
Cercetări privind influența inputurilor cu rol biostimulator asupra dinamicii micoriziene la cultura porumbului

(REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT)

Doctorand **Victoria-Carmen POP-MOLDOVAN** (căs. RUSU)

Conducător de doctorat **Prof. Univ. dr. Roxana VIDICAN**



INTRODUCERE

În România, agricultura este considerată una dintre principalele ramuri ale economiei naționale. În 2021, România s-a clasat pe locul I în Uniunea Europeană privind suprafața cultivată cu porumb pentru boabe, iar cifrele sunt în creștere, înregistrându-se o producție de 14.445.000 tone la 2.493.000 hectare cultivate cu porumb, conform INS. Agricultura durabilă încearcă să crească productivitatea culturilor agricole prin reducerea cantității de îngrășăminte chimice, pesticide și erbicide utilizate. O alternativă favorabilă pentru mediul înconjurător este aplicarea unor produse cu rol biostimulator, pentru a înlocui parțial sau total inputurile de sinteză (GOLUBKINA și colab., 2020), deoarece utilizarea lor pe o perioadă îndelungată poate să producă un efect nefavorabil asupra biodiversității solurilor și implicit a sănătății umane, un dezechilibru la nivelul întregului ecosistem agricol (CUI și colab., 2010). Una dintre cele mai sustenabile soluții este creșterea utilizării substanțelor biologice la scară mai mare, în special a celor conectate cu diversitatea solului și de creșterea rizosferei (RAYA-HERNÁNDEZ și colab., 2020). În agricultura biologică, biopreparatele pe bază de microorganisme au rolul de a facilita absorbția elementelor nutritive din sol. În această direcție se înscrie și una dintre cele mai vechi asociații întâlnite în natura – simbioza (LANFRANCO și colab., 2018) iar una dintre formele de asociere simbiotică este micoriza.

Micorizele sunt actori esențiali în agricultura biologică datorită numeroaselor beneficii pe care le aduc atât plantelor de cultură, cât și solului și întregului ecosistem (AGUILAR-PAREDES și colab., 2020, BADRI și colab., 2009; FRANCHE și colab., 2009). În această asociație, ambii parteneri atât funगीi micorizieni cât și planta colonizată sunt beneficiari. Plantele se bucură de accesul sporit la nutrienți mai ales la cei inaccesibili, iar ciupercile primesc carbonul produs de plante în urma procesului de fotosinteză (BOLDUC, 2011; EVELIN și colab., 2009; CHEN și colab., 2018).

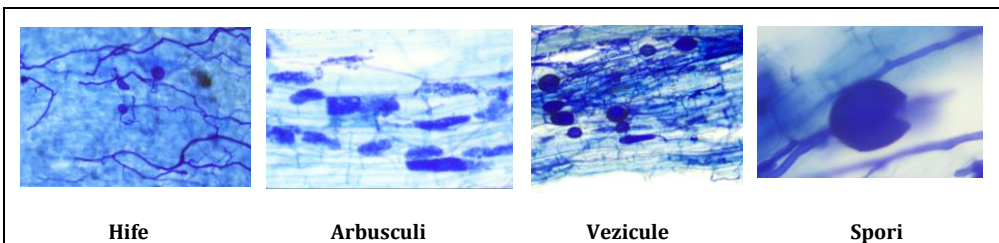


Fig.1. Structurile micoriziene

Ciupercă crește în interiorul celulelor rădăcinilor plantei gazdă, alcătuiind structuri ramificate denumite arbusculi (cu o durată scurtă de viață), unde are loc principalul schimb de nutrienți. De asemenea ciupercă formează și o rețea complexă de hife extraradiculare ce se extinde dincolo de sistemul radicular al plantei (SAWERS și colab., 2008). Structurile fungice produse de către ciupercile micoriziene sunt hife, arbusculi, vezicule, spori în interiorul rădăcinii însă sunt prezente și în afara lor (hife, vezicule și spori) (KEHRI și colab., 2018; KOIDE și MOSSE, 2004) (Figura 1).

1. Structura tezei de doctorat

Teza de doctorat intitulată „**Cercetări privind influența inputurilor cu rol biostimulator asupra dinamicii micoriziene la cultura porumbului,**” are 146 de pagini, 49 de figuri, 19 tabele și 3 planșe fiind organizată conform normelor de redactare ale Școlii doctorale în două părți.

