. Morfologia suprafețelor probelor obținute a fost analizată cu ajutorul microscopiei SEM.
- Pe baza analizelor fizico-chimice efectuate s-a constatat, că dintre granulele ceramice poroase realizate, cel mai eficient a fost S.A.B.5/șlam diatomitic 80% și argilă de Bodoc 20%.

- Avantajul granulelor ceramice poroase biostimulante – S.A.B.5. este că sunt alcătuite din materii prime ecologice (formătoare de pori) – diatomită-silicioasă, rezultată de la filtrarea berii și din argilă de Bodoc - care nu contaminează solul, apele subterane sau plantele. După ce se vor descompune în timp, nu vor lăsa urme de reziduuri. Caracteristicile sale: culoare: brun-roșcat; densitatea aparentă: 0,67 kg/dm³; porozitatea aparentă: 33,67 % și capacitatea de adsorbție: 88,23 %.
- Din studiul migrației K⁺ prin soluție apoasă s-a ajuns la concluzia, că tratamentele termice nu influențează sensibil eliberarea potasiului din granulelor ceramice poroase.
- Totodată prin studierea migrației K⁺ prin sol fertil s-a constatat, că eliberarea K⁺-ului prin sol fertil este mai lungă, decât în soluție apoasă.
- Având în vedere caracteristicile granulelor S.A.B.5 -ului se recomandă utilizarea la practicarea unei agriculturi durabile.
- Studiile de teren au demonstrat că asigurarea disponibilității optime a potasiului în timpul cultivării și retenției apei și aerarea solului, în jurul rădăcinilor conduc la rezultate și mai bune ale dezvoltării plantelor.

Capitolul V. Granule ceramice care rețin apa și mobilizează rezervele de fosfor

Sunt dezvoltate, materialele și metodele de lucru (materii prime: bentonite și argila de Bodoc; obținerea ceramicelor poroase; încărcarea granulelor cu nutrienți minerali; caracterizarea granulelor ceramice - caracterizarea fizico-mecanică și caracterizări structurale și morfologice; metoda de executare a experimentului în seră); influența utilizării granulelor ceramice poroase-BA/Bentonită de la filtrarea vinului și argilă de Bodoc asupra dezvoltării și producției plantelor de tomate și ardei cultivate în seră; rezultate și discuții (rezultate privind obținerea granulelor ceramice poroase realizate care rețin apa și fosfor în seră și caracteristicile fizico-chimice – TGA, BET, XRD, FTIR, SEM).

De asemenea sunt prezentate rezultatele privind influența granulelor asupra producției de fructe de tomate crescute în seră în anul 2021 și rezultatele experimentale privind efectul granulelor ceramice poroase asupra fiziologiei și calității producției de tomate și ardei cultivate în seră în anul 2021 (determinarea rezistenței stomatale).

În concluzie, se poate afirma că:

- Utilizarea granulelor de argilă cu sub-produse de bentonită crește rezistența la secetă a ardeilor supuși testării. Tratamentul suplimentar cu KNO₃ aduce un surplus de rezistență la secetă, iar adaosul de fosfat de dihidrogen de amoniu (NH₄H₂PO₄) nu modifică efectul granulelor de argilă cu subproduse bentonitice. Concentrația mai mare de ioni fosfat (V7) inhibă aproape complet rezistența la

secetă a plantelor testate. Tomatele Kivelli au răspuns cel mai bine la variantele V4 și V7.

- Tomatele Pink Impresion au răspuns cel mai bine la variantele: V3, V2, V4 și V7.
- Ardeiul Claudius a răspuns cel mai bine la variantele: V4, V5, V3 și V6.

Variantele V2-V7 se referă la:

- V2: Plante tratate numai cu PCG50 cu capilaritate ridicată;
- V3: Plante tratate numai cu PCG60 cu capilaritate ridicată;
- V4: Plante tratate cu PCG50 cu conținut de K;
- V5: Plante tratate cu PCG60 cu conținut de K;
- V6: Plante tratate cu PCG50 cu conținut de PO_4^{3-} ;
- V7: Plante tratate cu PCG60 cu conținut de PO_4^{3-} .

Capitolul VI. Granule ceramice care eliberează controlat siliciul

Sunt prezentate materialele și metodele de lucru (materiale biologice, metode de lucru și organizarea experimentelor; dezvoltarea produselor pe bază de ceramici poroase cu eliberarea controlată a siliciului; caracterizarea ceramicilor poroase cu eliberarea controlată a siliciului; testarea ceramicilor poroase pe *Momordica charantia*; determinarea influenței tratamentelor cu ceramici poroase care eliberează siliciul asupra acumulării de compuși bioactive în fructele de castravete amar, asupra fiziologiei și asupra nivelului producțiilor); rezultate și discuții (obținerea și caracterizarea granulelor ceramice poroase; influența tratamentelor cu ceramici poroase care eliberează siliciul asupra producției și fiziologiei plantelor de *M. charantia*; caracterizarea acumulării de compuși bioactivi în plantele de *M. charantia*).

