

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Putnoky-Csicsó Barna

Gödöllő

2024



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

**Entomopatogén gomba (*Metarhizium
anisopliae* (Metsch.) Sorok.) hatásának
vizsgálata talajlakó kártevőkre az
édesburgonya termesztésében**

Putnoky-Csicsó Barna

Gödöllő

2024

A doktori iskola

megnevezése: MATE, Növénytudományi Doktori Iskola
tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok
vezetője: Dr. Helyes Lajos
egyetemi tanár
MATE, Budai Campus Kertészettudományi

Intézet

Témavezetők: Dr. Balog Adalbert
egyetemi tanár, rektorhelyettes, PhD
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem
Kertészmérnöki Tanszék

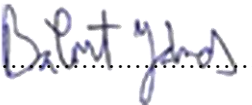
Dr. Bálint János
egyetemi tanár, tanszékvezető helyettes, PhD
Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem
Kertészmérnöki Tanszék

Az iskolavezető jóváhagyása

.....

A témavezetők jóváhagyása


.....


.....

1. A munka előzményei, a kitűzött célok

Az elmúlt évtizedek során jelentős kutatások folytak a mikrobiális növényvédő szerek, különösen a mikoinsekticidok terén, amelyek élő gombákon alapulnak és ízeltlábú kártevők ellen védik a növényeket (Bateman, 2004; Hussain *et al.*, 2014). A *Metarhizium* nemzetséghez tartozó fajok, mint például a *M. anisopliae*, széles körű tudományos érdeklődésre tartanak számot, mivel széles körben alkalmazzák őket a kártevők elleni védekezésben (Kepler *et al.*, 2014; Zimmermann, 2007). Ezek a gombák képesek szimbiotikus kapcsolatot kialakítani a növényekkel, elősegítve azok növekedését (Akello és Sikora, 2012; Barelli *et al.*, 2016). A gomba alkalmazása változó lehet a környezeti feltételektől, a célzott növénytől és kártevőtől függően (Kergunteuil *et al.*, 2016; Mascarin *et al.*, 2019).

Az *M. anisopliae* törzsek és izolátumok, mint a NCAIM 362 törzs, különösen hatékonyak bizonyultak a szántóföldi kísérletekben (Story *et al.*, 1999), de további kutatások szükségesek az *M. melolontha* lárvákkal szembeni hatékonyságuk pontosítására.

Kutatómunkám célja volt, hogy megvizsgáljam az entomopatogén *M. anisopliae* NCAIM 362 törzs (coleoptera lárvák ellen kereskedelmi forgalomba hozott) szolgálhat-e hatékony biológiai növényvédő szerként az édesburgonya *M. melolontha* lárvái ellen? Az édesburgonya-termesztésben mely talajparaméterek befolyásolhatják jelentősen a *M. anisopliae* hatékonyságát? A *M. anisopliae* hatékonyabb édesburgonyában, mint a kémiai rovarirtó?

Célkitűzéseim összefoglalva:

Milyen hatással van szabadföldi termesztésben, a talajtakarók használata a batáta termésátlagára és gumókárosítására nézve, abban az esetben, ha a talajlakó kártevők (cserebogár lárvák) ellen a rovarpatogén gomba (*M. anisopliae*) kezelést alkalmazzuk?

A *Metarhizium anisopliae* entomopatogén gomba, milyen hatékonysággal képes szabályozni a talajlakó cserebogár lárváit, a hagyományos cipermetrin hatóanyag alkalmazásával összehasonlítva?

Milyen jelentőségű az entomopatogén gomba által okozott fertőzöttség és mortalitási arány a cserebogár lárváinak esetében, összehasonlítva a kontrollként nem kezelt növényekkel.

Mennyire befolyásolja a *Metarhizium anisopliae* entomopatogén gomba jelenléte a talaj mikrobiális közösségét és biológiai aktivitását.

Milyen hatással van az általunk vizsgált entomopatogén gomba más kártevők lárváira, például a pontuszi tűzmoly (*Duponchelia fovealis Zeller*), mint potenciális édesburgonya kártevő lárvájára?

2. Anyag és módszer

Elvégzett kísérleteim három kategóriába csoportosíthatóak:

- Szabadföldi talajtakarásos kísérlet
- Fóliasátorba végzett kísérlet
- Laboratóriumi kísérlet

Mind a három kísérlet Romániában, Maros megyében és ezen belül Koronkán, a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Marosvásárhelyi Karának kísérleti területen zajlott, ahol az éghajlat

mérsékelt szárazföldi, az éves átlaghőmérséklet 8-9 °C. A legmelegebb hónap július (18-19 °C közötti), a leghidegebb pedig január (-3 és -5 °C közötti)(Rolston *et al.*, 1987). A talaj típusát tekintve agyagbemosódásos, pangóvízes, vertikális barna erdőtalaj.

