



**UNIVERSITATEA DE ȘTIINȚE AGRICOLE ȘI
MEDICINĂ VETERINARĂ
CLUJ NAPOCA
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE
AGRICOLE INGINEREȘTI
Facultatea de Agricultură**



REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT

**CERECETĂRI PRIVIND IMPLICAREA MICORIZIANĂ
ÎN PATOLOGIA FUZARIOZEI CARTOFULUI**

Drd. Ing. IOANA DANIELA BORCA

**Conducător științific,
Prof. univ. dr. CARMEN EMILIA PUIA**

Cluj–Napoca
2015

INTRODUCERE

Cercetările efectuate au avut ca premisă analiza micorizelor în cadrul unei agriculturi moderne și impactul lor în protecția plantelor.

În contextul modificărilor globale curente, caracterizate prin: schimbări climatice, conservarea ecosistemului, agricultura sustenabilă, dezvoltarea sistemelor de cultură a plantelor pentru nevoile viitoare și siguranța alimentară, micorizele ar putea reprezenta o soluție viabilă.

Bolile plantelor reprezintă o problemă majoră a agriculturii, la nivel mondial. Descifrarea mecanismelor accesate de către plante pentru a se proteja împotriva agenților patogeni, poate duce la descoperirea unor noi strategii pentru creșterea rezistenței la boli, în cazul plantelor cultivate (Pozo et al., 2005).

Fuzarioza cartofilor reprezintă o boală produsă de patogenul de sol *Fusarium* spp.. Acest patogen este recunoscut ca fiind foarte persistent în sol și capabil să supraviețuiască perioade foarte lungi de timp, fiind dificil de controlat (Leslie and Summerell, 2006) și având o importanță economică pe plan mondial (Stevenson et al., 2001).

Carnegie et al. (2001) au raportat faptul că 60% dintre tuberculii de calitate pot fi afectați de fuzarioză în timpul depozitării, iar pierderile anuale de producție atribuite acestei boli sunt estimate ca fiind cuprinse între 6 și 25% .

Rolul micorizelor este de a amplifica procesele de absorbție a nutrienților din sol și de a crește rezistența plantelor la secetă și boli.

Asociațiile micoriziene îmbunătățesc abilitatea plantelor de a accesa resursele nutriționale din sol prin creșterea suprafeței de absorbție a sistemului radicular și prin eliberarea în sol a unor enzime ce au capacitatea de a solubiliza nutrienții greu accesibili (azot organic, fosfor, fier, etc.) (www.mycorrhizae.com).

Cercetările efectuate în ultimii 30 de ani recomandă controlul biologic ca o opțiune viabilă în combaterea bolilor plantelor de cultură (Gnanamanickam, 2002). Controlul biologic al patogenilor plantelor cultivate reprezintă o metodă acceptată, utilizată și chiar promovată în cadrul agriculturii durabile. Această metodă se bazează pe

managementul resurselor naturale, din care fac parte și anumite organisme din rizosferă (Siddiqui, 2006).

Fungii micorizieni arbusculari reprezintă o componentă majoră a rizosferei pentru majoritatea plantelor și joacă un rol important în reducerea incidenței bolilor acestora (Akthar and Siddiqui, 2008). Asociațiile micoriziene sunt întâlnite în toate sistemele ecologice, iar micorizele vezicular arbusculare sunt cele mai comune în cadrul sistemelor agricole (Gianinazzi and Schüepp, 1994).

S-a descoperit faptul că mai multe specii de fungi micorizieni au capacitatea de a controla patogeni de sol, precum specii de: *Aphanomyces*, *Cylindrocladium*, *Fusarium*, *Macrophomina*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinium* și *Verticillium* (Harrier and Watson, 2004).

În acest context am propus o analiză de specialitate pentru a evalua implicarea simbiozelor micoriziene în patologia fuzariozei la cartof.

Obiectivele principale ale acestui studiu le-a reprezentat: identificarea pe baza caracterelor morfologice a speciei de *Fusarium* responsabilă de producerea putregaiului uscat al tuberculilor de cartof în zona experimentală, analizarea impactului pe care l-a avut colonizarea micoriziană asupra dezvoltării plantelor de cartof în condiții de infecție naturală și artificială cu *Fusarium* spp.. Un alt obiectiv al cercetării prezente l-a constituit studiul efectului pe care l-a avut infecția naturală și artificială cu *Fusarium* spp. asupra nivelului de colonizare micoriziană în sistemul radicular al plantelor de cartof, în condiții de micorizare naturală și suplimentară.

I. MATERIALUL UTILIZAT ȘI METODOLOGIA APLICATĂ ÎN CADRUL EXPERIENȚELOR DE LABORATOR

1. Identificarea patogenului

Identificarea speciei *Fusarium sambucinum* Fuckel responsabilă de producerea putregaiului uscat al tuberculilor de cartof, s-a realizat pe baza caracterelor morfologice.

Protocolul de determinare a patogenului l-am prezentat sub forma unei diagrame (Figura 1).

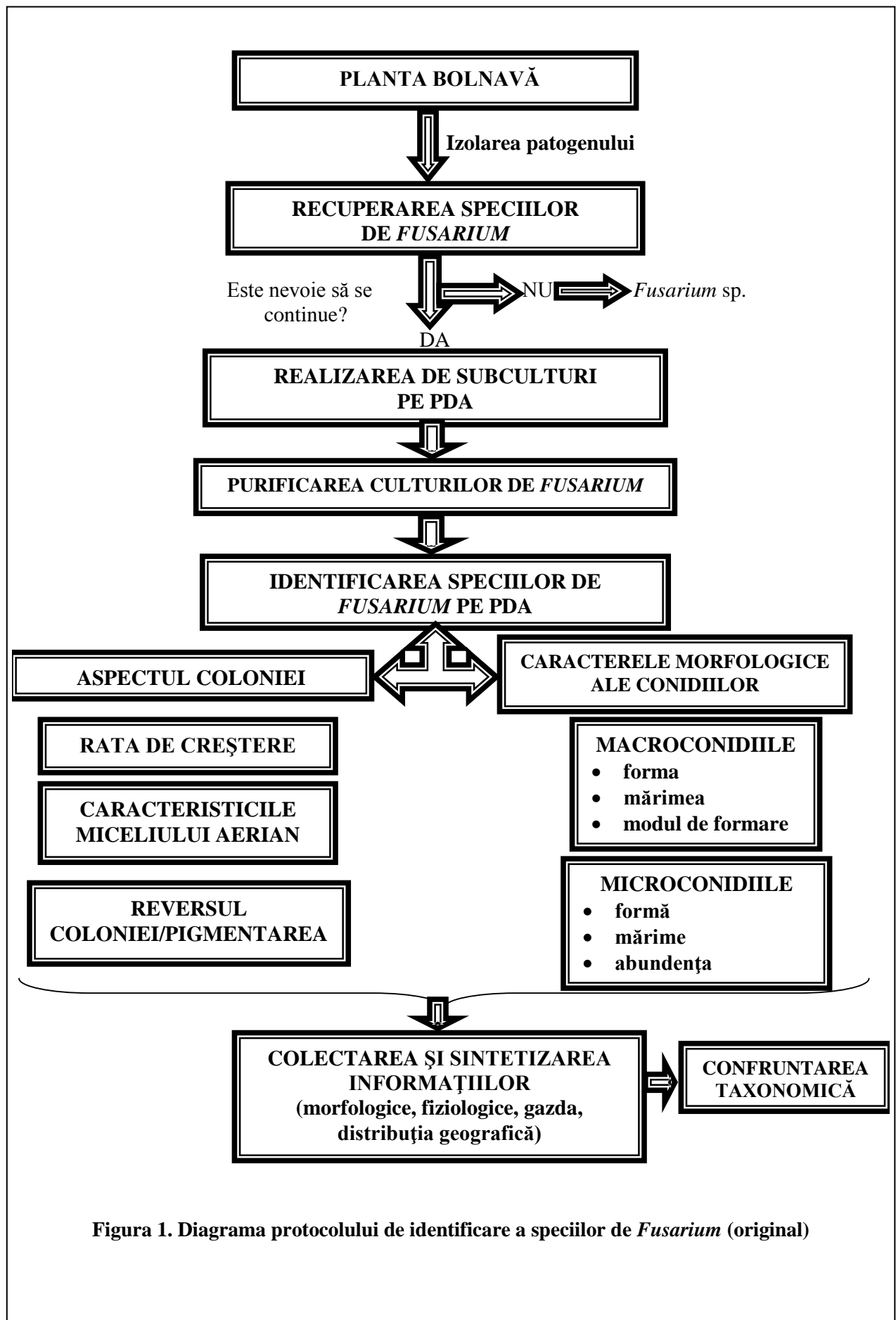


Figura 1. Diagrama protocolului de identificare a speciilor de *Fusarium* (original)

