
Studiul dinamicii și efectelor micorizelor arbusculare la plante ornamentale în condițiile din Cluj

(REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT)

Doctorand **Ioana Crișan**

Conducător de doctorat **Prof. univ. dr. Roxana Vidican**



INTRODUCERE

Micorizele arbusculare sunt asociații simbiotice dintre rădăcina plantelor și fungi din încrengătura *Glomeromycota*. Peste 70% din plantele vasculare pot stabili acest tip de simbioză (BRUNDRETT și TEDERSOO, 2018).

Fungii micorizieni arbusculari îmbunătățesc nutriția plantei în mod special în fosfor și primesc în schimb de la plantă o parte din carbonul fixat prin fotosinteză (PARNISKE, 2008; BERRUTI și colab., 2015). Acești fungi sunt biotrofi obligați și nu își pot completa ciclul de viață în lipsa unei gazde. Se cunosc 234 specii, aparținând la 11 familii și încadrate în 4 ordine din clasa *Glomeromycetes* (SOUZA, 2015).

Măsura în care plantele beneficiază de pe urma micorizelor arbusculare variază de la specie la specie. Media gradului de dependență față de micorizele arbusculare a plantelor pentru culturi de câmp este 44%, a celor furajere de 56% iar a plantelor sălbatice erbacee de 70%. Plantele perene prezintă o dependență mai ridicată decât cele anuale (TAWARAYA, 2003).

Pentru a stabili simbioze micoriziene arbusculare, plantele au nevoie de un “arsenal” genetic, reprezentat de gene specifice a căror expresie asigură realizarea comunicării pre-colonizare, între cei doi parteneri și care intervine apoi în toate stadiile colonizării (BONFANTE și GENRE, 2010; NAKAGAWA și IMAIZUMI-ANRAKU, 2015). Nu toate plantele cultivate pot stabili micorize. Unele familii botanice precum *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae* și *Cyperaceae* nu stabilesc micorize, iar în alte familii doar unele genuri pot stabili micorize arbusculare (MOORE și colab., 2011).

În cadrul simbiozelor micoriziene arbusculare există structuri ce se formează atât la interiorul rădăcinii (hife, spori, vezicule și arbusculi) cât și la exteriorul rădăcinii (hife, spori și celule auxiliare) (Fig. 1). Identificarea acestora permite observarea și studierea micorizei (BRUNDRETT, 2008; BŁASZKOWSKI, 2012).

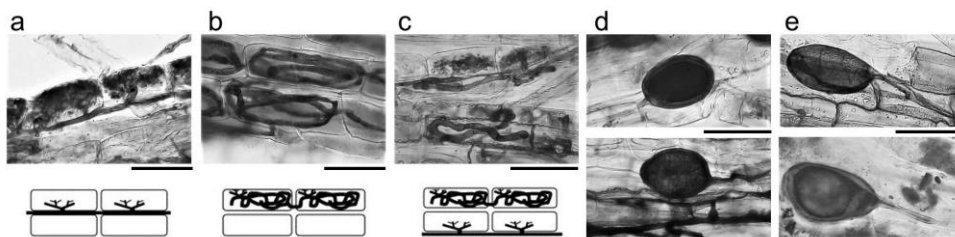


Fig. 1. Micorize arbusculare: morfotip *Arum* (a), *Paris* (b), *Arum+Paris* (c); spori (d) și vezicule intraradiculare (e); bară = 50 μm (Surse: IOANA CRIȘAN și colab., 2018, 2019a, 2019b; DICKSON, 2004)