Fajta bemutatása

A fajta megnevezése Beauregard, gumójának héja barna színű, valamint a gumó húsa narancssárga, továbbá íze édes, sütőtökhöz hasonlító. Várható terméshozama 1,5-2 kg/tő (Rolston *et al.*, 1987).

A Beauregard fajta 95 napos tenyészidejű, hidegebb övezetekben kertészkedők számára ajánlott, mivel a 100 napnál hosszabb tenyészidejű fajták kevésbé ajánlatosak. Formája egyenletes, jó terméshozamú, repedésmentes. Gyorsan érlik, enyhén nedves, viszont jól tárolható (Rolston *et al.*, 1987).

2.1. Szabadföldi talajtakarásos kísérlet

Az édesburgonya növényeket 4 leveles fejlettségi szakaszban kaptuk meg, majd 8 sorban telepítettük el, amelyet 4 parcellába ismételtünk, ahol minden sorban 22 növény volt található. A sortávot 2 méterre, a tőtávot 0,5 méterre állítottuk be. A talaj típusa csernozjom volt, valamint annak pH-értéke 6,5 volt. Fontos megjegyezni, hogy a *M. melolontha* lárvák fertőzését a környező tölgyesek és gyümölcsösök is befolyásolták, melyek mintegy 200 méterre voltak a kutatási területtől. Ezen a területen főleg alma-, körte- és szilvafa van telepítve, így hatással lehetnek a kártevők jelenlétére.

A nyolc sor és az egyes sorokon belül található 22 növény közül egy részt kezeltünk komposzttal, míg másik részét komposzt nélkül hagytuk,

valamint egy részét agrofóliával, míg másik részét agrotexittel fedtük le (1. ábra).

22 M-	22 M+	22 M-	22 M+	22 M-	22 M+	22 M-	22 M+
21 M-	21 M+	21 M-	21 M+	21 M-	21 M+	21 M-	21 M+
20 M-	20 M+	20 M-	20 M+	20 M-	20 M+	20 M-	20 M+
19 M-	19 M+	19 M-	19 M+	19 M-	19 M+	19 M-	19 M+
18 M-	18 M+	18 M-	18 M+	18 M-	18 M+	18 M-	18 M+
17 M-	17 M+	17 M-	17 M+	17 M-	17 M+	17 M-	17 M+
16 M-	16 M+	16 M-	16 M+	16 M-	16 M+	16 M-	16 M+
15 M-	15 M+	15 M-	15 M+	15 M-	15 M+	15 M-	15 M+
14 M-	14 M+	14 M-	14 M+	14 M-	14 M+	14 M-	14 M+
13 M-	13 M+	13 M-	13 M+	13 M-	13 M+	13 M-	13 M+
12 M-	12 M+	12 M-	12 M+	12 M-	12 M+	12 M-	12 M+
11 M-	11 M+	11 M-	11 M+	11 M-	11 M+	11 M-	11 M+
10 M+	10 M-	10 M+	10 M-	10 M+	10 M-	10 M+	10 M-
9 M+	9 M-	9 M+	9 M-	9 M+	9 M-	9 M+	9 M-
8 M+	8 M-	8 M+	8 M-	8 M+	8 M-	8 M+	8 M-
7 M+	7 M-	7 M+	7 M-	7 M+	7 M-	7 M+	7 M-
6 M+	6 M-	6 M+	6 M-	6 M+	6 M-	6 M+	6 M-
5 M+	5 M-	5 M+	5 M-	5 M+	5 M-	5 M+	5 M-
4 M+	4 M-	4 M+	4 M-	4 M+	4 M-	4 M+	4 M-
3 M+	3 M-	3 M+	3 M-	3 M+	3 M-	3 M+	3 M-
2 M+	2 M-	2 M+	2 M-	2 M+	2 M-	2 M+	2 M-
1 M+	1 M-	1 M+	1 M-	1 M+	1 M-	1 M+	1 M-
P.III S1	P.III S2	P.III S3	P.III S4	P.III S5	P.III S6	P.III S7	P.III S8
K-	K+	K-	K+	K-	K-	K-	K+
Fol	Fol	Fol	Fol	Text	Text	Text	Text

1. ábra - A szabadföldi kísérleti terület kezeléseinek elhelyezkedése, ahol P=parcella, S=sor, K+=komposzt hozzáadása, K-=komposzt hiánya, Fol=agrofólia, Text=agrotexittel, M+=Metarhizium anisopliae kezelés, M-= Metarhizium anisopliae kezelés nélkül.

Mindegyik sorban az édesburgonya növények felét *M. anisopliae* NCAIM 362 törzzsel kezeltük, míg a másik felét kontrollként vizsgáltuk, ahol nem alkalmaztunk *M. anisopliae*-t. Mindezeket a kezeléseket négyszer megismételtük, így összesen nyolc ismétlést kaptunk minden típusra. A *M. anisopliae* kezelést, szuszpenzió formában juttattuk ki (Biovéd 2005 Kft-től vásárolt Metarhizium anisopliae, NCAIM 362 törzs), amelyre június 27-én került sor, miután gondosan ellenőriztük az

összes növényt. A növényeken nem észleltünk sem növényi kórokozók tüneteit, sem kártevők okozta károkat és minden növény az entomopatogén gombás kezelés hozzáadásakor a megfelelő fejlettségi szakaszban volt.