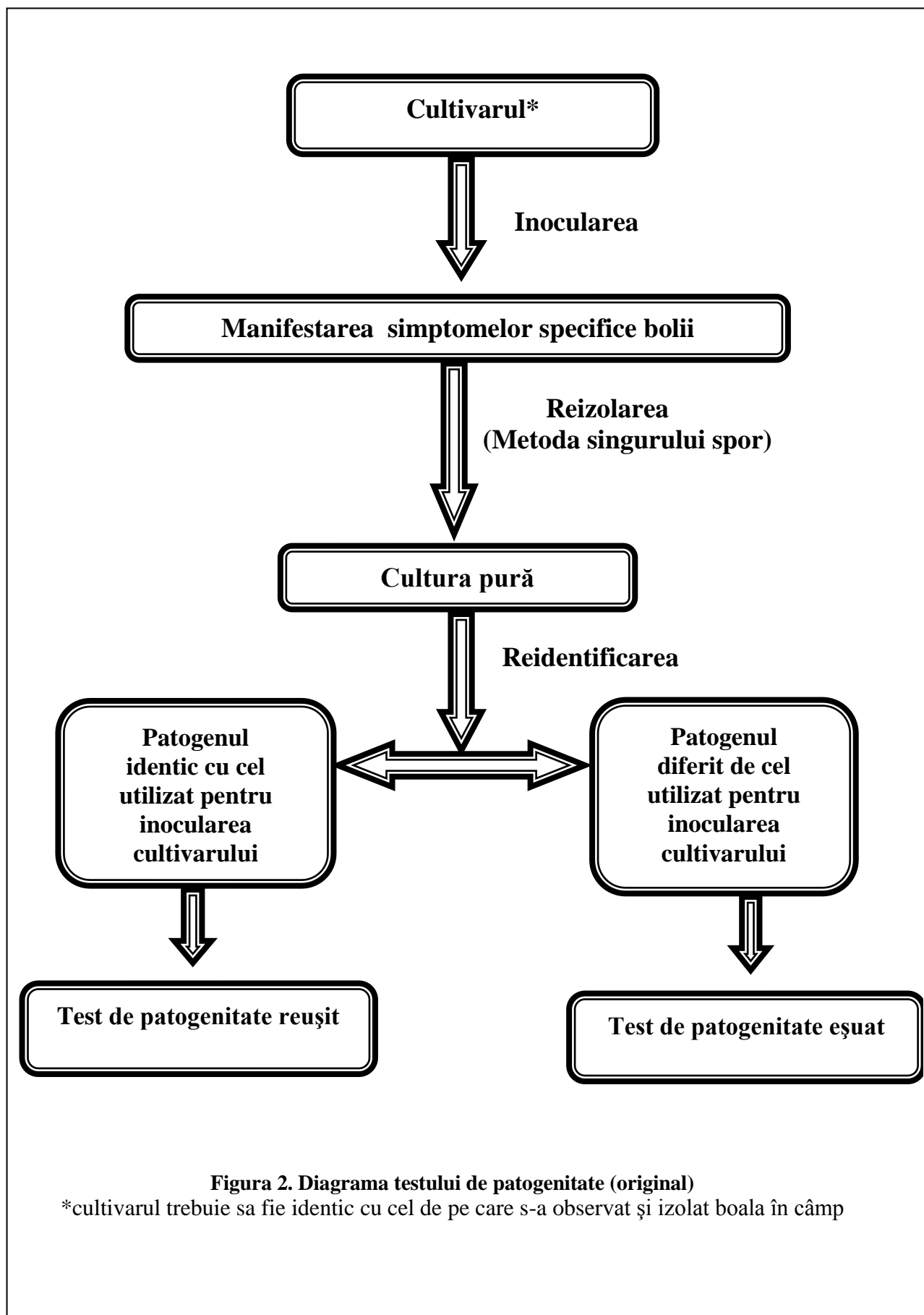


Figura 2. Diagrama testului de patogenitate (original)

*cultivarul trebuie sa fie identic cu cel de pe care s-a observat și izolat boala în câmp

2. Testarea patogenității

Pentru a dovedi patogenitatea organismului izolat s-a realizat testul de patogenitate utilizând o adaptare a postulatelor lui Koch, etapă importantă a procesului de diagnoză descrisă de Lester et al. (2008).

Pașii parcurși pentru testarea patogenității sunt prezentați sub forma unei diagrame (Figura 2).

3. Infecția artificială

După identificarea speciei *Fusarium sambucinum* Fuckel, aceasta a fost cultivată pe plăci Petri (PDA) în vederea obținerii inoculului necesar procesului de infecție artificială.

Realizarea infecției artificiale s-a realizat astfel:

- Experiența an I: după 10-14 zile de la obținerea culturilor pure de *Fusarium sambucinum* Fuckel s-a realizat cu ajutorul unei suspensii de spori. după metoda utilizată de Askar and Rashad (2010).
- Experiența an II și III: infecția artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel s-a realizat la tuberculii de sămânță (360 tuberculi/experiență, 120 tuberculi/soi) utilizând metoda descrisă de Sagar et al. (2011).

4. Analiza probelor radiculare în vederea determinării nivelului de colonizare micoriziană

- a. Colorarea probelor, fază pentru realizarea căreia s-a modificat metoda descrisă de către Phillips and Hayman (1970) și dezvoltată de Vierheilig et al. (1998).
- b. Estimarea colonizării micoriziene s-a realizat conform parametrilor propuși de Trouvelot et al. (1986, citat de www.dijon.inra.fr):
 - **Frecvența micorizelor în sistemul radicular (%)**
 - **Intensitatea colonizării micoriziene în sistemul radicular (%)**
 - **Intensitatea colonizării micoriziene în fragmentele de rădăcină (%)**
 - **Abundența arbusculilor în părțile micorizate ale fragmentelor de rădăcină (%)**
 - **Abundența arbusculilor în sistemul radicular (%)**

Pentru a crea o imagine cât mai precisă și completă asupra gradului de colonizare micoriziană s-a adaptat formula de calcul a gradului de atac folosită în aprecierea stării fitosanitare a culturilor agricole.

În cadrul acestei lucrări gradul de atac a fost denumit **grad de colonizare micoriziană (%)**.

II. MATERIALUL UTILIZAT ȘI METODOLOGIA APLICATĂ ÎN CADRUL EXPERIENȚELOR DE CÂMP

Pentru desfășurarea experienței trifactoriale, s-a amplasat câmpul experimental în localitatea Răscruci, jud. Cluj.

1. Protocolul experienței

Metoda de cercetare: Metoda parcelelor subdivizate

$$A \times B \times C - R \rightarrow 3 \times 2 \times 2 - 3$$

Factorul A – soiul, cu 3 graduări:

a_1 = timpuriu (ROCLAS)

a_2 = semitimpuriu (CHRISTIAN)

a_3 = tardiv (GARED)

Factorul B – inocularea micoriziană, cu 2 graduări:

b_1 = naturală

b_2 = suplimentară

Factorul C – infecția cu *Fusarium* spp., cu 2 graduări

c_1 = naturală

c_2 = artificială (*Fusarium sambucinum* Fuckel)

La nivelul fiecărei variante experimentale s-au plantat 20 cuiburi pe câte 4 rânduri, cu o distanță de plantare de 27 cm între plante/rând și 75 cm între rânduri, respectând tehnologia de cultură propusă de Muntean și colab. (2008).

Plantarea, rebilonarea și recoltarea s-au efectuat manual, iar pe parcursul perioadei de vegetație nu s-au aplicat tratamente chimice.

Ca inocul micorizian s-a folosit produsul Mykosoil al firmei GreenBase un stimulent biologic ce conține fungi micorizieni de tip arbuscular (www.mykorrhiza.eu).

2. Analiza parametrilor de dezvoltare a plantelor

În cadrul cercetării s-au efectuat observații pe secvențe de vegetație, la 30 și 50 zile de la plantare conform protocolului utilizat în experiențele efectuate de către

Bhattarai and Mishra (1984), pentru stabilirea influenței pe care o are colonizarea micoriziană asupra parametrilor de dezvoltare a plantelor.

Parametrii urmăriți au fost:

- **Talia plantelor** (cm)
- **Aria foliară** (cm²)
- **Numărul de tulpini**

La recoltare s-au prelevat date în ceea ce privește producția, date care au fost raportate la ha, iar parametrii urmăriți au fost:

- **Numărul tuberculilor** (ha)
- **Greutatea tuberculilor** (kg/ha)

3. Colectarea probelor radiculare pentru estimarea nivelului de colonizare micoriziană

Pentru o imagine cât mai completă asupra nivelului de colonizare micoriziană și a evoluției acestuia în sistemul radicular al plantelor de cartof, probele radiculare s-au colectat din câmp în trei secvențe de vegetație, la 30, 50 și 70 zile de la plantare (Bhattarai and Mishra, 1984).