După colonizarea rădăcinii, în funcție de modul de răspândire intraradiculară a fungilor se disting două tipuri principale: *Arum* și *Paris*. Acestea au fost denumite după speciile de plante la care au fost descrise pentru prima dată: *Arum maculatum* și respectiv *Paris quadrifolia*. La morfotipul *Arum* hifele înaintază printre celule, iar în interiorul celulelor se formează haustori cu aspect de arbore (Fig. 1a). Spre deosebire de acesta, la morfotipul *Paris* hifele nu pătrund printre celule, ci înaintază de la celulă la celulă formând bucle de hife intracelulare (Fig. 1b). Prin analiza unui număr ridicat

de specii de plante, s-a constatat că există forme intermediare sau cazuri când acestea apar simultan la aceeași plantă. Aceste diferențe de colonizare între speciile de plante se datorează în primul rând structurii histologice, respectiv cât de restrictive sunt spațiile intercelulare de la nivelul rădăcinii (DICKSON, 2004). În al doilea rând, o influență este exercitată și de speciile de fungi micorizanți ce colonizează planta. Spre exemplu, micoriza la pătrunjel (*Petroselinum crispum*) se încadrează la morfotipul intermediar când planta este colonizată de speciile *Rhizophagus intraradices* și *Funneliformis mosseae* dar la morfotipul *Paris* când este colonizată de speciile de fungi *Gigaspora margarita* și *Gigaspora rosea*. În contrast cu acesta, la praz (*Allium porrum*) se întâlnește colonizare tip *Arum* indiferent de genul de fungi micorizanți care colonizează planta (DICKSON și colab., 2007). În tabelul 2 sunt prezentate morfotipurile întâlnite la principalele familii botanice.

Tabelul 2. Micorizele arbusculare la principalele familii botanice

Familia botanică	Morfotip ¹			
	A	I	A+P	P
<i>Agavaceae, Begoniaceae, Vitaceae</i>	x	-	-	-
<i>Boraginaceae, Convolvulaceae, Cupressaceae, Geraniaceae, Iridaceae, Liliaceae, Rosaceae, Rutaceae, Sapindaceae, Ulmaceae, Violaceae</i>	x	-	-	x
<i>Oleaceae, Cucurbitaceae,</i>	x	x	-	-
<i>Zingiberaceae</i>	x	x	-	x
<i>Asteraceae, Myrtaceae, Polygonaceae, Primulaceae, Verbenaceae</i>	x	-	x	x
<i>Apiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Poaceae, Solanaceae</i>	x	x	x	x
<i>Caprifoliaceae</i>	-	x	-	-
<i>Araliaceae, Oxalidaceae</i>	-	-	x	x
<i>Adoxaceae, Equisetaceae, Gingkoaceae, Moraceae, Musaceae</i>	-	-	-	x

¹(A) *Arum*, (I) Intermediar, (A+P) Ambele simultan, (P) *Paris*

Surse: DICKSON, 2004; DICKSON și colab., 2007

Posibilitățile de utilizare a micorizelor arbusculare suscită un interes ridicat în ultimii ani, reflectat de expansiunea pieței de inocul micorizian. În prezent în Europa își desfășoară activitatea zeci de firme producătoare de inocul. Principalele sectoare care utilizează inocul micorizian sunt grădinăritul și amenajările peisagistice, horticultura și agricultura, fitoremedierea și terenurile de golf (CHEN și colab., 2018).

Efectele benefice ale micorizelor arbusculare asupra plantelor sunt direct legate de colonizarea radiculară. De aceea este necesară studierea indicatorilor de colonizare pentru o cât mai bună înțelegere: a factorilor care îi influențează, a traseului micorizei în sistemul radicular, a relației existente între acești parametri ce evaluează structurile primare, secundare și terțiare ale micorizei, și semnificația acestor legături pentru biologia simbiozei și plantă. Toate acestea sunt esențiale pentru a putea optimiza utilizarea micorizelor arbusculare în cultura plantelor.

1. Structura tezei de doctorat

Teza de doctorat cuprinde 148 de pagini și este alcătuită din două părți.

Prima parte este dedicată studiului bibliografic și reprezintă 32.43% din teză (48 pagini), iar partea a doua cuprinde contribuția personală reprezentând 67.57% din teză (100 pagini).

În cadrul tezei se regăsesc 47 de figuri, 25 de tabele și 14 planșe.