2.2. Fóliasátorba végzett kísérlet

A fóliasátorban 210 növényt helyeztünk el egy kísérleti parcellában, három különböző kezelésben: kontroll (70 növény), *M. anisopliae* kezelés (70 növény) és α -cipermetrin kezelés (70 növény). Minden kezelést további két alcsoportra osztottunk, egyikben jelen voltak *M. melolontha* lárvák (P+), míg a másik alcsoportban azok nélkül (P-). Minden kezelést hét alkalommal ismételtük meg. A növényeket kezdetben 30 literes műanyag edényekbe ültettük, ahol az univerzális virágföld és tőzeg aránya 2:1 volt, hogy a talaj pH-értékét szántóföldi körülményekhez hasonlóan alakítottuk ki. **(2. ábra)**

A növényeknek két alkalommal adtunk mikro- és makroelemeket (N13 P6 K20 + Ca10 + Mg2,5 + ME): először az ültetés után, majd később, július közepén, mindkétyszer automatizált Dosatron® rendszereket használva, mely a csepegtető öntözőre volt kapcsolva.

számoltuk meg, hogy kézzel kikerestük a lárvákat a tartályokból, miután a növényeket a betakarítás során eltávolítottuk.

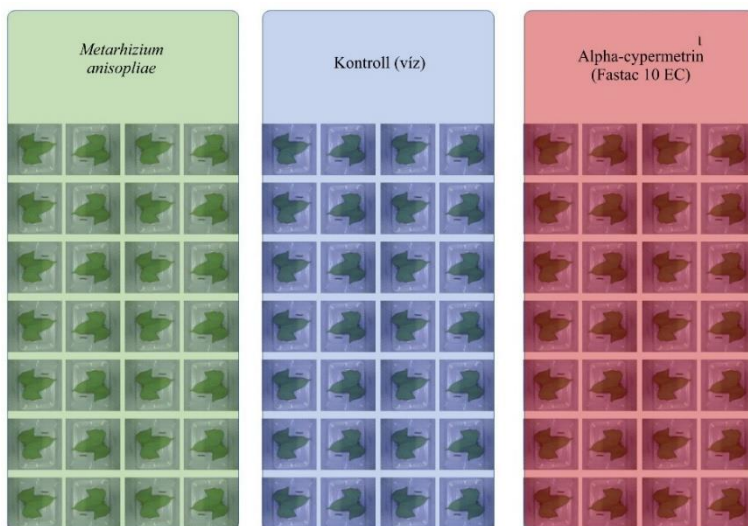
2.3 Laboratóriumi kísérlet

A pontuszi tűzmollyal (*Duponchelia fovealis*) végzett kísérletek 2020 nyarán kezdődtek a lárvák édesburgonya talajba juttatásával. Annak ellenére, hogy a szakirodalomból már kiderült, hogy a pontuszi tűzmoly károsítja az édesburgonyát, (Roditakis *et al.*, 2019) a kísérlet korai fázisában további vizsgálatokat végeztünk azért, hogy egyértelműen meghatározzuk, hogy a *Duponchelia fovealis* ténylegesen kárt okoz-e az édesburgonya levelein. Ezen vizsgálatok eredményeként egyértelműen sikerült igazolni, hogy a pontuszi tűzmoly valóban károsítja az édesburgonya leveleit.

Ezt követően közeli virágkertészetből gyűjtöttünk 200 lárvát, majd ezek közül 120 egyforma, sérülésmentes hernyót válogattunk ki. Az összegyűjtött lárvákat szigorúan elkülönítettük egymástól annak érdekében, hogy elkerüljük a kannibalizmust. Mindegyik lárvát egy 90x90x60 mm-es műanyag tartályba helyeztük, három napon keresztül etettük friss, kezeletlen édesburgonya levelekkel, hogy a lárvák számára növényvédőszer-mentes körülményeket biztosítsunk. A növények előzetes kezelést nem kaptak és saját nevelésű anyanövények voltak. A lárvák táplálékul szolgáló leveleit a kísérlet során háromszor cseréltük, hogy mindig friss táplálékhoz jussanak, és ne befolyásolja a kondíciójukat a levelek minősége.