Prima parte este intitulată : Stadiul actual al cunoașterii, în care s-a aprofundat tematica utilizând literatura de specialitate iar cea de-a doua parte cuprinde contribuția personală.

Partea I a tezei este structurată în 3 capitole:

Capitolul 1. *Stadiul actual al cunoașterii privind micorizele*, reprezintă partea în care se prezintă informații conform literaturii de specialitate despre micorize în ceea ce privește: definirea, structurile micoriziene prezente în rădăcini, beneficii pe care le aduc plantelor de cultură și reprezentării din ecosistemele agricole.

Capitolul 2. *Porumbul ca plantă de cultură micorizată și plantă test în evaluarea capacității de colonizare* în care se prezintă performanța micoriziană a porumbului conform studiilor anterioare, particularitățile sistemului radicular al porumbului precum și nutriția minerală și exigențele față de sol.

Capitolul 3. *Sustenabilitatea aplicării biostimulatorilor în sistemul sol-plantă.* acest capitol este dedicat studierii tipurilor de biostimulatori dar și rolului acestora în cadrul unei agriculturi durabile.

Partea a II-a tezei cuprinde 7 capitole:

Capitolul 4. *Obiectivele cercetării* cuprinde prezentarea scopului tezei dar și a obiectivelor specifice asumate prin studiul doctoral.

Capitolul 5. *Material și metodă* sunt prezentate: locația și condițiile climatice, materialul biologic studiat; tratamentul cu biostimulatori, organizarea experimentelor și anume design-ului experimental aferent celor două experimente; de asemenea metodologiile și tehnicile de evaluare a micorizelor, analize microscopice, metode de laborator, elaborarea metodologiei MycoPatt și analiza datelor.

Capitolul 6. *Rezultate și discuții- Experimentul 1 (2020)* cuprinde 5 subcapitole în care sunt prezentate rezultatele primului an de studiu.

Capitolul 7. *Rezultate și discuții -Experiment 2 (2021)* cuprinde 5 subcapitole în care sunt prezentate rezultatele aferente anului 2021

Capitolul 8. *Rezultate obținute- Mecanismul de colonizare micorizian la porumb* cuprinde 3 subcapitole în care sunt interpretate cele mai importante rezultate privind mecanismul de colonizare micorizian la porumb.

Capitolul 9. *Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei* prezintă elementele de noutate a studiului micorizelor la una dintre cele mai importante plante de cultură.

Capitolul 10. *Concluzii și recomandări*, ce cuprinde concluziile aferente studiului doctoral grupate pe cele două experimente (2020-2021).

Bibliografia: 214 titluri bibliografice respectiv cărți, articole științifice, buletine de informare, pagini electronice.

Anexele: includ 3 planșe și 2 figuri cu aspecte atât din câmpul experimental cât și din laboratorul de Microbiologie al Facultății de Agricultură.

2. Scopul și obiectivele cercetării

Scopul tezei de doctorat intitulată „**Cercetări privind influența inputurilor cu rol biostimulator asupra dinamicii micoriziene la cultura porumbului,**” a fost acela de a evalua impactul inputurilor cu rol biostimulator asupra nivelului de colonizare micoriziană la cultura porumbului în condițiile pedo-climatice din Câmpia Transilvaniei.

Pentru îndeplinirea scopului, cercetările întreprinse au vizat o serie de obiective specifice:

- Influența condițiilor pedo-climatice asupra colonizării micoriziene asupra culturii de porumb în Câmpia Transilvaniei;
- Influența biostimulatorului și a concentrației acestuia asupra culturii de porumb;
- Elaborarea tiparelor de micorizare specifice fenofazelor și a tratamentului aplicat culturii de porumb; influența fenofazei culturii de porumb în definirea unor strategii clare de colonizare;
- Sinteza interacțiunii complexe a tuturor factorilor experimentali asupra mecanismului de colonizare și definirea modului în care biostimulatorii influențează nivelul de colonizare.