Probele de rădăcini au fost prelevate din fiecare variantă a experienței, fiind etichetate corespunzător și duse la laborator în vederea analizelor corespunzătoare.

III. REZULTATE PRIVIND IDENTIFICAREA SPECIEI *FUSARIUM SAMBUCINUM* FUECKEL

După obținerea unei culturi pure prin tehnica singurului spor s-a trecut la identificarea patogenului pe mediu de cultură (PDA), etapă în care s-au urmărit caracterele macroscopice și microscopice dezvoltate de patogen.

Pentru partea macroscopică a identificării izolatelor de *Fusarium sambucinum* Fuckel s-au făcut observații cu privire la creșterea și dezvoltarea coloniilor prin măsurarea diametrelor de creștere, dar și cu privire la aspectul coloniilor prin caracterizarea miceliului aerian și a reversului coloniei.

Etapă microscopică a identificării izolatelor de *Fusarium sambucinum* Fuckel a cuprins observații asupra caracterelor morfologice ale conidiilor. În cadrul experiențelor

s-au măsurat lungimea și lățimea a câte 100 spori din fiecare izolat de *Fusarium sambucinum* Fuckel.

Toate coloniile crescute pe mediu PDA au avut diametrele cuprinse între limitele specifice pentru *Fusarium sambucinum* Fuckel (izolatul „*in vivo*”=5.4 cm, izolatul „*in vitro*”=5.9) și aspectul coloniilor dezvoltate pe mediu de cultură a fost caracteristic speciei identificate.

Observațiile și măsurătorile microscopice au indicat faptul că macroconidiile analizate sunt tipice speciei *Fusarium sambucinum* Fuckel: au o formă falcată prezentând o celulă apicală sub formă de „bot” și o celulă bazală sub formă de „picior”. Numărul de septe al macroconidiilor a fost cuprins între trei și șase. Microconidiile au fost semnalate într-un număr redus și au fost întâlnite în miceliu aerian, având o formă ovală și prezentând nici o septă sau doar una singură.

Dimensiunile macroconidiilor se încadrează în limitele specifice pentru *Fusarium sambucinum* Fuckel, iar microconidiile sunt foarte rare, caracter tipic speciei identificate.

Pentru izolatul „*in vivo*” lungimea macroconidiilor a prezentat valori cuprinse între 21,39 μm (minim) și 40,83 μm (maxim). Pentru majoritatea macroconidiilor măsurate, valorile s-au încadrat între 25,28 μm și 38,89 μm .

În ceea ce privește lățimea macroconidiilor izolatului „*in vivo*” valorile au oscilat între un minim de 3.47 μm și un maxim de 6.07 μm . Majoritatea valorilor s-au situat în intervalul cuprins între 3,90 μm și 5,63 μm .

Pentru izolatul „*in vitro*” lungimea macroconidiilor a înregistrat valori minime de 20.2 μm și maxime de 36 μm , în timp ce majoritatea macroconidiilor au avut lungimea cuprinsă între 22,82 μm și 35,11 μm .

Lățimea măsurată pentru macroconidiile izolatului „*in vitro*” a variat între valori de minim 3.5 μm și maxim 5.6 μm . Majoritatea macroconidiilor măsurate au prezentat valori ale lățimii cuprinse între 3,68 μm și 5,25 μm .

IV. REZULTATE PRIVIND TESTAREA PATOGENITĂȚII

Această etapă a presupus inocularea în condiții controlate a tuberculilor de cartof cu organismul patogen identificat (*Fusarium sambucinum* Fuckel).

Pentru testarea patogenității speciei *Fusarium sambucinum* Fuckel, responsabilă de producerea putregaiului uscat al tuberculilor de cartof, s-a utilizat același tip de cultivar de pe care s-a realizat izolarea patogenului în vederea identificării inițiale.

Inocularea patogenului, pentru ca boala să poată fi reprodusă, s-a realizat pe suprafața tuberculilor de cartof deoarece această metodă coincide cu mecanismul natural de infecție.

După aproximativ 5 zile de la inocularea tuberculilor au început să se manifeste primele simptome. Simptomele manifestate au fost tipice putregaiului uscat produs de patogenul inoculat (*Fusarium sambucinum* Fuckel).

S-a trecut mai departe la reizolarea patogenului pe mediu de cultură (PDA) și s-au făcut observații în legătură cu caracterele macroscopice și microscopice ale coloniilor dezvoltate pe plăcile de reizolare.

Patogenul reizolat a prezentat caractere morfologice identice cu patogenul utilizat pentru inocularea cultivarului (*Fusarium sambucinum* Fuckel), lucru care confirmă reușita testului de patogenitate.

V. REZULTATE PRIVIND PARAMETRII DE CREȘTERE AI PLANTELOR DE CARTOF

Pentru analizarea parametrilor de creștere a plantelor de cartof s-au realizat măsurători, în cadrul fiecărei variante experimentale, în două secvențe de vegetație, respectiv 30 zile și 50 zile de la plantare.

1. Analiza taliei plantelor

În condiții de infecție naturală și sub influența micorizării suplimentare talia plantelor a fost cea mai ridicată în primul an experimental pentru ambele secvențe de vegetație luate în calcul.

Soiul cel mai puternic influențat de micorizarea suplimentară a fost soiul timpuriu (24,33 cm - 2012; 14,00 cm - 2013; 22,1 cm - 2014) pe parcursul primei secvențe de vegetație și soiul semitimpuriu (63,00 cm – 2012; 60,11 cm – 2013; 22, 24 cm - 2014) pe parcursul celei de-a doua secvențe.

În ceea ce privește influența infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel asupra parametrului studiat, în condiții naturale de micorizare s-a observat faptul că pe

prima secvență de vegetație toate soiurile au avut cele mai mici valori în cel de-al doilea an al experienței (8,00 cm – Roclas; 5,29 cm – Christian; 8,95 cm – Gared).

Pe parcursul celei de-a doua secvențe de vegetație, pentru soiul timpuriu (32,33 cm) și cel semitimpuriu (23,84 cm), tot anul doi experimental s-a evidențiat ca fiind cel mai puternic influențat în urma infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel.

Dintre cele trei soiuri studiate în condiții de micorizare naturală, cel mai puternic influențat în urma infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel, pe parcursul anilor experimentali și a secvențelor de vegetație, a fost soiul semitimpuriu.

Efectul micorizării suplimentare asupra taliei plantelor în condiții de infecție artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel pe parcursul tuturor secvențelor de vegetație studiate, a fost cel mai evident în al treilea an experimental. Acest lucru s-a înregistrat pentru toate soiurile de cartof luate în calcul, excepție făcând soiul semitimpuriu pe parcursul celei de-a doua secvențe de vegetație, acesta a avut cele mai mari valori ale parametrului analizat în anul doi al experienței.

Efectul infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel asupra taliei plantelor, în condițiile unei micorizări suplimentare, s-a manifestat cel mai puternic în cadrul celui de-al doilea an experimental.

2. Analiza ariei foliare a plantelor

Sub influența inoculării suplimentare cu fungi micorizieni și în condiții naturale de infecție cu *Fusarium* spp., aria foliară a celor trei soiuri de cartof studiate, a înregistrat cele mai ridicate valori pe parcursul celei de-a doua secvențe de vegetație din cadrul primului an al experienței (2499,66 cm² – Roclas; 2294,62 cm² – Christian, 1493,1 cm² – Gared).

În decursul primei secvențe de vegetație, cea mai puternică influență a micorizării suplimentare s-a manifestat pentru primul an experimental în cazul soiului timpuriu (1026,52 cm²) și tardiv (864,42 cm²).

Cele mai mici valori ale ariei foliare s-au înregistrat pentru soiul tardiv.

Sub efectul infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel și în condiții naturale de micorizare, cele trei soiuri de cartofi prezintă cele mai mici valori ale ariei foliare pe parcursul primei secvențe de vegetație și în cadrul celui de-al doilea an de studiu (247,5 cm² – Roclas; 131,06 cm² – Christian; 444,4 cm² – Gared). În cea de-a doua secvență de vegetație, evoluția valorilor ariei foliare respectă același model ca în prima

secvență (971,92 cm² – Roclas; 655,61 cm² – Christian), cu excepția soiului tardiv. Acesta a înregistrat cele mai ridicate valori (1865,28 cm² – Gared) pe parcursul celui de-al doilea an experimental.

Din punct de vedere al dezvoltării ariei foliare în condiții de infecție artificială și micorizare naturală, cele mai mici valori le-a prezentat soiul semitimpuriu, indiferent de anii experimentali sau de secvențele de vegetație. Acest lucru indică faptul că acest soi a fost cel mai puternic influențat în urma infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel.

Influența negativă a infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel asupra dezvoltării ariei foliare a plantelor de cartof în condiții de micorizare suplimentară a fost cea mai puternică, pentru toate soiurile (141,41 cm² – Roclas; 45,7 cm² – Christian; 30,09 cm² – Gared), pe parcursul celui de-al doilea an experimental și pe parcursul primei perioade de vegetație luate în calcul.