Az edényekbe egyszeri kezeléseket hajtottunk végre, mindegyiket egy permetező segítségével egységesen 20 cm távolságról permeteztük be. A 120 mintából 40-et kezeltünk 1%-os *Metarhizium anisopliae*, NCAIM

362 törzs szuszpenziójával. A *Metarhizium* kezelést a Biovéd 2005 Kft-től vásároltuk, akik izolálták és kereskedelmi felhasználásra előállították a készítményt. További 40 mintát kezeltünk Fastac Active rovarirtóval, melynek hatóanyaga az alfa-cipermetrin 50 g/l koncentrációban. Az utolsó 40 mintát kontrollként desztillált vízzel permeteztük be. 12 óra elteltével, majd 24, 48 és 72 óra elteltével ismét meghatároztuk az elpusztult lárvák számát. A teljes kísérletet három ismétlésben végeztük el, ugyanazt a protokollt alkalmazva (3. ábra)

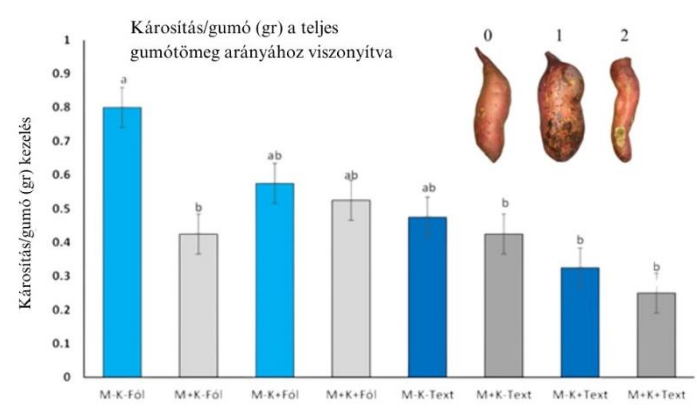


3. ábra - A pontuzsi tűzmollyal (*Duponchelia fovealis*) végzett kísérlet beállítása

3. Eredmények

3.1. A szabadföldi vizsgálatok eredményei

A károsításra vonatkozó adatok nem különböztek statisztikailag a fóliával, komposzttakarással és gombás kezeléssel vagy anélkül kapott adatoktól, ugyanakkor nem tértek el jelentősen a komposzt és *M. anisopliae* nélküli textiltakarással kapott adatoktól sem. Összességében a *Melolontha* lárvák kisebb mértékű károsítását mutatták ki, amikor az édesburgonyát *M. anisopliae* NCAIM 362 törzssel kezelték, és agrotexittel történő borítást alkalmaztak (4. ábra)



4. ábra - A batáta gumók károsodásának vizsgálata az eltérő kezelésekből (ANOVA, Tukey's HSD teszt alkalmazásával).

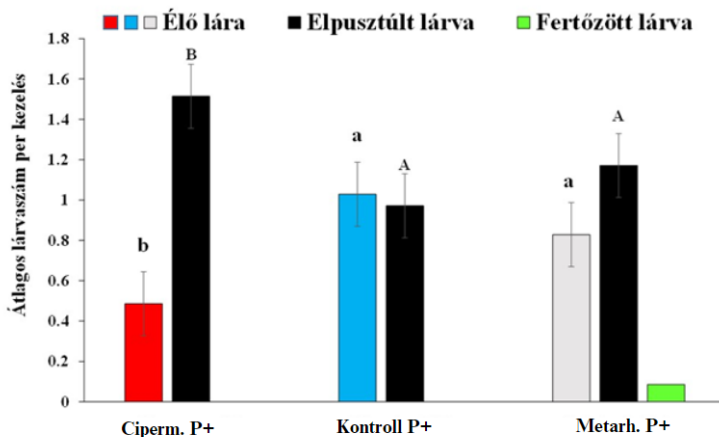
3.2. Fóliasátorba végzett kísérlet eredményei

Amíg a termésmegben (átlagosan 1700 g/növény) nem volt megfigyelhető jelentős eltérés, addig a *M. melolontha* lárvák túlélése és károsodása tekintetében jelentős eltérések voltak a kezelésekből. Az alfa-cipermetrinnel kezelt parcellákon szignifikánsan kevesebb túlélő

lárvaát mutattunk ki (CipermpP+ControlP+ $U=3.2$, $p<0.01$; CipermpP+MetarhP+ $U=3.0$, $p<0.01$), ugyanakkor nem volt eltérés a *Metarhizium* kezelések és a kontroll között (MetarhP+ControlP+ $U=0.67$, $p<0.23$), ahol általában a lárvaék fele volt életben a vizsgálatok végén.

Az elpusztult lárvaék száma magasabb volt az alfa-cipermetrinnel kezelt parcellákon (CipermpP+ControlP+ $U=4.1$, $p<0.01$; CipermpP+MetarhP+ $U=3.9$, $p<0.01$) és szintén nem volt jelentős eltérés a *Metarhiziumos* kezelések és a kontroll között (MetarhP+ControlP+ $U=0.88$, $p<0.56$).