3. Material și metodă

3.1. Experimentul 1 (2020)

Experimentul 1, a fost situat în localitatea Cojocna, la Stațiunea Didactică Experimentală, fiind localizată la sud-est de orașul Cluj-Napoca. Clima este temperat continentală, temperatura medie anuală fiind de +9,6°C, cu o minimă în ianuarie de -5 °C, iar maximă în iulie/august de +20 °C. Solul de la Cojocna este de tip faeoziom cu un pH slab acid, cu o aprovizionare bună cu azot și fosfor respectiv o aprovizionare foarte bună cu potasiu. materialul biologic luat în studiu a fost hibridul de porumb MAS 24 C, (experimentului 1), care aparține grupei FAO 270, se adaptează la toate condițiile mediului dar și la diferite densități.

3.2. Experimentul 2 (2021)

Experimentul 2, a fost amplasat tot în Câmpia Transilvaniei în localitatea Iernut, județul Mureș. Relieful este caracteristic Podișului Transilvaniei, cu o configurație deluroasă, și suprafețe întinse de șes în partea stângă a râului Mureș. În luna iulie și august se înregistrează temperatura medie de 22-24° C fiind și cele mai călduroase luni. Solul de tip faeoziom din câmpul experimental de la Iernut prezintă o reacție alcalină, pe fondul unei aprovizionări moderate cu azot. Materialul biologic luat în studiu a fost hibridul de porumb Pioneer P9241 din grupa FAO 330, un hibrid ce tolerează foarte bine solurile acide, erodate și cu un conținut redus de humus

3.3. Tratamentul aplicat

După răsărire, în fenofaza plantei de 2-4 frunze formate, s-a aplicat biostimulatorul AMER 6.3 (Ameropa Company). Tratamentul utilizat a fost identic în ambele experimente (experiment 1 și 2). Acesta a fost aplicat foliar, în doză de 1l/ha.

La cultura de porumb biostimulatorul Amer 6.3 se aplică în primele faze ale vegetației. Acest produs are rolul de a activa enzimele și intensificarea activităților enzimatice, stimulează creșterea plantelor, nutriția plantei și crește fertilitatea solului datorită conținutului crescut de enzime și aminoacizi. Tratamentul a fost utilizat pentru a identifica potențialele modificări ale colonizării micorizelor în rădăcinile de porumb și eventualele modificări care apar la nivel de strategie sau mecanism de dezvoltare.

3.4. Protocolul experimental

Experimentul 1 din localitatea Cojocna (2020) și experimentul 2 din localitatea Iernut, (2021) au fost de tip bifactorial cei doi factori fiind: 1 - *Tratament* și 2. - *Fenofaza de creștere*. La cei doi factori este adăugată o variantă martor (codificată A0), care prezintă profilul nativ al micorizării la 2-4 frunze adevărate ale plantelor (B1) și o variantă de comparație pentru evoluția colonizării pe perioada de vegetație (codificată A0-B1).

Factorul 1 – *Tratament* – prezintă două graduări (A1-A2): A1 *netratat*, respectiv A2 *tratat cu biostimulatorul AMER 6.3*

Factorul 2 – *Fenofaza de creștere a plantelor cu 4 graduări*

În cadrul fiecărei variante experimentale au fost stabilite cele mai importante momente de observare a colonizării micoriziene pentru a surprinde perioadele de dezvoltare a plantei (fenofaza): B2- *fenofaza de 6 frunze formate*; B3- *fenofaza de 8-10 frunze formate*; B4- *fenofaza de formare a știuletelui*; B5- *fenofaza corespunzând maturității fiziologice*. Rădăcinile de porumb au fost recoltate atât în primul experiment cât și în al doilea, în fiecare fenofaza de dezvoltare a plantei.

3.5. Metodologia de evaluare a micorizelor

După recoltarea rădăcinilor de porumb, acestea au fost aduse în laboratorul de Microbiologie și pregătite pentru determinarea parametrilor de colonizare micoriziană. Pentru analiza microscopică a rădăcinilor de porumb s-a folosit colorarea acestora. S-au analizat 15 segmente de rădăcină în 15 câmpuri microscopice pentru fiecare variantă experimentală (A1 netratat și A2 tratat). În cadrul fiecărui segment analizat la microscop au fost realizate 15 fotografii, rezultând peste 6075 de fotografii în cadrul ambelor variante experimentale.