Dintre toate soiurile de cartof analizate, soiul semitimpuriu a fost cel mai puternic influențat în urma infecției artificiale. Acesta a înregistrat cele mai mici valori pe parcursul tuturor secvențelor de vegetație și în decursul celor trei ani experimentali.

3. Analiza numărului de tulpini

În condiții de micorizare suplimentară și infecție naturală cu *Fusarium* spp. toate cele trei soiuri de cartof au prezentat cele mai mari valori ale parametrului studiat în primul an experimental, pentru ambele secvențe de vegetație luate în calcul.

Pe parcursul celei de-a doua secvențe de vegetație, cele mai ridicate valori ale numărului de tulpini formate au fost înregistrate de soiul timpuriu (7,67) și cel semitimpuriu (8,33), în cadrul primului an experimental.

Sub influența infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel și în condiții naturale de micorizare, numărul de tulpini formate a prezentat cele mai ridicate valori, pentru toate soiurile de cartof luate în studiu și pe ambele secvențe de vegetație, în cadrul celui de-al treilea an experimental.

Dintre cele trei soiuri analizate, soiul timpuriu a înregistrat cele mai mari valori (6,95 – 30 zile; 7,61 – 50 zile) pe parcursul celui de-al treilea an experimental.

Sub efectul infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel și a micorizării suplimentare, pe parcursul ambelor secvențe de vegetație luate în calcul, s-a evidențiat al

treilea an experimental. În cadrul acestui an s-au înregistrat cele mai ridicate valori ale parametrului analizat pentru toate cele trei soiuri de cartof.

Soiul semitimpuriu a prezentat cele mai reduse valori ale numărului de tulpini formate, pe toate secvențele de vegetație și pe parcursul tuturor anilor experimentali.

VI. REZULTATE PRIVIND PARAMETRII DE PRODUCȚIE AI PLANTELOR DE CARTOF

Pentru a analiza influența micorizării suplimentare și a infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel asupra parametrilor de producție s-au făcut măsurători din punct de vedere al numărului de tuberculi produși și a greutateii acestora.

1. Analiza numărului de tuberculi

Sub efectul micorizării suplimentare și a infecției naturale valoarea parametrului prezintă oscilații în decursul anilor experimentali. În cazul celor trei soiuri de cartof s-au înregistrat cele mai ridicate valori în anul doi de experiență (93004,11 – Roclas; 108641,97 – Christian, 88065,84 – Gared), fiind urmat de ultimul an experimental (67821,13 – Roclas; 45384,71 – Christian, 40829,65 – Gared).

În condiții de infecție artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel și micorizare naturală, pentru toate soiurile de cartof studiate, numărul de tuberculi formați au înregistrat cele mai mici valori (17283,95 – Roclas; 20576,13 – Christian, 18106,99 – Gared) pe parcursul primului an experimental.

Din punct de vedere al influenței micorizării suplimentare și a infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel asupra numărului de tuberculi cel de-al doilea an experimental s-a evidențiat cu cele mai ridicate valori pentru toate cele trei soiuri de cartof (74074,07 – Roclas; 54320,98 – Christian, 79835,38 – Gared). Cele mai mici valori (21399,17 – Roclas; 24691,36 – Christian, 23045,27 – Gared) au fost înregistrate în cadrul primului an experimental.

Ierarhizând soiurile de cartof din punct de vedere al influenței micorizării suplimentare și infecției artificiale asupra parametrului studiat, pe parcursul celor trei ani experimentali, soiul tardiv a prezentat cele mai ridicate valori, urmat de soiul timpuriu și de cel semitimpuriu.

2. Analiza greutateii tuberculilor

În condiții de micorizare suplimentară și infecție naturală soiul semitimpuriu se evidențiază cu cele mai mari valori ale greutateii tuberculilor în al doilea an de studiu (7983,54 kg/ha). Cele mai mici valori ale parametrului urmărit (1234,56 kg/ha) s-au înregistrat la soiul tardiv în primul an experimental.

La modul general, toate soiurile de cartof studiate, au avut cele mai mari valori în cel de-al doilea an experimental și cele mai mici valori în primul an de studiu.

Cel mai puțin influențat de micorizarea suplimentară, pe parcursul celor trei ani, a fost soiul tardiv care a înregistrat cele mai mici valori ale parametrului studiat.

Valorile greutateii tuberculilor au fost influențate negativ în urma infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel. Pentru toate soiurile de cartof studiate cele mai mici valori (1028,8 kg/ha – Roclas; 823,04 kg/ha – Christian, 864,19 kg/ha – Gared) s-au înregistrat în primul an experimental.

În cazul soiului timpuriu cele mai mari valori (4403,29 kg/ha) ale parametrului au fost semnalate în cel de-al doilea an experimental, iar în cazul celorlalte două soiuri de cartof studiate, anul trei al experienței a fost caracterizat de cele mai ridicate valori (2482,67 kg/ha – Christian; 4835,98 kg/ha – Gared).

În condiții de micorizare suplimentară și infecție artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel, greutatea tuberculilor a manifestat oscilații între soiurile studiate pe parcursul anilor de studiu. Cele mai ridicate valori (5308,64 kg/ha) au fost semnalate de soiul timpuriu în cel de-al doilea an experimental și cele mai mici valori (1028,80 kg/ha) ale parametrului au fost semnalate pentru soiul tardiv în primul an al experienței.

VII. REZULTATE PRIVIND GRADUL DE COLONIZARE MICORIZIANĂ

Analiza gradului de colonizare micoriziană în sistemul radicular al plantelor de cartof s-a realizat pe parcursul a trei secvențe de vegetație, respectiv 30 zile, 50 zile și 70 zile de la plantare, în fiecare an al experienței (2012, 2013, 2014).

Analizând evoluția gradului de colonizare micoriziană în sistemul radicular, pe parcursul secvențelor de vegetație luate în calcul și în decursul anilor experimentali, s-a constatat că în condiții naturale de micorizare și infecție cu *Fusarium* spp. (Figura 3) distribuția valorilor înregistrate a fost uniformă.

În condiții de micorizare suplimentară și infecție naturală cu *Fusarium* spp. (Figura 4), valorile înregistrate ale gradului de colonizare sunt mai ridicate în comparație cu cele din variantele micorizate și infectate natural.

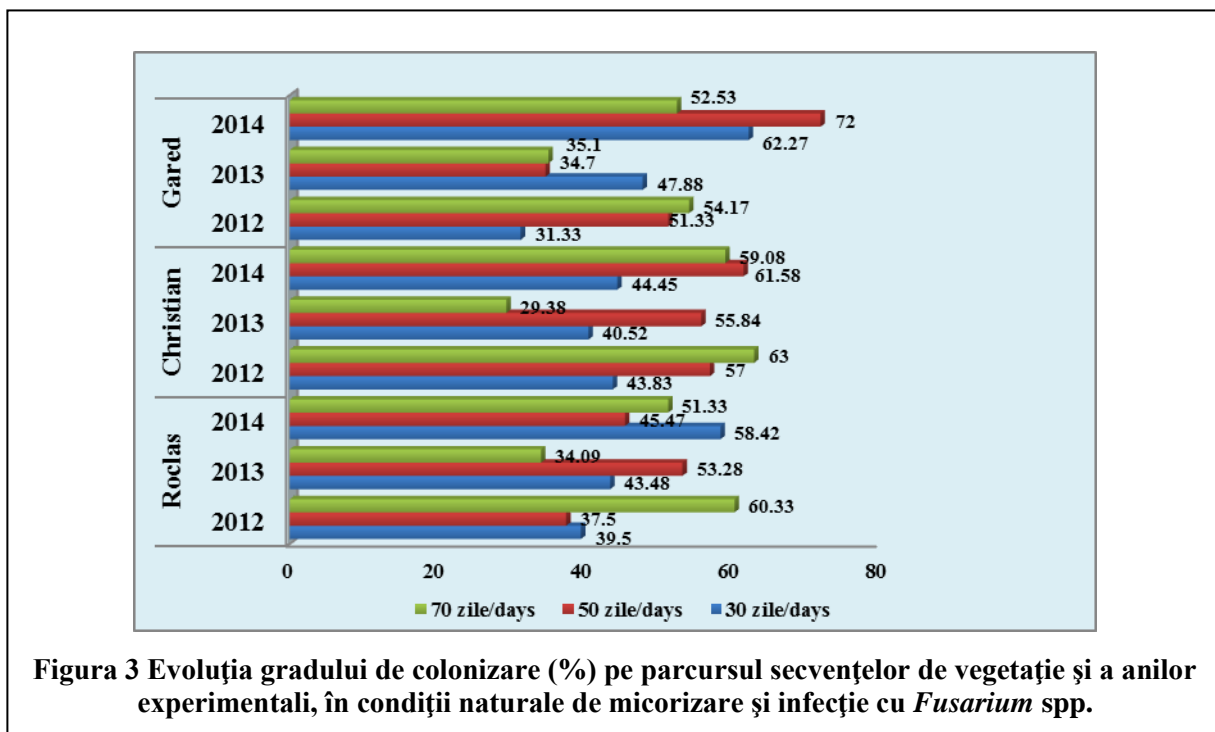


Figura 3 Evoluția gradului de colonizare (%) pe parcursul secvențelor de vegetație și a anilor experimentali, în condiții naturale de micorizare și infecție cu *Fusarium* spp.