A lárvaék gombás fertőzésére utaló jeleket szinte egyáltalán nem észleltünk (10 *Metarhiziummal* kezelt edényben átlagosan egy fertőzött lárvaát találtunk) a kísérlet végén az M+ kezeléseknél, ami nem tette lehetővé a statisztikai elemzést (5. ábra)



5. ábra - Átlagos élő, elpusztult és gombával fertőzött *Melolontha* lárva (n=35). Az eltérő betűk statisztikailag eltérő értékeket mutatnak. Alfa-cipermetrin (piros oszlop), kontroll (kék oszlop) és *Metarhiziumos* kezelés (szürke oszlop).

3.2.1. Az édesburgonya termőtalajának kémiai elemzése

Az édesburgonya talaj reprezentatív elemösszetételét öt mérésből átlagoltuk. Mivel kis mennyiségű mintát használtunk, a 0,5 alatti eredményeket kvalitatív információnak tekintjük, mivel ezek az elemek csak nyomokban jelennek meg. Az édesburgonya talajának kémiai összetételében nem tapasztaltunk különbséget a kezelések között (**1. táblázat**).

1. táblázat – Az édesburgonya talajának kémiai összetétele. Az adatok kezelésként öt minta átlagából lettek kiszámolva. ($p \leq 0,1$, Tukey HSD teszt).

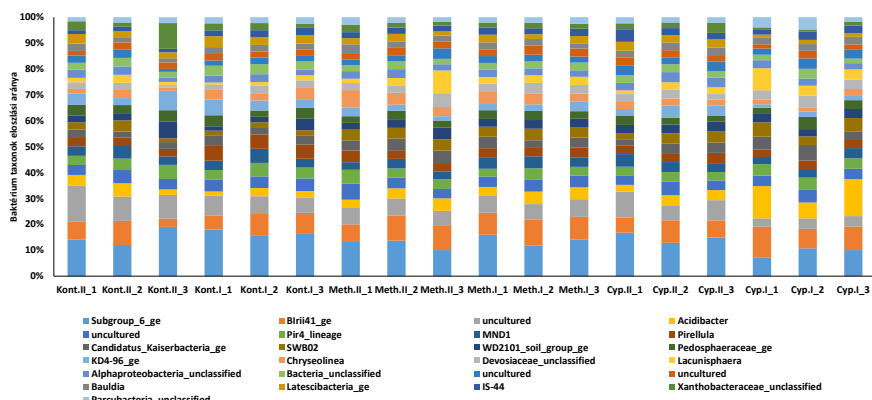
Elements	KontrollP+	KontrollP-	Metarh.P+	Metarh.P-	Ciperm.P+	Ciperm.P-	*
C	47.379	41.403	47.043	44.720	51.307	47.773	a
Na	0.122	0.108	0.109	0.079	0.191	0.111	a
Mg	0.328	0.334	0.330	0.414	0.354	0.265	a
Al	1.715	1.668	1.606	2.133	1.261	1.501	a
Si	4.648	7.114	4.184	5.816	3.131	6.456	a
P	0.131	0.220	0.132	0.158	0.133	0.104	a
S	0.251	0.150	0.210	0.348	0.220	0.148	a
Cl	0.022	0.010	0.016	0.011	0.019	0.019	a
K	0.623	0.395	0.364	0.540	0.587	0.242	a
Ca	3.255	4.570	3.706	2.198	1.968	1.908	a
Ti	0.087	0.100	0.077	0.140	0.070	0.048	a
Mn	0.040	0.068	0.041	0.072	0.010	0.020	a
Fe	1.362	2.337	1.122	1.294	0.876	0.722	a
Cu	0.216	0.202	0.253	0.348	0.246	0.310	a
Zn	0.186	0.152	0.222	0.272	0.188	0.253	a
Mo	0.038	0.029	0.030	0.098	0.092	0.086	a

3.2.2. Az édesburgonya termőtalajának mikrobiológiai vizsgálata és biológiai aktivitása

A mintákból összesen 697 221 kiváló minőségű bakteriális 16S rRNS génszekvenciát nyertünk (mintánként $38\ 734 \pm 9\ 336$ leolvasás). A Good féle lefedettségi értékei minden esetben magasabbak voltak, mint 0,94,

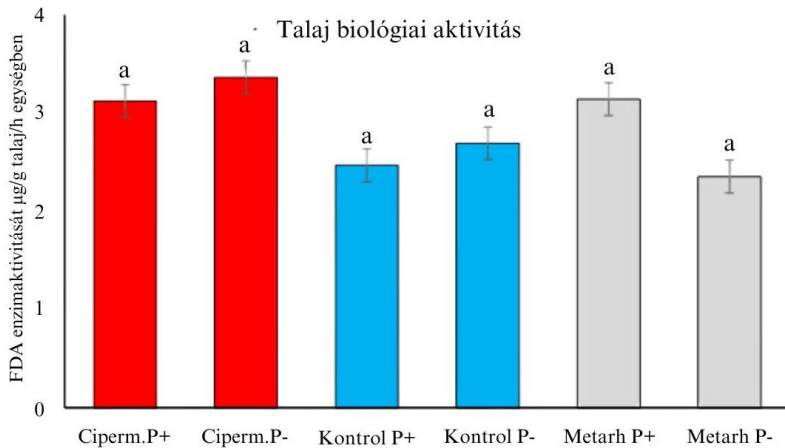
ami azt jelzi, hogy a szekvenálási pontosság elegendő volt az összes főbb bakteriális taxon kimutatásához (S5, S6, S7 ábra és S1 táblázat kiegészítő online anyagok).