Metodologia microscopică de evaluare a fost preluată din modelul MycoPatt (STOIAN și colab., 2019), care este un model cu un caracter inovativ ce ne arată poziția într-un mod real a structurilor fungice prezente în rădăcina analizată și care calculează automat toți indicatorii și anume: frecvența de colonizare, intensitatea colonizării, structurile fungice arbusculii și veziculele, zonele necolonizate, raportul dintre zonele colonizate și necolonizate, gradul de colonizare, urmând apoi a se genera harta micorizei.

4. Rezultate și discuții-Experiment 1

4.1. Evaluarea tendinței colonizării micoriziene și diferențele induse de aplicarea tratamentelor

În cazul frecvenței de colonizare, variațiile au fost extrem de mari între fenofaze și între cele două variante, netratat (A1), tratat cu biostimulatorul AMER 6.3

(A2). Maximul acestui parametru a fost de 50%, atins în varianta netratată la sfârșitul perioadei de vegetație. Pentru intensitate s-a înregistrat o creștere concomitent cu dezvoltarea plantelor, maximul fiind în cazul variantei netratate– fenofaza maturitatea fiziologică (A1–B5, 20,25%). În cazul arbusculilor, cea mai mare valoare s-a înregistrat în varianta netratată, 3,67%, în fenofaza de formare a știuletelui.

Veziculele au avut aproximativ aceeași valoare de 0,11% în cazul variantei tratate în fenofazele de 6 frunze și 8–10 frunze.

4.2. Interrelații induse de tratament și stadiul de creștere (fenofaza) între parametrii colonizării micoriziene

Toate corelațiile sunt semnificative ceea ce ne arată legătura strânsă dintre strategia de colonizare și structurile dezvoltate.

Corelația maximă este între frecvență și intensitate (0.91), ceea ce indică o dezvoltare intra radiculară în aproape toate cazurile de penetrare a rădăcinii. Extinderea observată este conectată foarte puternic cu dezvoltarea arbusculilor. Cu toate acestea, veziculele apar într-o pondere mai redusă fiind foarte puțin corelate cu frecvența dar având o pondere similară în cazul legăturii cu arbusculii și intensitatea colonizării.

4.3. Analiza interacțiunilor dintre parametrii micorizieni și prognoza evoluției colonizării

Analiza interacțiunii frecvență-intensitate a colonizării și prognosticul dezvoltării sistemului micorizian în cortexul radicular a fost realizată cu ajutorul graficelor de dispersie. Evaluarea relației intensitate-frecvență a colonizării indică o variație puternică atât la nivelul grupării factorilor experimentali, cât și relativ la poziționarea și avansul în rădăcină. Ecuatiile de regresie au fost utilizate datorită numărului mare de date rezultate din experimentele pe baza metodologiei MycoPatt. La nivel grafic cea mai performantă metodă de prezentare a ecuațiilor de regresie este prin suprapunerea curbei rezultate din aplicarea acestei ecuații pe un sistem grafic de tip scatter plot care prezintă parametrii doi câte doi.

4.4. Analiza exploratorie spațială a colonizării micoriziene

Analiza de tip PCA permite atât explorarea observațiilor asupra colonizării micoriziene, cât și proiecția parametrilor de colonizare raportați la indicele sintetic: gradul de colonizare. Calitatea observațiilor microscopice este susținută de gradientii antagonici de intensitate și zone necolonizate, cu o orientare spațială în cadranele ++ și, respectiv --.

Analiza de tip NMDS este similară cu analiza de tip PCA, dar acest tip de ordonare este utilă pentru observarea mult mai ușoară a colonizării micorizelor la nivelul rădăcinii, precum și pentru parametrii specifici ai colonizării.

4.5. Extragerea și evaluarea tiparului specific de colonizare indus de aplicarea tratamentelor

Modelul micorizelor este reprezentat de harta micorizelor. Această reprezentare face posibilă observarea relativ ușor a structurilor fungice prezente în

rădăcina de porumb. În urma experimentului a rezultat o bază de date mare, care a fost îmbinată în 390 de hărți cu modele de micorize induse de tratamentul aplicat culturii de porumb în diferite fenofaze ale vegetației. Metodologia de selectare a modelelor generale asociate cu tratamentul și fenofază a culturii a implicat o filtrare puternică a bazei de date. Fiecare etapă este asociată cu un parametru de colonizare legat de valoarea generală a parametrului pentru fiecare variantă experimentală. Primul model de colonizare, în stadiul de 2–4 frunze (A0–B1), a prezentat o colonizare incipientă, cu suprafețe mari libere de structuri fungice. Hifele fungice aveau un potențial de dezvoltare redus, iar ramificarea aproape lipsea. După acest punct, pe baza aplicării tratamentului cu biostimulatorul AMER 6.3, analiza tiparelor de colonizare permite compararea celor două tipuri de evoluție a simbiozei.