Partea I a tezei cuprinde două capitole:

Cap. 1. Stadiul actual al cunoașterii privind micorizele și alți fungi endofiți radiculari benefici, este cea mai consistentă parte a studiului bibliografic. În acest capitol s-a făcut o trecere în revistă a informațiilor actuale legate de micorize: definire, plante simbiote, factori care influențează răspândirea fungilor, beneficii aduse plantelor, taxonomie, biologia micorizelor arbusculare, și nu în ultimul rând se amintesc și alte grupe importante de fungi endofiți care colonizează rădăcina plantelor.

Cap. 2. Stadiul actual al cunoașterii privind sortimentul de *Iris*, este dedicat descrierii botanice, importanței și tehnologiei de cultură a sortimentului cultivat de iriși cu rizomi. Aceasta deoarece cea mai importantă parte a cercetărilor s-a realizat asupra a două specii din acest gen: *Iris germanica* și *Iris pseudacorus*.

Partea a II-a tezei cuprinde cinci capitole:

Cap. 3. Scopul și obiectivele cercetării, cuprinde enunțarea scopului tezei și a obiectivelor specifice aferente cercetărilor doctorale.

Cap. 4. Material și metodă, cuprinde informații detaliate privind locația și datele pedo-climatice, materialul biologic și aparatura utilizată, descrierea inoculului micorizian utilizat, organizarea experimentelor, observațiile și determinările realizate împreună cu tehnicile de laborator și metodele statistice.

Cap. 5. Rezultate și discuții, este secțiunea cea mai vastă a lucrării, și în care se prezintă rezultatele aferente cercetărilor privind micorizele la *Iris germanica*, continuând cu *Iris pseudacorus* și încheind cu studiul complementar asupra unui sortiment de 25 de specii de plante în condiții locale.

Cap. 6. Concluzii și recomandări, cuprinde concluziile desprinse în urma cercetărilor și aferente obiectivelor specifice. Se oferă o serie de recomandări utilizatorilor de micorize, producătorilor de inocul și cercetătorilor în conformitate cu rezultatele și concluziile experimentelor desfășurate.

Cap. 7. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei, precizează caracterul de noutate și contribuția rezultatelor obținute la întregirea cunoașterii în domeniul tezei de doctorat.

Bibliografia conține 217 de titluri din care 187 sunt cărți și articole majoritatea de dată recentă, iar restul în număr de 30 de titluri reprezintă buletine de informare, brevete sau trimiteri la pagini electronice.

Anexa tezei conține 14 planșe constituind colaje cu imagini foto originale din timpul desfășurării experimentelor.

2. Scop și obiective

Scopul cercetării întreprinse pe parcursul pregătirii doctorale a fost identificarea micorizelor în rădăcina unui sortiment de plante ornamentale și studierea dinamicii colonizării și efectelor inoculării asupra unor specii de *Iris* în condițiile din Cluj-Napoca.

Pentru atingerea scopului au fost realizate o serie de cercetări având definite obiective specifice. Cea mai însemnată parte a cercetărilor s-a realizat asupra a două specii din genul *Iris*, datorită importanței multiple a acestora: ornamentală, medicinală și pentru fitoremediere. La acestea se adaugă cercetări complementare asupra altor specii de plante, care vin să documenteze diversitatea morfotipurilor și potențialul micorizian în condițiile locale, constituindu-se ca reper comparativ.

1). Cercetări privind micorizele arbusculare la *Iris germanica*

În cadrul acestor cercetări au fost definite două obiective specifice:

- a) Evaluarea efectul inoculării cu micorize la *Iris germanica*, ceea ce a presupus observații și măsurători microscopice, biochimice și fiziologice privind:
 - colonizarea radiculară
 - caracteristici biologice ale plantelor
 - compoziția rizomilor la plante inoculate/neinoculate
 - parametri aflați în legătură cu rata asimilației: stomate.
- b) Descrierea dinamicii micorizelor la *Iris germanica*, respectiv:
 - obținerea indicatorilor pentru descrierea traseului micorizei
 - identificarea influenței genotipului și fenofazei asupra colonizării.