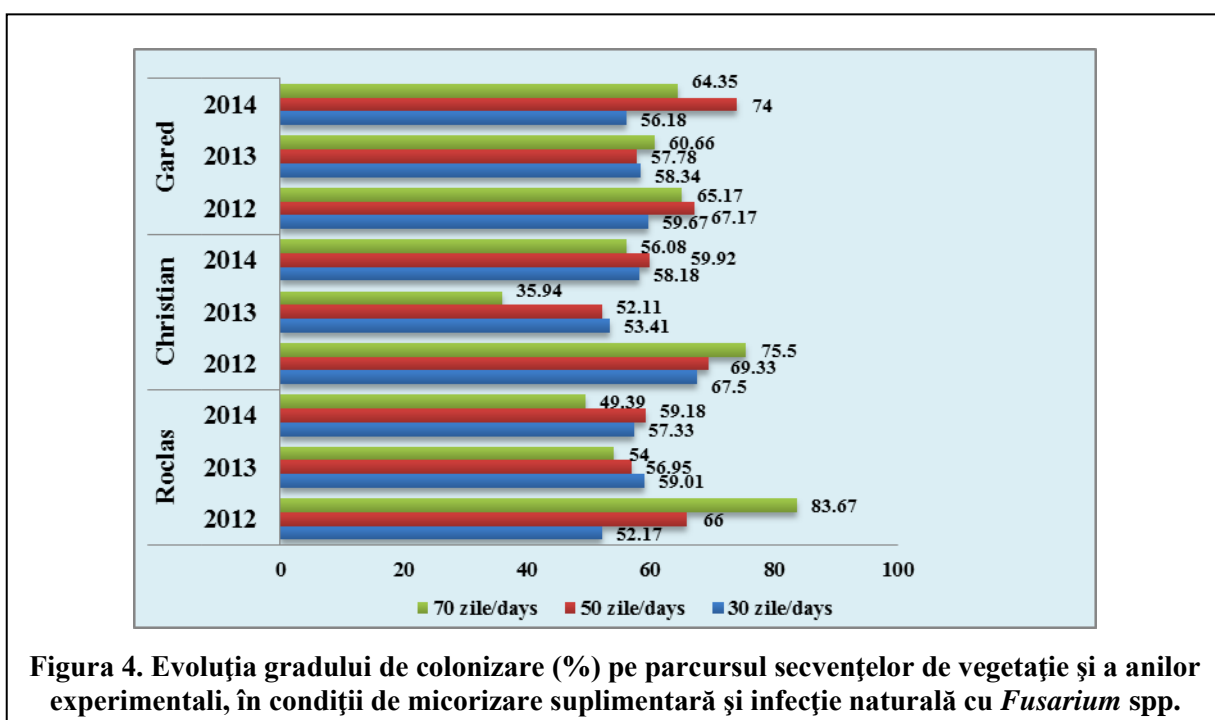


Figura 4. Evoluția gradului de colonizare (%) pe parcursul secvențelor de vegetație și a anilor experimentali, în condiții de micorizare suplimentară și infecție naturală cu *Fusarium* spp.

Deoarece infecția artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel, în primul an experimental nu a fost realizată la înființarea câmpului experimental, s-au prelevat date

referitoare la influența acestora asupra gradului de colonizare micoriziană începând din a treia secvență de vegetație.

În condiții de micorizare naturală și infecție artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel (Figura 5), soiul timpuriu pe parcursul primului an al experienței a prezentat cel mai ridicat grad de colonizare.

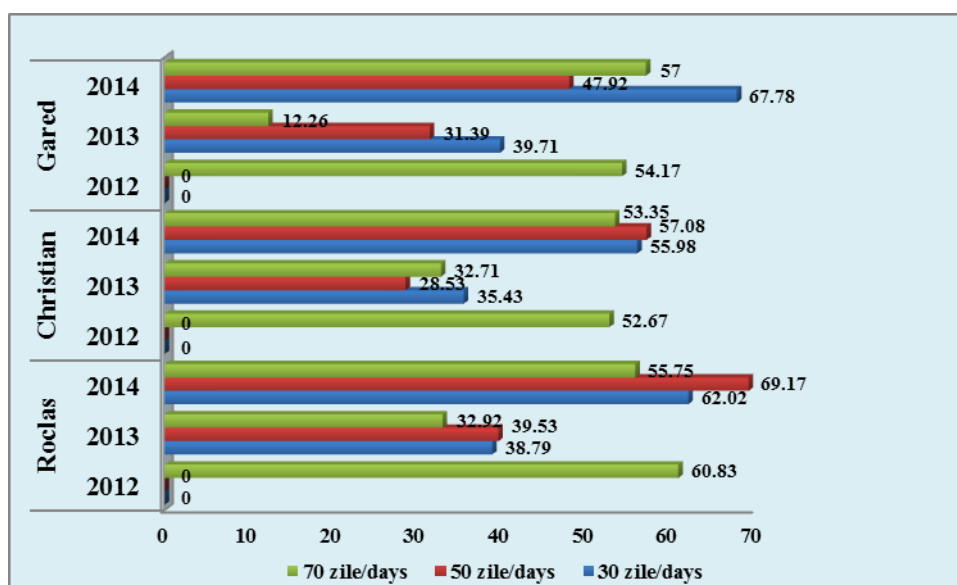


Figura 5. Evoluția gradului de colonizare (%) pe parcursul secvențelor de vegetație și a anilor experimentali, în condiții de micorizare naturală și infecție artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel

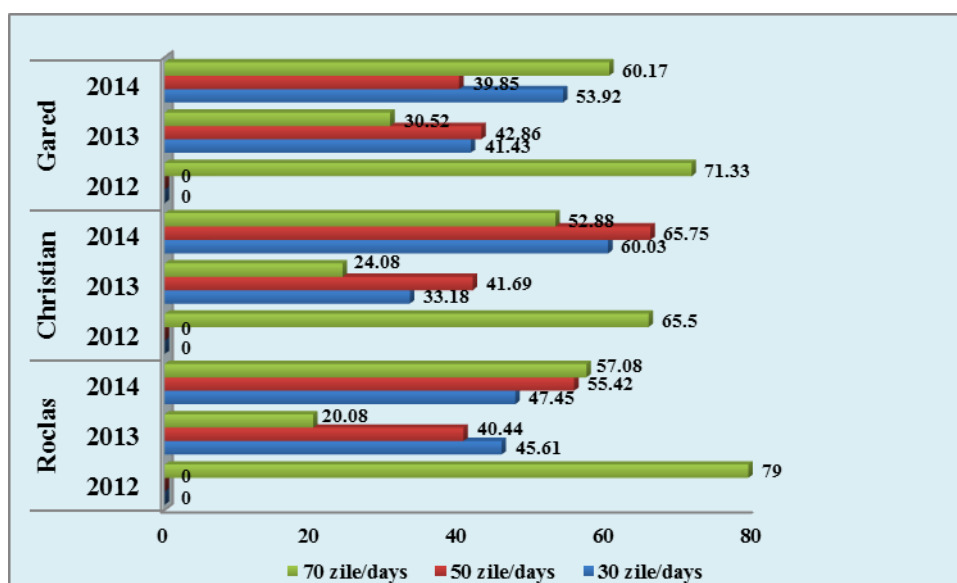


Figura 6. Evoluția gradului de colonizare (%) micoriziană pe parcursul secvențelor de vegetație și a anilor experimentali, în condiții de micorizare suplimentară și infecție artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel

Sub influența micorizării suplimentare, în condiții de infecție artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel (Figura 6), gradul de colonizare micoriziană din sistemul

radicular al celor trei soiuri de cartof studiate a avut valori mai ridicate comparativ cu cele înregistrate în aceleași condiții de infecție dar de micorizare naturală. Acest lucru demonstrează influența pozitivă a micorizelor asupra infecției cu *Fusarium sambucinum* Fuckel.

VIII. REZULTATE PRIVIND PROCENTUL DE COLONIZARE ARBUSCULARĂ

În cadrul acestui studiu s-a analizat impactul infecției naturale și artificiale cu *Fusarium* spp., în condiții de micorizare naturală și suplimentară, asupra abundenței arbusculilor din părțile micorizate ale fragmentelor de rădăcină, respectiv din sistemul radicular, pe parcursul a trei secvențe de vegetație (30 zile, 50 zile și 70 zile de la plantare) în cadrul fiecărui an experimental (2012, 2013, 2014).