Összeségében elmondható, hogy a kontrollal összehasonlítva nem volt eltérés a talajok bakteriális közössége között abban az esetben sem, amikor az entomopatogén gombakezelés, vagy a cipermetrines kezelés volt alkalmazva, vagyis nem feltételezhető semmi féle kompetíció a talaj mikroorganizmusok és a gomba között (**6. ábra**).



6. ábra - Az édesburgonya talajában kimutatott leggyakoribb baktérium génezusok eloszlása az eltérő kezelések között. A kimutatást a 16S rRNA gén amplifikációja alapján végeztük Illumina MiSeq platformon (Genomics Core Facility RTSF, Michigan State University, USA).

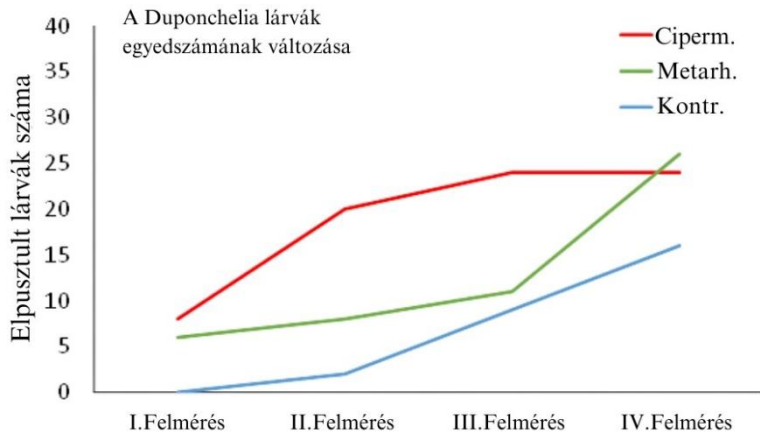
A baktérium diverzitáshoz hasonlóan, nem volt eltérés a talajok biológiai aktivitásában sem, minden esetben nagyon hasonló biológiai aktivitás volt jellemző függetlenül a kezelések típusától, vagy annak hiányától (**7. ábra**).



7. ábra- Talaj biológiai aktivitása az eltérő kezeléseken. A fluoreszein koncentráció meghatározása spektrofotométerrel (PG Instruments T60 UV/VIS spektrofotométer) 490 nm-en történt. A talajszondák FDA enzimaktivitását µg/g talaj/h-ban végeztük.

3.3. A laboratóriumi kísérlet eredményei

A *Duponchelia* lárvák esetében nem volt eltérés a rovarölő szeres és a *Metarhiziumos* kezelések között (Metarh-Ciperim $U=0.7$, $p<0.21$), ugyanakkor az elpusztult lárvák száma a kontroll esetében jelentősen kisebb volt (Metarh-Control $U=2.7$, $p<0.01$, (Ciperim-Control $U=3.1$, $p<0.01$). Hasonló eredményeket kaptunk a kezeléseket túlélt lárvák esetében is (Metarh-Ciperim $U=0.72$, $p<0.41$, Metarh-Control $U=3.1$, $p<0.01$, Ciperim-Control $U=2.8$, $p<0.01$) (**8. ábra**).



8. ábra - A *Duponchelia* lárvák egyedszámának változása a vizsgálat során. Kruskal-Wallis és Mann-Whitney teszt (n = 40).

4. Következtetések és a javaslatok

Vizsgálatunk kimutatta, hogy szabadföldi körülmények között, komposzttal és anélkül, valamint különböző talajtakarással (fólia vagy textil), kisebb volt a *Melolontha* lárvák által okozott kártétel, ha az édesburgonyát *M. anisopliae* NCAIM 362 törzsszel kezeltük.

A *M. anisopliae* és az alfa-cipermetrin inszekticid hatását összehasonlítva szignifikánsan kevesebb túlélő lárva mutatott ki alfa-cipermetrinnel, és nem mutattunk ki különbséget a *Metarhizium*-kezelés és a kontroll között. Hasonló hatást észleltek más szerzők a *Polyphylla fullo* (Coleoptera: Scarabaeidae) lárvák mortalitására, ahol a fiatal és idősebb lárvák *M. anisopliae* által okozott legmagasabb mortalitási aránya 74,1 és 67,6%

között mozgott (Erlar and Ates, 2015). A lárvák átlagosan csak 50%-a pusztult el a kísérlet végére az *Metarhizium* kezelések során.