2). Cercetări privind micorizele arbusculare la *Iris pseudacorus*

În cadrul acestor cercetări au fost definite două obiective specifice:

- a) Evaluarea efectul inoculării cu micorize la *Iris pseudacorus*, fiind efectuate măsurători și determinări microscopice și morfometrice privind:
 - colonizarea radiculară
 - caracteristici biologice ale plantelor.
- b) Descrierea dinamicii micorizelor la *Iris pseudacorus*, respectiv:
 - obținerea indicatorilor pentru descrierea traseului micorizei
 - analiza persistenței influenței inoculării în al doilea an de la tratament.

3). Cercetări privind definirea statusului micorizian la un sortiment de 25 de specii de plante în condiții locale

În cadrul acestor cercetări au fost definite două obiective specifice:

- a) Identificarea variației interspecifice a colonizării cu micorize arbusculare precum și a diversității morfotipurilor de-a lungul unui gradient genotipic
- b) Compararea incidenței micorizelor arbusculare (AM) cu cea a altor grupe taxonomice de micromicete benefice prezente în rădăcină (DSE și FRE).

3. Material și metodă

a) Locația

Cercetările s-au desfășurat în municipiul Cluj-Napoca și au fost amplasate în cadrul Grădinii Agro-Botanice USAMV Cluj-Napoca și în partea de vest a orașului Cluj-Napoca.

Analizele de microscopie s-au realizat în cadrul Laboratorului de Microbiologie al Facultății de Agricultură, de la Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară din Cluj-Napoca.

Analizele de spectroscopie s-au realizat în cadrul Laboratorului de Spectroscopie vibrațională și Raman din "Institutul de Științele Vieții Regele Mihai I al României", Cluj-Napoca.

b) Solul și substraturile

Analizele de sol au fost realizate la OSPA Cluj-Napoca.

Substraturile care au fost utilizate în vase de vegetație au fost pe bază de turbă și pe bază de humus de scoarță.

c) Material biologic

Speciile de plante utilizate în cadrul cercetărilor au fost:

1) *Iris germanica* L. cu șase cultivare ce prezintă culori contrastante ale florilor: 'Black Dragon' (negru), 'Blue Rhythm' (albastru), 'Sultan's Palace' (roșu), 'Lime Fizz' (galben), 'Pinafore Pink' (roz), 'Pure As The' (alb)

2) *Iris pseudacorus* L.

3) 25 de specii din Colecții din Grădina Agro-Botanică USAMV Cluj-Napoca: *Ageratum houstonianum*, *Aster dumosus*, *Coreopsis tinctoria*, *Cosmos bipinnatus*, *Crocus vernus*, *Dahlia variabilis*, *Galanthus nivalis*, *Gladiolus x grandiflorus*, *Helianthus annuus*, *H. tuberosus*, *Hemerocallis fulva*, *Hyacinthus orientalis*, *Iris reticulata*, *Leucjum aestivum*, *Liatris spicata*, *Lilium candidum*, *Muscari armeniacum*, *Narcissus poeticus*, *N. pseudonarcissus*, *Rudbeckia hirta*, *Scilla bifolia*, *Tagetes erecta*, *Tanacetum vulgare*, *Tulipa gesneriana*, *Zinnia elegans* (INDEX SEMINUM).

Biopreparatele micoriziene utilizate au conținut:

- 2 specii de fungi *Glomeromycota* (*Funneliformis mosseae*, *Rhizophagus intraradices*)
- 5 specii de fungi *Glomeromycota* (*Funneliformis mosseae*, *Rhizophagus intraradices*, *Claroideoglossum claroideum*, *Funneliformis geosporus*, *Rhizoglossum microaggregatum*).

d) Organizarea experimentelor

Experimentele s-au desfășurat în perioada 2016-2019 conform tabelului 2.