5. Rezultate și discuții- Experimentul 2

5.1. Evaluarea tendinței colonizării micoriziene și diferențele induse de aplicarea tratamentelor

Atât frecvența, cât și intensitatea prezintă variații mari între etapele de creștere, atât pentru plantele tratate, cât și pentru cele netratate. Frecvența de colonizare nativă depășește 74% profil nativ – fenofaza 2-4 frunze(A0-B1). Intensitatea colonizării a variat foarte mult între stadiile de creștere, cu peste 40% la începutul creșterii plantei, urmată de o reducere semnificativă a stadiului de creștere cu 6 frunze. În timp ce prima etapă de creștere a arătat mai mult de 12% din hifele care au format arbusculi, stadiul de 6 frunze a arătat o reducere cu 7% la plantele netratate și aproape 10% la cele tratate. Veziculele sunt restrânse la mai puțin de 1% din rădăcinile colonizate, cu valori mai mari în ultimele două etape de creștere pentru plantele netratate, comparativ cu stadiul de formare a știuletelui pentru cele tratate.

5.2. Interrelații induse de tratament și stadiul de creștere (fenofaza) între parametrii colonizării micoriziene

Corelațiile Pearson sunt folosite pentru a explora conexiunile dintre parametrii micorizieni, influența lor, care este legată de prezența lor simultană în aceeași rădăcină colonizată. Dinamica prezenței și dezvoltării structurilor micoriziene în rădăcinile de porumb prezintă un grad ridicat de interconectare. Atât profilele netratate cât și cele tratate prezintă coeficienți de corelație mai mari pentru arbusculi și vezicule în comparație cu profilul nativ. Diferențele sunt mai mari în ceea ce privește arbusculii determinate de prezența componentei fungice (frecvența) și dezvoltarea (intensitatea) în rădăcini

5.3. Analiza interacțiunilor dintre parametrii micorizieni și prognoza evoluției colonizării

Prezența simultană a arbusculilor și veziculelor poate fi analizată prin reprezentarea lor în același scatterplot. Abordarea scatterplot permite o analiză vizuală a dispersiei datelor pentru fiecare structură și nivelul specific în care fiecare structură este singulară în rădăcinile colonizate. Dezvoltarea nativă a acestor structuri este stabilită la peste 70% pentru arbusculi și peste 15% pentru vezicule. Absența tratamentului în stadiul netratat 6 frunze (A1-B2) duce la o prezență simultană a

ambelor structuri cu până la 8% pentru vezicule și 18% pentru arbusculi. Diferența de 10% este orientată spre un transfer îmbunătățit în locul stocării nutrienților

5.4. Analiza exploratorie spațială a colonizării micoriziene

Ordonările PCA permit o bună vizualizare a întregii baze de date de colonizare, cu detectarea centrozilor pentru fiecare etapă de creștere și proiecția vectorilor pentru fiecare parametru (netratat) și (tratată).

5.5. Extragerea și evaluarea tiparului specific de colonizare indus de aplicarea tratamentelor

Întreaga bază de date a constat în 6075 de linii, corespunzând la 405 hărți micoriziene și mai departe împărțită în 27 de sub-baze de date. Simbiotul creează o formă primară de sită hifală în rădăcinile colonizate, urmată de colonizarea zonelor adiacente și dezvoltarea ulterioară a arbusculilor. Față de dezvoltarea structurilor fungice observate în modelul micorizian nativ, martor netratat (A0-B1), o dezvoltare similară se observă la plantele tratate, stadiul de creștere al variantei tratate în fenofaza de 8-10 frunze formate (A2-B3), cu dimensiune și număr redus de zone necolonizate. Plantele de porumb inoculate cu micorize arbusculare au determinat o colonizare maximă cuprinsă între 86-100%. Structurile micorizei au fost întâlnite cu precădere hifele externe și interne, arbusculi și vezicule. Se înregistrează maximul dezvoltării fungice în acest caz în cadrul grupului de plante netratate.