Összességében ez azt sugallja, hogy a *Metarhizium* NCAIM 362 törzs WP készítményben (ajánlott és kereskedelmi forgalomba kerül a *coleoptera* lárvák ellen) kevésbé hatékony, mint az alfa-cipermetrin a *Melolontha* lárvák ellen, így jövőbeli alkalmazása az édesburgonya elleni védekezésben bizonytalanná válik. Ezt az a tény is alátámaszthatja, hogy a kísérlet végén csak kis mennyiségű *Melolontha* lárvánál figyeltük meg a gombás fertőzés jeleit (átlagosan egy fertőzött lárva 10 *Metarhiziummal* kezelt edényben).

Az édesburgonya-gumók károsítási aránya szoros összefüggést mutatott a lárvák túlélési arányával. Az alfa-cipermetrin esetében szignifikánsan kisebb károsodást figyeltünk meg, és nem volt különbség a *Metarhizium* és a kontroll között.

Kísérletünkben a talaj kémiai összetételében, a mikrobiális közösségben és a talaj biológiai aktivitásában nem tapasztaltunk különbséget sem a kezelések, sem a kontroll esetében. A *Melolontha* lárvákra tehát nem hatottak más talajban élő mikroorganizmusok, egyértelműen kijelenthető, hogy a *M. anisopliae* NCAIM 362 törzssel nem tudunk hatékonyan védekezni a *M. melolontha* ellen édesburgonyában. Ez többféleképpen magyarázható.

Az egyik lehetséges oka az lehet, hogy a talajban élő lárva és a gomba között hosszú evolúciós kapcsolat van, tehát akár genetikai rezisztencia is kialakulhatott egyes talajlakó kártevők esetében. A másik kérdés, a gomba entomopatogén hatékonyságában az ultraibolya fény jelenléte a nem védett terepi körülmények között, amely jelentős negatív hatással volt pl. a *M. flavoviride* csírázására (Yoder *et al.*, 2017).

A *Metarhizium* hatását a *Duponchelia* lárvákra sikerült igazolni, ugyanakkor ebben az esetben a *Metarhizium* és az alfa-cipermetrin kezelések között nem volt különbség az elhullott lárvák között. Más hasonló kutatások több entomopatogén gomba (*M. anisopliae*, *Purpureocillium lilacinum*, *Lecanicillium lecanii* és *Beauveria bassiana*) *Duponchelia* elleni hatását vizsgálta.

Kimutatták, hogy a leghatékonyabb kombináció a *M. anisopliae* és a *B. bassiana* együttes felhasználásával jött létre (Katiski Da Costa Stuart *et al.*, 2020). A közelmúltban *M. anisopliae* törzset tesztelték az *Ips typographus* kéregbogár ellen is szabadföldi körülmények között. Az eredmények azt mutatják, hogy a megcélzott kártevőre a készítmény nem volt hatással, ez mind a lárvák, mind az imágók esetében is hasonló volt. Összességében megállapítható, hogy az alfa-cipermetrin hatékonysága mindkét faj a *M. melolontha* és a *Diabrotica balteata* ellen jelentős és hatékony. A sikeres kártevő gyérítésérdekében a *Metarhizium* nemzetség más izolátumait vagy több gombafaj kombinációját is tesztelni kell, mivel ezek nagyobb potenciállal rendelkezhetnek a *Melolontha* és *Duponchelia* lárvákkal szemben.

5. Új tudományos eredmények

1. Szabadföldi termesztésben a szintetikus talajtakarók típusa nem befolyásolta a batáta termésátlagát, ugyanakkor az agrotextilis talajtakaró esetében, láthatóan kisebb kártételi arány volt megfigyelhető, mint az agrofóliás takarás esetében, azonban nem volt szignifikáns különbség.

2. A rovarpatogén gomba (*Metarhizium anisopliae*) kezelés kifejezetten nem növelte a cserebogár lárvák mortalitását, szemben az alfa-cipermetrines kezelés, amely szignifikánsan nagyobb mortalitást okozott.

3. A *Metarhizium anisopliae* entomopatogén gombakezelés, nem eredményezett változásokat, a talaj biológiai aktivitás szempontjából.

4. A kutatásunk eredményei alapján megállapítottuk, hogy a pontuszi tűzmoly (*Duponchelia fovealis*) lárvája kockázatot hordoz a batátatermesztés szempontjából, mint potenciális lombkárttevő.

5. Elsőként sikerült bizonyítanunk, hogy az általunk vizsgált rovarpatogén gomba (*Metarhizium anisopliae*), a batátatermesztésben nagyobb mértékű mortalitást okozott a pontuszi tűzmoly (*Duponchelia fovealis*) lárvái körében, mint a cserebogár lárvák esetében.