Tabelul 2. Experimentele privind micorizele arbusculare

Sursă	Categoria de plante	Studiu ¹	Perioada de desfășurare
Experimente organizate în blocuri randomizate	<i>Iris germanica</i> (6 cultivare)	Efectul inoculării (C)	2016-2018
		Dinamica colonizării (C)	
	<i>Iris pseudacorus</i>	Efectul inoculării (G+C)	2018-2019
		Dinamica colonizării (C)	
Colecții din Grădina Agro-Botanică USAMV Cluj	25 specii de plante anuale/perene	Status micorizian (C)	2018

¹Experiment desfășurat în: câmp (C), vase de vegetație (G)

e) Analizele de laborator

Rădăcinile au fost pregătite pentru microscopie utilizând metoda VIERHEILIG și colab. (1998). Evaluarea microscopică s-a realizat urmând metodologia TROUVELOT și colab. (1986). În total în cadrul analizelor microscopice s-au evaluat peste 5000 de mostre de rădăcină. Indicatorii de colonizare aferenți micorizelor arbusculare (AM) au fost obținuți utilizând programul MycoCalc (<https://www2.dijon.inrae.fr>).

Indicatorii de colonizare obținuți au fost:

- F% = frecvența de colonizare
- m% = intensitatea colonizării în fragmentele de rădăcină
- M% = intensitatea colonizării în sistemul radicular
- a% = abundența structurilor de schimb în fragmentele de rădăcină
- A% = abundența structurilor de schimb în sistemul radicular.

Parametrii stomatelor au fost determinați sub microscop pe amprente foliare.

Analizele spectroscopice Fourier Transform Infrared Spectroscopy ale rizomilor s-au realizat utilizând metoda pastilei spectrale KBr.

f) Metodele statistice

Datele s-au prelucrat utilizând ANOVA, testul Duncan, corelația și PCA.

4. Rezultate și discuții

4.1. Rezultate și discuții ale cercetărilor privind micorizele arbusculare la *Iris germanica*

Iris germanica a prezentat morfotip *Paris* tipic de colonizare.

La plantele de *Iris germanica* s-a identificat o corelație semnificativă pozitivă între tratamentul de inoculare și rata de dezvoltare a mugurilor în lăstari ($r=0.25^*$) dar nesemnificativă între inoculare și dinamica de creștere a plantelor ($r=0.12$). Astfel, rata de dezvoltare a crescut de la 71% la plantele neinoculate la 88% la plantele inoculate cu micorize arbusculare, în timp ce dinamica de creștere a crescut de la 28% la plantele neinoculate la 31% la plantele inoculate.

Indexul conductanței potențiale a stomatelor foliare a crescut în medie cu 12.77% la plantele inoculate față de cele neinoculate.

Interpretarea analizelor spectroscopice FT-IR a mostrelor de rizom a indicat faptul că în urma inoculării cu micorize unele cultivare au prezentat o acumulare mai bună a amidonului ('Pinafore Pink') sau a acidului miristic ('Sultan's Palace', 'Lime Fizz', 'Pinafore Pink' și 'Pure As The').

În condițiile locale fenofaza a exercitat o influență foarte semnificativă asupra frecvenței de colonizare și a intensității colonizării fragmentelor de rădăcină (F%, m%, $p<0.001^{***}$) explicând peste 50% din varianța înregistrată în cazul acestor indicatori ($\eta^2=0.69, 0.75$). Spre diferență, cultivarul a avut o influență nesemnificativă asupra acestor indicatori de colonizare micoriziană (F% $p=0.68$, m% $p=0.78$, M% $p=0.84$).

Între frecvența colonizării primăvara și frecvența colonizării toamna, s-a remarcat o corelație semnificativă ($r=0.34^*$), demonstrând pe de-o parte importanța colonizării timpurii a rădăcinii, precum și existența unei continuități a colonizării pe durata de vegetație.