6. Rezultate obținute-Mecanismul de colonizare

Parametrii micorizieni sunt foarte performanți în definirea capacității simbiotice a unui sol, a performanței fungilor de a crea un parteneriat durabil cu plantele de cultură, respectiv permit o comparare realistă a efectului biostimulatorilor.

Protocolul experimental care a stat la baza acestui studiu este de tip bifactorial, evaluând nivelul și dinamica colonizării micoriziene la cultura de porumb, în condiții de aplicare a unui biostimulator și efectul acestuia pe parcursul întregii perioade de vegetație. Protocolul experimental a fost replicat în două condiții eco-pedologice, pentru anul 2020 în localitatea Cojocna, pe un tip de sol faeoziom, slab acid, respectiv în anul 2021 în localitatea Iernut, pe un tip de sol faeoziom argiloiluvial alcalin. Repetarea experimentului permite atât identificarea capacității native de colonizare a solului din fiecare locație, cât și evaluarea în profunzime a efectului biostimulatorilor.

6.1. Analiza varianței comparației multiple

Analiza varianței indică o amplificare a efectului biostimulatorilor în funcție de profilul de sol și a condițiilor specifice fiecărui sit experimental. În cazul solului de la Cojocna creșterile frecvenței sunt semnificative, iar biostimulatorul acționează spre creșterea gradului frecvenței de la o perioadă de vegetație la alta. Prin comparație, acțiunea biostimulatorilor în condițiile solului de la Iernut, în cadrul profilului micorizian nativ este ridicat. Acest aspect permite o variație a frecvenței de colonizare cu limite mult mai largi menținând în același timp și un nivel al prezenței simbioților de peste 50 %.

6.2. Indicele de substituție micoriziană (%)

Gradul de colonizare este un indicator adaptabil și poate fi utilizat ca suport în verificarea substituției micoriziene, induse de aplicarea biostimulatorilor și locația experimentală. Diferențele înregistrate între locații, fenofaze și tratamente, fluctuează în limite foarte largi. Diferența inițială la plantele netratate este de aproape 35%, scăzând la jumătate în fenofaza șase frunze, respectiv la finalul perioadei de vegetație la sub 10%. La plantele la care s-a aplicat biostimulatorul, diferența inițială este de doar 13%, cu o creștere până la 19%-23%, respectiv o reducere de până la 10% la finalul perioadei de vegetație.

7. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei

Teza de doctorat aduce o serie de elemente de noutate, atât datorită multitudinii rezultatelor obținute cât și actualizărilor metodologice cu utilitate în domeniile de activitate agronomie și microbiologie generală și aplicată.

De asemenea, prin aceasta teza aducem contribuții la identificarea și evaluarea mecanismului biologic de asociere a porumbului cu micorizele arbusculare:

1. Prima cercetare atât la nivel național, cât și internațional care prezintă colonizarea micoriziană la porumb într-un ansamblu inovator de proceduri: Elaborarea tiparului micorizian nativ al porumbului, în 2 locații cu condiții eco-pedologice diferite.
2. Realizarea unor tipare specifice de colonizare a porumbului în diferite perioade de dezvoltare ale acestuia sub efectul aplicării de biostimulatori.
3. Implementarea instrumentelor MycoPatt de evaluare obiectivă a colonizării micoriziene.
4. Crearea unei baze de date supradimensională (peste 12.000 de observații microscopice) ce conține observații asupra structurilor fungice și parametrilor de colonizare.