1. Analiza abundenței arbusculare din părțile micorizate ale fragmentelor de rădăcină

Evoluția abundenței arbusculare în fragmentele de rădăcină, în condiții naturale de infecție și micorizare (Figura 7), înregistrată în anii experimentali și pe parcursul secvențelor de vegetație a fost una oscilantă pentru toate soiurile de cartof luate în studiu.

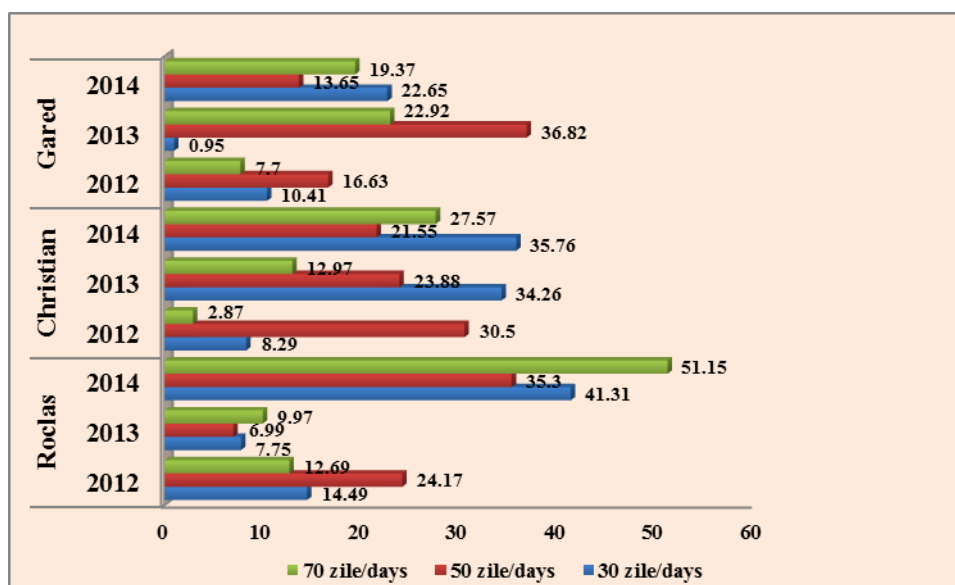


Figura 7. Evoluția abundenței arbusculare din fragmentele de rădăcină (%) pe parcursul secvențelor de vegetație și a anilor experimentali, în condiții naturale de micorizare și infecție cu *Fusarium* spp

Sub influența micorizării suplimentare și în condiții de infecție naturală cu *Fusarium* spp. (Figura 8.) s-a observat faptul că valorile înregistrate ale abundenței

arbusculilor în părțile micorizate ale fragmentelor radiculare au fost mai ridicate pentru toate soiurile de cartof studiate, comparativ cu cele înregistrate în condiții naturale de infecție și micorizare. Acest lucru demonstrează efectul pozitiv al colonizării micoriziene suplimentare asupra parametrului analizat.

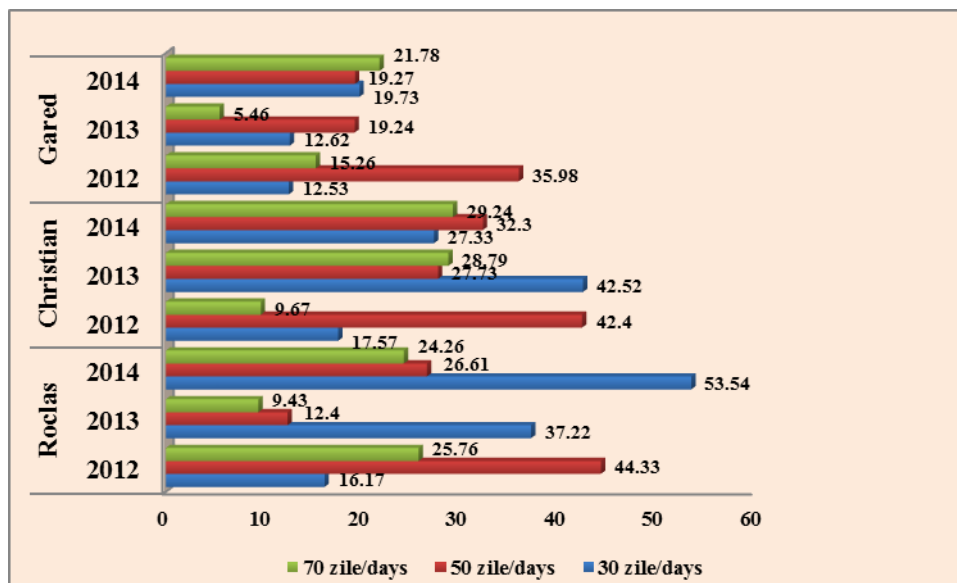


Figura 8. Evoluția abundenței arbusculare din fragmentele de rădăcină (%) pe parcursul secvențelor de vegetație și a anilor experimentali, în condiții de micorizare suplimentară și infecție naturală cu *Fusarium* spp.

În condiții de micorizare naturală și infecție artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel (Figura. 9.), cea mai ridicată valoare a abundenței arbusculare în fragmentele de rădăcină, pe parcursul celei de-a treia secvențe de vegetație, a fost înregistrată în ultimul an experimental pentru soiul semitimpuriu.

Efectul negativ al infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel asupra parametrului analizat, a fost resimțit de majoritatea soiurilor de cartof luate în studiu.

În cazul soiului timpuriu și a celui semitimpuriu a fost evidentă influența micorizării suplimentare în condiții artificiale de infecție cu *Fusarium sambucinum* Fuckel (Figura 10). În condițiile descrise, acestea au înregistrat valori mai ridicate ale abundenței arbusculilor în părțile micorizate ale fragmentelor de rădăcină comparativ cu variantele micorizate natural.

Analiza parametrului în cadrul ultimei secvențe de vegetație a celor trei ani experimentali, a evidențiat soiul timpuriu care în cel de-al treilea an experimental a înregistrat cea mai ridicată valoare a parametrului. La polul opus, cu cea mai mică valoare a parametrului s-a situat soiul tardiv în al doilea an de studiu.

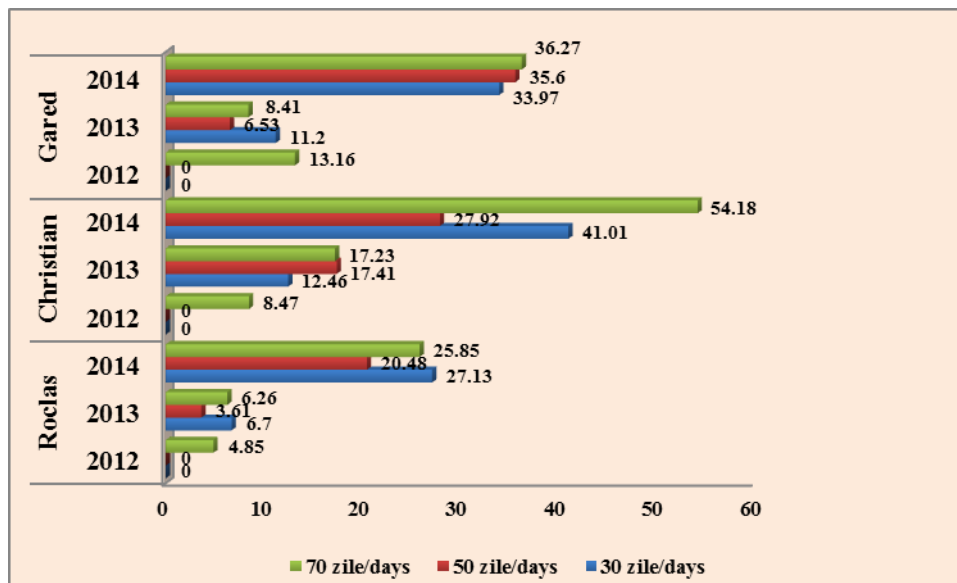


Figura 9. Evoluția abundenței arbusculare din fragmentele de rădăcină pe parcursul secvențelor de vegetație și a anilor experimentali, în condiții de micorizare naturală și infecție artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel

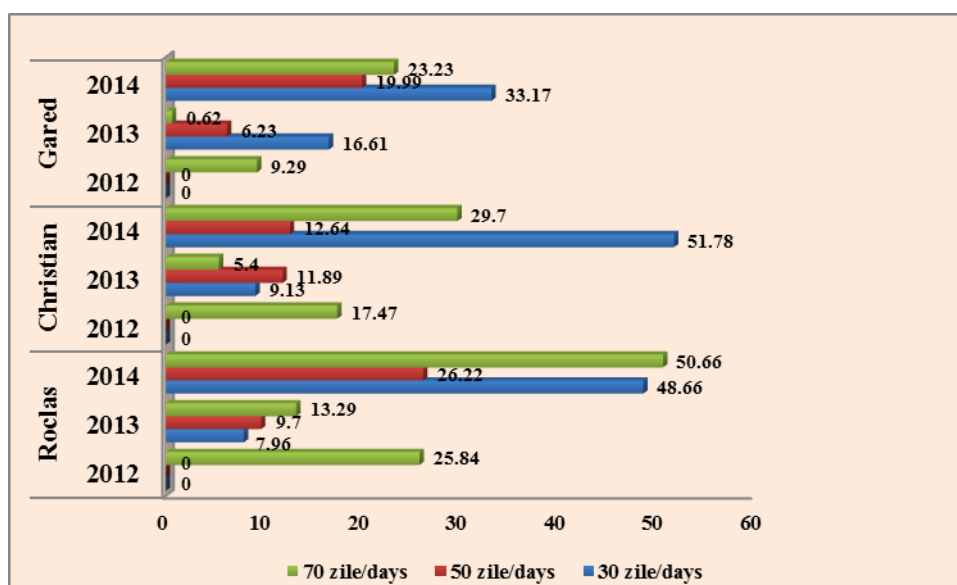


Figura 10. Evoluția abundenței arbusculare din fragmentele de rădăcină (%) pe parcursul secvențelor de vegetație și a anilor experimentali, în condiții de micorizare suplimentară și infecție artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel

2. Analiza abundenței arbusculare din sistemul radicular

Din punct de vedere al evoluției abundenței arbusculilor din sistemul radicular, în condiții naturale de infecție și micorizare (Figura 11.) s-a evidențiat cel de-al treilea an experimental cu cele mai mari valori înregistrate, pentru toate soiurile de cartof luate în studiu.

În condiții de micorizare suplimentară și infecție naturală (Figura 12), valorile abundenței arbusculare din sistemul radicular au fost mai ridicate comparativ cu cele înregistrate în condiții naturale de micorizare, lucru valabil pentru toate cele trei soiuri de cartof studiate.

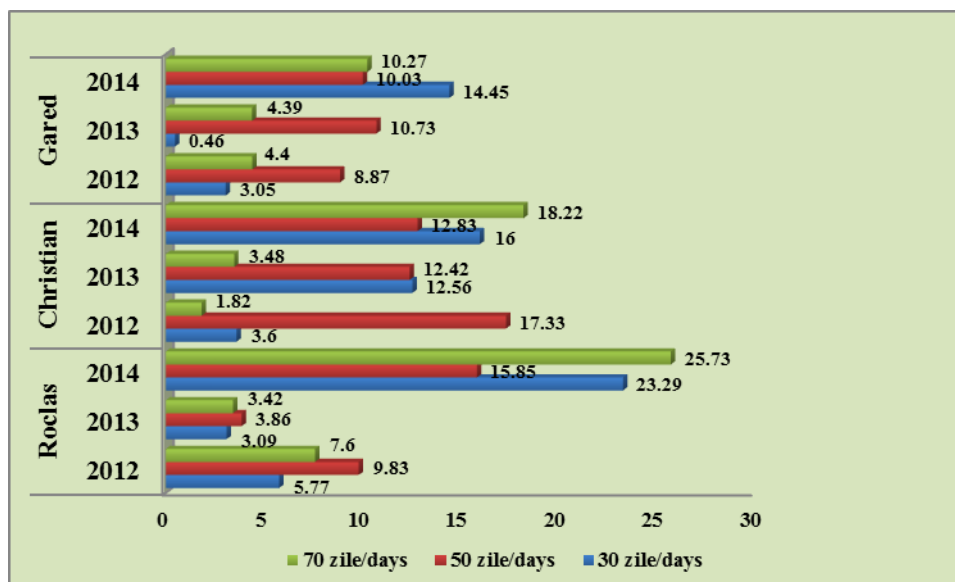


Figura 11. Evoluția abundenței arbusculilor din sistemul radicular (%) pe parcursul secvențelor de vegetație și a anilor experimentali, în condiții naturale de micorizare și infecție cu *Fusarium* spp.

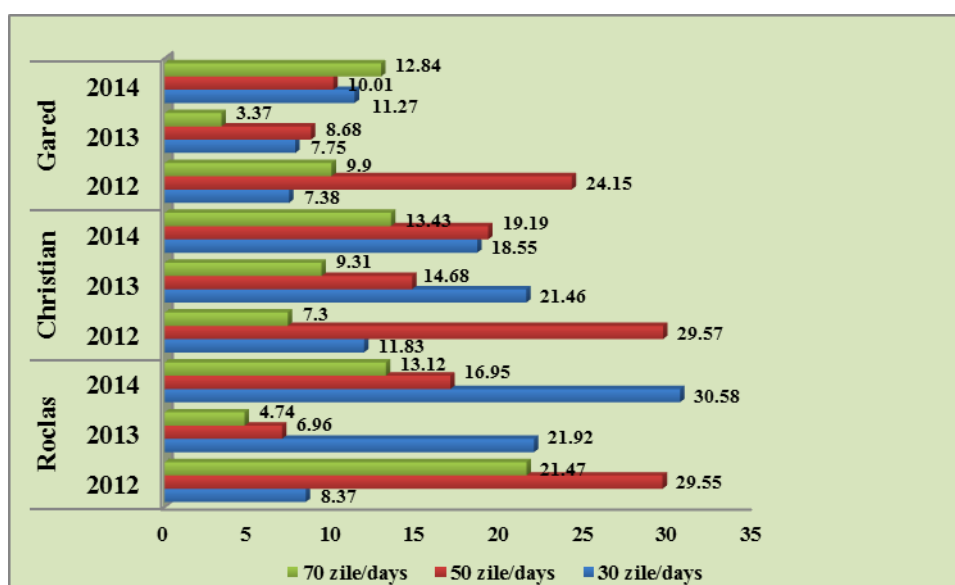


Figura 12. Evoluția abundenței arbusculilor din sistemul radicular (%) pe parcursul secvențelor de vegetație și a anilor experimentali, în condiții de micorizare suplimentară și infecție naturală cu *Fusarium* spp.

În condiții de micorizare naturală și infecție artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel (Figura 13), la o comparație între cei trei ani experimentali, cele mai ridicate valori ale parametrului analizat în cazul tuturor soiurilor studiate s-au înregistrat în cel de-al treilea an experimental.

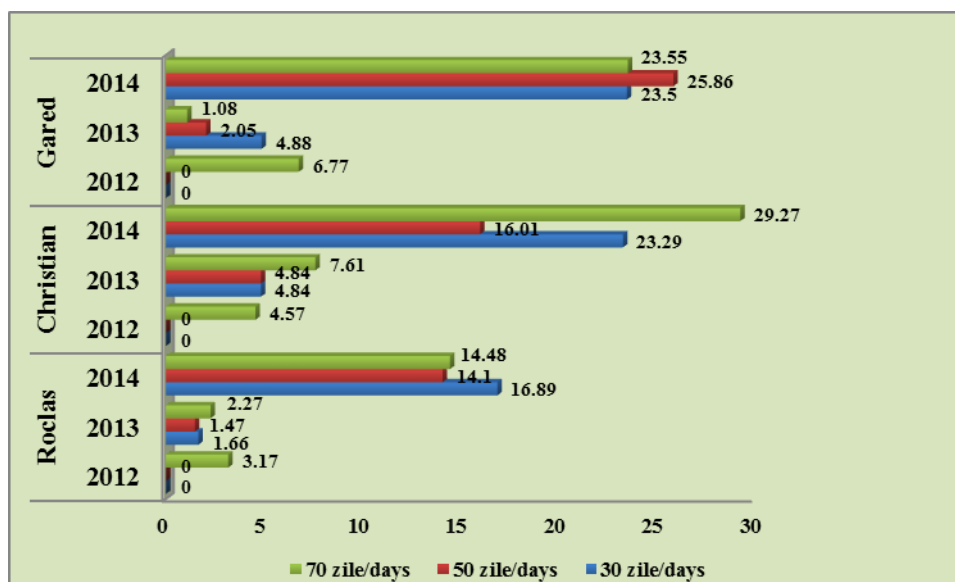


Figura 13. Evoluția abundenței arbusculilor din sistemul radicular (%) pe parcursul secvențelor de vegetație și a anilor experimentali, în condiții de micorizare naturală și infecție artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel

Sub influența micorizării suplimentare și a infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel (Figura 14) abundența arbusculară din sistemul radicular al soiurilor de cartof studiate au prezentat valori mai ridicate decât în condiții de micorizare naturală.