Spre toamnă a scăzut frecvența de colonizare (-18.36%) dar a crescut intensitatea colonizării sistemului radicular (56.30%) și frecvența sporilor și veziculelor intraradiculare (22.73%) comparativ cu primăvara, semnalând intrarea simbiozei într-o etapă endofită de latență ca răspuns la statusul metabolic al plantei.

4.2. Rezultate și discuții ale cercetărilor privind micorizele arbusculare la *Iris pseudacorus*

Iris pseudacorus a prezentat morfotip *Paris* tipic de colonizare.

În primul an experimental (2018), tratamentul de inoculare a explicat 4.85% din varianța aferentă frecvenței de colonizare micoriziană și 1.51% din varianța aferentă intensității de colonizare în fragmentele de rădăcină. Pentru plantele din vase de vegetație tratamentul de inoculare s-a corelat semnificativ pozitiv cu intensitatea colonizării în fragmentele de rădăcină ($r=0.47^*$), demonstrând eficacitatea biopreparatelor. Interacțiunea dintre condițiile de cultură (vase de vegetație/câmp) și tratamentul de inoculare a exercitat o influență semnificativă asupra frecvenței de colonizare ($p=0.03^*$).

În cazul plantelor din vase de vegetație s-a identificat o corelație pozitivă între tipul de substrat și toți parametrii de colonizare micoriziană. Aceasta demonstrează faptul că tipul de substrat influențează direct succesul simbiozei.

Inocularea nu a exercitat o influență semnificativă asupra indicatorilor de colonizare în al doilea an de la inoculare (F% $p=0.45$, m% $p=0.65$, M% $p=0.95$). Dar, valoric intensitatea colonizării fragmentelor de rădăcină a fost cu 12.05% mai ridicată la plantele care au fost inoculate în anul precedent.

În al doilea an (2019), fenofaza a exercitat o influență foarte semnificativă asupra frecvenței și intensității de colonizare a fragmentelor de rădăcină și a sistemului radicular (F%, m%, M% $p<0.001^{***}$), și explicând peste 90% din varianța înregistrată în cazul indicatorilor de colonizare ($\eta^2\geq 0.95$). S-a remarcat o scădere a mediei indicatorilor de colonizare înspre toamnă: de 79.34% pentru intensitatea colonizării sistemului radicular și de 71.71% pentru intensitatea colonizării fragmentelor de rădăcină și respectiv de 45.73% pentru frecvența de colonizare, marcând declinul simbiozei.

S-a identificat că intensitatea colonizării fragmentelor de rădăcină în noul an de vegetație depinde de intensitatea colonizării sistemului radicular toamna la sfârșitul perioadei de vegetație ($r=0.64^*$).

S-a identificat existența unei corelații semnificative între talia plantelor și tratamentul de inoculare din anul precedent ($r=0.33^*$), demonstrând efectul de lungă durată al biopreparatelor cu fungi micorizieni arbusculari.

4.3. Rezultate și discuții ale cercetărilor privind definirea statusului micorizian la un sortiment de 25 de specii de plante în condiții locale

În condițiile din Grădina Agro-Botanică USAMV Cluj-Napoca, s-a identificat prezența concomitentă a micorizelor arbusculare *Glomeromycota* (AM) cu alte grupe de micromicete endofite radiculare din încrengătura *Ascomycota* (dark septate endophytes=DSE) și subîncrengătura *Mucoromycotina* (fine root endophytes=FRE).

Pe baza analizei componentelor principale (PCA), în cadrul gradientului genotipic se disting 3 grupuri (Fig. 2):

- Primul grup (grupul A) s-a caracterizat prin frecvență ridicată de colonizare DSE (55-85%) și frecvență variabilă de colonizare cu micorize arbusculare (35-90%) în timp ce FRE au fost prezenți doar la unele specii.
- Al doilea grup (grupul B) s-a caracterizat prin prezența FRE simultan cu o colonizare moderată până la ridicată cu micorize arbusculare (35-80%), dar nivelurile ridicate FRE asociindu-se cu niveluri mai scăzute de colonizare micoriziană (precum la *Coreopsis tinctoria* și *Tagetes erecta*).
- Al treilea grup (grupul C) s-a caracterizat prin frecvență ridicată de colonizare cu micorize arbusculare (75-100%) simultan cu o colonizare moderată sau scăzută DSE (<20%) și variabilă FRE (<35%).