8. Concluzii și recomandări

1. Aplicarea biostimulatorului interferează cu activitatea microbiotei din soluri, astfel biostimulatorii pot să aibă o reacție de amplificare a ratei de micorizare concomitent cu creșterea și dezvoltarea plantei, precum și prelungirea colonizării la rate ridicate.
2. Biostimulatorii pot fi utilizați la cultura de porumb deoarece, așa cum s-a putut constata în cele două experimente, nu acționează spre inhibarea colonizării micoriziene. Se recomandă utilizarea acestora la cultura porumbului deoarece oferă o dezvoltare bună a sistemului radicular cât și a părții vegetative, contribuind la fixarea plantei în sol și o mai bună absorbție a elementelor nutritive.
3. Fenomenul general înregistrat în ambele câmpuri experimentale evidențiază o reducere a necesității unei colonizări abundente în condițiile în care planta dezvoltă un sistem radicular extensiv datorită inputurilor aplicate și menținerea unei rate echilibrate de colonizare pe parcursul întregii perioade de vegetație.
4. Mecanismul prin care acționează biostimulatorii se datorează prezenței într-o concentrație mare a aminoacizilor, ce formează interacțiuni cu elementele minerale

prezente în rețeta produsului ceea ce conduce la obținerea unui complex nutritiv benefic atât plantelor cât și microbiotei solului.

5. Locația are un rol extrem de important pentru apariția arbusculilor, în timp ce pentru formarea de vezicule tratamentul are o importanță mult mai ridicată.

6. Condițiile pedo-climatice din Câmpia Transilvaniei au avut o influență asupra colonizării micoriziene la cultura porumbului. Astfel:

În experimentul din locația *Cojocna*, precipitațiile abundente din primele stadii de dezvoltare ale plantelor și temperatura redusă au cauzat fenomene de bătăie a apei în câmpul experimental. Profilul micorizian nativ al solului de la Cojocna a fost redus la o frecvență a colonizării de doar 13.3% și o intensitate de 6.08%.

În experimentul din locația *Iernut*, condițiile pedo-climatice diferite sunt vizibile în precipitațiile de scurtă durată, cu o intensitate mare, dar concomitent cu o temperatură în continuă creștere pe parcursul dezvoltării plantei. Frecvența colonizării micoriziene în profilul nativ al solului de la Iernut a înregistrat o valoare de 74.7% cu o intensitate de 42.6%, ambele valori fiind cu 60% respectiv 36% mai mari decât cele înregistrate la Cojocna.

7. Profilul de sol este determinant în asamblarea unei comunități microbiene specifice, aspect care este extrem de bine evidențiat de abundența punctuală și mai ales capacitatea de producere constantă a arbusculilor.

8. Fenofaza se corelează cu dezvoltarea radiculară, ceea ce corespunde dimensiunii efective a suprafeței de colonizare puse la dispoziția micorizelor de către plantă.

9. Utilizarea biostimulatorilor pentru creșterea producțiilor agricole în condițiile prezervării mediului înconjurător poate fi considerată o practică tehnologică de perspectivă fără a produce perturbări în mecanismele de interacțiune între microorganismele din sol.

Bibliografie selectivă

1. AGUILAR-PAREDES ANA, GABRIELA VALDÉS, M. NUTI. 2020. "Ecosystem Functions of Microbial Consortia in Sustainable Agriculture." *Agronomy* 10 (12): 1902.

2. BADRI, DAYAKAR V., TIFFANY L WEIR., D. VAN DER LELIE., J. M. VIVANCO. 2009. "Rhizosphere Chemical Dialogues: Plant-Microbe Interactions." *Current Opinion in Biotechnology, Chemical biotechnology & Pharmaceutical biotechnology*, 20 (6): 642-50.

3. BOLDUC ALICE ROY. 2011. "The Use of Mycorrhizae to Enhance Phosphorus Uptake: A Way Out the Phosphorus Crisis." *Journal of Biofertilizers & Biopesticides* 02 (01).

4. CHEN M., M. ARATO, L. BORGHI, EVA NOURI, D. REINHARDT. 2018. "Beneficial Services of Arbuscular Mycorrhizal Fungi – From Ecology to Application." *Frontiers in Plant Science* 9.

5. FRANCHE CLAUDINE., KRISTINA LINDSTRÖM., CLAUDINE ELMERICH. 2009. "Nitrogen-Fixing Bacteria Associated with Leguminous and Non-Leguminous Plants." *Plant and Soil* 321 (1): 35-59.

6. STOIAN V., ROXANA VIDICAN, IOANA CRIȘAN, CARMEN PUIA, M. ȘANDOR, VALENTINA A. STOIAN, F. PĂCURAR, IOANA VAIDA. 2019. "Sensitive Approach and Future Perspectives in Microscopic Patterns of Mycorrhizal Roots." *Scientific Reports* 9 (1): 10233.