În concluzie, se poate afirma că:

- S-au realizat granule ceramice poroase în care nu se petrece doar o simplă trecere a fluidului nutrient prin pori, ci are loc un fenomen complex de sorbție – desorbție în sistemul sol - granulă – plantă.
- Dintre proprietățile ceramicilor poroase s-au evidențiat: densitatea aparentă, capacitatea de adsorbție, porozitatea aparentă, distribuția și mărimea porilor, compoziția și structura fazelor, precum și rezistența mecanică.
- S-a constatat, că formulele de ceramic poroase care conțin diatomită au o capacitate ridicată de eliberare a siliciului și determină efecte benefice asupra plantelor de castravete amar, respective optimizarea proceselor de fotosinteză, creșterea nivelului producțiilor și acumularea de compuși bioactivi.

Capitolul VII. Concluzii generale și perspective

Datorită caracteristicilor fizico-chimice bune, ceramicile poroase determină o stimulare a creșterii sistemului radicular al plantelor, o ameliorare a rezistenței la stresul hidric, ca și a rezistenței la călcat și desprindere.

Ceramicile poroase sunt un produs accesibil pentru obținerea unor substraturi de creștere, importante nu numai pentru întreținerea spațiilor verzi din parcuri, dar și

pentru producerea de răsaduri de legume și flori sau pentru cultivarea legumelor în spații protejate.

S-au sintetizat mase ceramice poroase pe bază de argile locale - Bodoc, Balint, argilă refractară, diatomit de Pătârlage și Filia și adaosuri de sub-produse din bioeconomie: șlamuri de diatomit de la filtrarea berii (Sânsimion și Miercurea Ciuc) și șlam bentonitic de la prelucrarea vinului alb și roșu (Miniș).

Tehnologia utilizată este cea folosită în industria ceramicii, cu faza principală de fasonare, respectiv de granulare prin rostogolire. S-a evitat orice formă de compactare pentru a obține un produs cu porozitate adecvată.

Granulele ceramice poroase s-au investigat prin caracteristicile fizice (absorbție, densitate, porozitate), imagini SEM, IR, etc. Procesele termice în timpul sinterizării produselor ceramice s-au controlat prin analize TGA.

Mărima și distribuția porilor afectează semnificativ rezistența și durabilitatea ceramicii. De regulă, o porozitate ridicată asigură o absorbție de apă mai mare și totodată crește și capacitatea de absorbție a nutrienților biostimulanți în produs. Cu cât valoarea porozității și absorbției de apă este mai mare, cu atât produsul ceramic poate absorbi mai mulți nutrienți biostimulanți favorabili creșterii și dezvoltării plantelor.

Testele biologice cu granule ceramice poroase au demonstrat existența unor efecte de specifice biostimulanților pentru plante.

Este demn de subliniat efectul pozitiv al produsului SAB5 cu nutrient KNO_3 și a maselor BA50/ Bentonită de la filtrarea vinului 50% și argilă de Bodoc 50% și BA60/ Bentonită de la filtrarea vinului 60% și argilă de Bodoc 40%, cu nutrienți KNO_3 și asupra calității tomatelor și ardeilor.

Un efect pozitiv semnificativ al tratamentelor cu produsele SAB5, BA50 și BA60 asupra fiziologiei plantelor, respective eficiența de utilizare a apei determinată prin rezistența stomatală a fost observat atât pentru culturile de tomate, cât și pentru ardei.

Trebuie subliniat faptul că, în compoziția masei SAB5 se găsește șlam diatomitic de la fabricarea berii în proporție de 80%, alături de argila de Bodoc. Masele BA50 și BA 60 de asemena conțin și ele o proporție ridicată de șlam bentonitic de la fabricarea vinului în proporție de 50% la BA50 și 60% la BA60. Utilizarea șlamurilor menționate mai sus prezintă avantaje economice (se economisesc materii prime mai scumpe) și ecologice (protecția mediului).

Pe baza rezultatelor obținute în urma experimentelor, se observă că BA50K/ Bentonită de la filtrarea vinului 50% și argilă de Bodoc 50% cu conținut de KNO_3 , a avut un efect semnificativ asupra culturilor, astfel se poate afirma că, „granulele ceramice poroase” sunt nutrienți eficienți pentru „plantele de seră”.

Granulele ceramice care conțin diatomite eliberează treptat siliciu solubil, care are efecte benefice asupra plantelor de castravete amar.

Rezultatele obținute demonstrează că folosirea unor mase ceramice poroase în care sunt incluse și subproduse din bioeconomie, impregnate cu nutrienți permite

obținerea de recolte de culturi horticole (tomate, ardei și castravete amar) sigure și stabile, cu un conținut crescut de compuși bioactive.