Orientarea vectorilor (F% AM, DSE, FRE) sugerează o potențială interacțiune negativă între aceste grupe de micromicete (Fig. 2), explicabilă prin competiția pentru carbonul preluat de la plantă. Morfotipul de colonizare micoriziană identificat a corespuns celui *Arum* tipic precum la *Tulipa gesneriana* și *Dahlia variabilis*, sau *Paris* tipic precum la *Helianthus tuberosus* și *Hemerocallis fulva*, existând la alte specii forme intermediare (*Cosmos bipinnatus*) sau atipice (*Lilium candidum*).

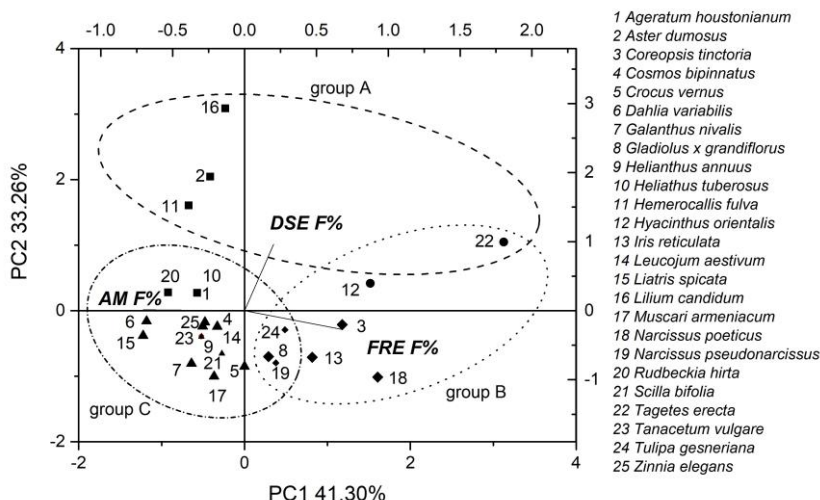


Fig. 2. Frecvența (F%) endofită AM (*Glomeromycota*) vs. FRE (*Mucoromycotina*) vs. DSE (*Ascomycota*) în rădăcina a 25 de specii de plante în condițiile din Cluj-Napoca (2018)

5. Concluzii și recomandări

Iris pseudacorus și *Iris germanica* au prezentat colonizate AM tip *Paris*.

Faptul că fenofaza a exercitat o influență semnificativă asupra indicatorilor de colonizare demonstrează controlul metabolismului plantei asupra simbiozei.

Se recomandă inocularea cu micorize a plantelor de *Iris germanica* atât pentru a obține o dezvoltare vegetativă bună înaintea înfloririi cât și pentru creșterea calității rizomilor destinați procesării.

Se recomandă inocularea cu micorize la *Iris pseudacorus* în programele de fitoremediere datorită efectelor de durată asupra dezvoltării vegetative.

În condiții locale s-a remarcat influența puternică a gradientului genotipic asupra colonizării de către micromicetele benefice, semn al unei posibile specificități.

6. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei

Teza aduce o contribuție la cunoașterea biologiei, comportării, dinamicii și efectelor micorizelor arbusculare în condițiile locale.

Prin rezultatele obținute s-a demonstrat posibilitatea de a utiliza indicatorii de colonizare pentru a reconstitui traseul micorizei de la fenofază la alta sau sezon de vegetație la altul, fapt util în special în cercetările realizate în condiții de câmp.