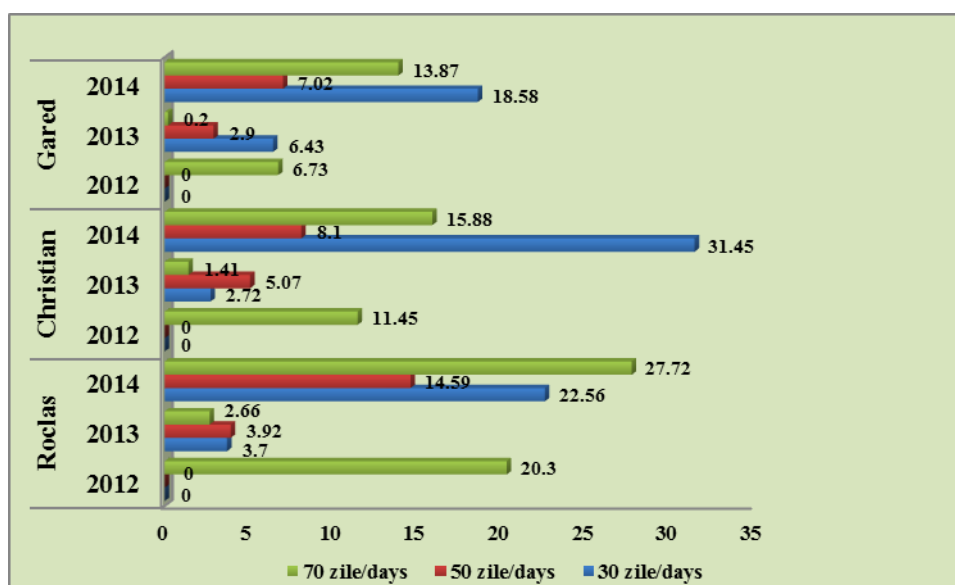


Figura 14. Evoluția abundenței arbusculilor din sistemul radicular pe parcursul secvențelor de vegetație și a anilor experimentali, în condiții de micorizare suplimentară și infecție artificială cu *Fusarium sambucinum* Fuckel

CONCLUZII

1. Micorizarea suplimentară, în condiții de infecție naturală cu *Fusarium* spp., a influențat pozitiv parametrii de dezvoltare ai plantelor de cartof, atât sub aspectul parametrilor de creștere cât și a celor de producție. Acest lucru având o contribuție indirectă la realizarea unui profit mai mare din punct de vedere economic.
2. Inocularea suplimentară cu fungi micorizieni a redus efectul negativ al infecției cu *Fusarium sambucinum* Fuckel asupra dezvoltării plantelor de cartof.
3. Fungii micorizieni au îmbunătățit toleranța plantelor de cartof la atacul patogenului *Fusarium sambucinum* Fuckel prin compensarea pierderii din biomasa rădăcinii și implicit a funcțiilor acestora cauzate de patogen. Acest lucru reprezintă o contribuție indirectă în ceea ce privește rolul simbiozelor micoriziene în controlul biologic, prin compensarea funcțiilor sistemului radicular al plantelor de cartof datorită hifelor fungilor micorizieni care se dezvoltă în sol și cresc suprafața de absorbție a rădăcinilor, dar și prin faptul că mențin activitatea celulară prin formațiunile arbusculare.
4. Simbiozele micoriziene vezicular-arbusculare pot reduce pagubele cauzate de patogenul *Fusarium sambucinum* Fuckel în cadrul culturii de cartof.
5. Rezultatele obținute au demonstrat faptul că micorizele vezicular-arbusculare au redus efectul negativ al infecției cu *Fusarium sambucinum* Fuckel în cazul plantelor de cartof infectate artificial, dar și incidența fuzariozei în condiții naturale de infecție cu *Fusarium* spp..
6. Infecția cu *Fusarium sambucinum* Fuckel a afectat în mod negativ nivelul de colonizare micoriziană în sistemul radicular al plantelor de cartof, atât din punct de vedere al gradului de colonizare cât și al arbuscularității.
7. Efectul de protecție al micorizelor vezicular arbusculare depinde de potențialul virulent și de nivelul de inocul al patogenului în sol.
8. Utilizând o diversitate mai mare de fungi micorizieni în cadrul inoculării suplimentare a rezultat o competiție mai acerbă cu patogenul (*Fusarium sambucinum* Fuckel). Acest lucru poate explica rezultatele obținute, conform cărora nivelul de colonizare micoriziană din sistemul radicular al plantelor

infectate artificial a fost mai scăzut decât în cazul sistemului radicular al plantelor de cartof neinfectate artificial.

9. Condițiile de mediu influențează atât virulența agentului patogen (*Fusarium* spp.) cât și gradul de protecție asigurat de micorizele vezicular arbusculare.
10. Dintre cele trei soiuri de cartof luate în studiu, soiul tardiv (Gared) a fost cel mai puțin influențat ca urmare a micorizării suplimentare, dar și a infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel.
11. Soiul de cartof cel mai influențat în urma inoculării suplimentare cu fungi micorizieni, dar și a infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel a fost soiul semitimpuriu (Christian).
12. Din punct de vedere al anilor experimentali s-a evidențiat cel de-al treilea an (2014) ca fiind anul în care efectul micorizării suplimentare, dar și cel al infecției artificiale cu *Fusarium sambucinum* Fuckel a fost cel mai redus.
13. Evoluția nivelului de colonizare micoriziană în sistemul radicular pe parcursul secvențelor de vegetație luate în calcul, a fost influențată de timpurietatea soiurilor de cartof analizate.
14. În cadrul sistemului radicular al plantelor de cartof s-au întâlnit atât fungi micorizieni vezicular arbusculari de tip *Arum* cât și de tip *Paris*. Acest lucru s-a manifestat atât în cadrul variantelor micorizate natural cât și a celor micorizate suplimentar.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Akthar M.S., Z.A. Siddiqui, 2008, Arbuscular mycorrhizal fungi as potential bioprotectants against plant pathogens. Mycorrhizae: sustainable agriculture and forestry. Springer Netherlands, Dordrecht, The Netherlands, pp. 61-97.
2. Al Askar A. A., Y. M. Rashad, 2010, Arbuscular mycorrhizal fungi: a biocontrol agent against common bean *Fusarium* root rot disease, Plant Pathology Journal 9(1): 31-38.
3. Bhattarai I.D., Mishra R.R., 1984, Study on the vesicular-arbuscular mycorrhiza of three cultivars of potato (*Solanum tuberosum* L.), Plant and Soil 79: 299-303.
4. Carnegie S.F., A.M. Cameron, P. Haddon, 2001, The effect of date of haulm destruction and harvest on the development of dry rot caused by *Fusarium solani* var. *coeruleum* on potato tubers, Ann. Appl. Biol. 139:209-216.
5. Gianinazzi S., H Schüepp, 1994, Impact of arbuscular mycorrhizas on sustainable agriculture and natural ecosystems, Birkhauser, Basel.
6. Gnanamanickam S.S., 2002, Biological Control of Crop Diseases, Marcel Dekker Inc., New York, USA.
7. Harrier L.A., C.A. Watson, 2004, The potential role of Arbuscular Mycorrhizal (AM) fungi in the bioprotection of plants against soil-borne pathogens in organic and/or other sustainable farming systems. Pest Manage. Sci., 60: 149-157.
8. Leslie J.F., B.A. Summerell, 2006, „The *Fusarium* Laboratory Manual”, Blackwell Publishing: Oxford.
9. Lester W.B., E.K. Timothy, T. Len, T.P. Bhiem, 2008, Diagnostic manual for plant diseases in Vietnam, Australian Center for Agriculture Research in Canberra.
10. Muntean L. S., S. Cernea, G. Morar, M. M. Duda, D. I. Vârban, S. Muntean, 2008, Fitotehnie, Editura AcademicPres, Cluj-Napoca.
11. Phillips J. M., D. S. Hayman, 1970, Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid

- assessment of infection, Transactions of the British Mycological Society, 55: 157-160.
12. Pozo M.J., L.C. Van Loon, C.M.J. Pieterse, 2005, Jasmonates - Signals in plant-microbe interactions, J. Plant Growth Regul 23 : 211 – 222.
13. Sagar V., S. Sharma, A. Jeevalatha, S. K. Chakrabarti, B. P. Singh, 2011, „First report of *Fusarium sambucinum* causing dry rot of potato in India”, New Disease Reports 24, 5.
14. Siddiqui Z.A., 2006, A proteomics perspective on biocontrol and plant defense mechanism, PGPR Biocontrol and Biofertilization, Publisher Springer Netherlands, pp. 233-255.
15. Stevenson W.R., R. Loria, G.D. Franc, D.P. Weingartner, 2001, „Compendium of Potato Diseases”, 2nd ed., The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
16. Vierheilig H., A. Coughlan, U. Wyss, Y. Piche, 1998, Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular – mycorrhizal fungi, Applied and Environmental Microbiology 64, 5004-5007.

*<http://www.dijon.inra.fr>

*<http://www.mykorrhiza.eu>

*<http://www.mykorrhizae.com>