Prin cercetările din cadrul tezei s-a obținut:

- prima descriere completă a morfotipului și dinamicii colonizării de către micorizele arbusculare la *Iris germanica*, cea mai cultivată specie din acest gen
- utilizarea pentru întâia dată a metodei FT-IR pentru caracterizarea rizomilor de *Iris germanica* propunând două regiuni spectrale ca zone marker de calitate a rizomilor
- prima documentare în condiții locale a diversității morfotipurilor micoriziene arbusculare.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. BERRUTI A., E. LUMINI, R. BALESTRINI, V. BIANCIOTTO, 2015, Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes, *Front Microbiol.* 6: 1559.
2. BŁASZKOWSKI J., 2012, Glomeromycota, W. Szafer Institute of Botany, *Polish Academy of Sciences Krakow* 8-36.
3. BONFANTE P., A. GENRE, 2010, Mechanisms underlying beneficial plant – fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nat. Commun* 1: 48.
4. BRUNDRETT M.C., 2008, Mycorrhizal Associations: The Web Resource. Date accessed. <mycorrhizas.info>.
5. BRUNDRETT M.C., L. TEDERSOO, 2018, Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity, *New Phytologist Early view: Online Version of Record published before inclusion in an issue*.
6. CHEN M., M. ARATO, L. BORGHI, E. NOURI, D. REINHARDT, 2018, Beneficial services of arbuscular mycorrhizal fungi – from ecology to application. *Front. Plant Sci.* 9:1270.
7. CRIȘAN IOANA, ROXANA VIDICAN, A. STOIE, V. STOIAN, 2019, Root colonization by micromycetes in ten *Asteraceae* species from Cluj county, *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology* 23(1): 51-57.
8. CRIȘAN IOANA, ROAXANA VIDICAN, V. STOIAN, M. ȘANDOR, A. STOIE, 2019, Endophytic root colonization patterns in early and mid-spring geophytes from Cluj county, *Bulletin UASVM Agriculture* 76(1): 21-27.
9. CRIȘAN IOANA, ROXANA VIDICAN, V. STOIAN, M. ȘANDOR, A. STOIE, 2018, Arbuscular mycorrhizae of five summer geophytes from Cluj county, *Lucrări Științifice – Seria Agronomie* 61(1): 61 – 66.
10. DICKSON S., 2004, The Arum-Paris continuum of mycorrhizal symbioses, *New Phytologist* 163(1): 187-200.
11. DICKSON S., F.A. SMITH, S.E. SMITH, 2007, Structural differences in arbuscular mycorrhizal symbioses: more than 100 years after Gallaud, where next? *Mycorrhiza*, 17: 375–393.
12. MOORE D., G. ROBSON, A.P.J. TRINCI, 2011, 21st Century Guidebook to Fungi, *Cambridge University Press*.
13. NAKAGAWA T., IMAIZUMI-ANRAKU H., 2015, Rice arbuscular mycorrhiza as a tool to study the molecular mechanisms of fungal symbiosis and a potential target to increase productivity, *Rice* 8: 32.
14. PARNISKE M., 2008, Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses, *Nature Reviews Microbiology* 6: 763-775.
15. SOUZA T., 2015, Handbook of arbuscular mycorrhizal fungi, *Springer* 32-33.
16. TAWARAYA K., 2003, Arbuscular mycorrhizal dependency of different plant species and cultivars, *Soil Science and Plant Nutrition* 49(5): 655-668.
17. TROUVELOT A., J.L. KOUGH, V. GIANINAZZI-PEARSON, 1986, Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: V. Gianinazzi-Pearson & S. Gianinazzi (Eds.) *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae*, *INRA Press* 217-221.
18. VIERHEILIG H., A. P. COUGHLAN, U. WYSS, Y. PICHÉ, 1998, Ink and Vinegar, a Simple Staining Technique for Arbuscular-Mycorrhizal Fungi, *Applied and Environmental Microbiology* 64(12): 5004-5007.
19. ***, INDEX SEMINUM - Hortus Agro-Botanicus Napocensis, Ed. AcademicPres.
20. ***, Mycocalc, <https://www2.dijon.inrae.fr/mychintec/Mycocalc-prg/download.html>