6. Tudományos publikációk

Disszertációhoz kapcsolódó publikációk:

ISI pontszámmal rendelkező folyóiratban megjelent cikk

1. Putnoky-Csicsó, B., Tóth, F., Bálint, J., Kentelky, E., Benedek, K., Fora, GC., Nyárádi, II., Balog, A. (2022). Entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (strain NCAIM 362) effects on soil inhabiting *Melolontha melolontha* (Coleoptera) and *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera) larvae in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Plant Protection Science* 58(3), 264-268. <https://doi.org/10.17221/2/2022-PPS>. (IF. 1,30). Scimago ranking Q3.

2. Putnoky-Csicsó, B., Tonk, Sz., Szabó, A., Márton, Zs., Tóthné Bogdányi, F., Tóth, F., Abod, É., Bálint, J., Balog A. (2020). Effectiveness of the entomopathogenic fungal species *Metarhizium anisopliae* strain NCAIM 362 treatments against soil inhabiting *Melolontha melolontha* larvae in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Journal of Fungi* 6(3), 116, <https://doi.org/10.3390/jof6030116>. (IF. 5,816). Scimago rank D1.

3. Tóthné Bogdányi F, Petrikovszki R, Balog A, Putnoki Csicsó B, Gódor A, Bálint J, Tóth F (2019). Current knowledge of the entomopathogenic fungal species *Metarhizium flavoviride* sensu lato and its potential in sustainable pest control. *Insects* 10(11), 385. <https://doi.org/10.3390/insects10110385> (IF. 2,22). Scimago rank Q1.

A témában megjelent cikkek kumulatív impakt faktora: 9,336

A témához kapcsolódó konferenciakötetben közölt cikk:

1. Putnoky Csicsó Barna, Bálint János, Balog Adalbert, Tóth Ferenc, *Metarhizium anisopliae* entomopatogén gomba alkalmazása édesburgonya (*Ipomoea Batatas*) talajlakó kártevőivel szemben Marosvásárhelyen – előzetes vizsgálatok. In: Haltrich Attila, Varga Ákos (szerk.): 65. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, Tóbiás István Magyar Növényvédelmi Társaság elnöke, 2019, pp. 86–86., ISSN 0231-2956

7. Irodalomjegyzék

- Akello, J. and Sikora, R. (2012), “Systemic acropedal influence of endophyte seed treatment on *Acyrtosiphon pisum* and *Aphis fabae* offspring development and reproductive fitness”, *Biological Control*, Vol. 61 No. 3, pp. 215–221, doi: 10.1016/j.biocontrol.2012.02.007.
- Barelli, L., Moonjely, S., Behie, S.W. and Bidochka, M.J. (2016), “Fungi with multifunctional lifestyles: endophytic insect pathogenic fungi”, *Plant Molecular Biology*, Vol. 90 No. 6, pp. 657–664, doi: 10.1007/s11103-015-0413-z.
- Bateman, R. (2004), “Constraints and Enabling Technologies for Mycopesticide Development”, *Outlooks on Pest Management*, Vol. 15 No. 2, pp. 64–69, doi: 10.1564/15apl07.
- Erler, F. and Ates, A.O. (2015), “Potential of two entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Coleoptera: Scarabaeidae), as biological control agents against the June beetle”, *Journal of Insect Science*, Vol. 15 No. 1, pp. 44–44, doi: 10.1093/jisesa/iev029.
- Hussain, A., Rizwan-ul-Haq, M., Al-Ayedh, H. and Al-Jabr, A. (2014), “Mycoinsecticides: Potential and Future Perspective”, *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, Vol. 6 No. 1, pp. 45–53, doi: 10.2174/2212798406666140613113905.
- Katiski Da Costa Stuart, A., Lee Furuie, J., Aparecida Cassilha Zawadneak, M. and Chapaval Pimentel, I. (2020), “Increased mortality of the European pepper moth *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera:Crambidae) using entomopathogenic fungal consortia”, *Journal of Invertebrate Pathology*, Vol. 177, p. 107503, doi: 10.1016/j.jip.2020.107503.
- Kepler, R.M., Humber, R.A., Bischoff, J.F. and Rehner, S.A. (2014), “Clarification of generic and species boundaries for *Metarhizium* and related fungi through multigene phylogenetics”, *Mycologia*, Vol. 106 No. 4, pp. 811–829, doi: 10.3852/13-319.
- Kergunteuil, A., Bakhtiari, M., Formenti, L., Xiao, Z., Defosse, E. and Rasmann, S. (2016), “Biological Control beneath the Feet: A Review of Crop Protection against Insect Root Herbivores”, *Insects*, Vol. 7 No. 4, p. 70, doi: 10.3390/insects7040070.
- Mascarin, G.M., Lopes, R.B., Delalibera, Í., Fernandes, É.K.K., Luz, C. and Faria, M. (2019), “Current status and perspectives of fungal entomopathogens used for microbial control of arthropod pests in Brazil”, *Journal of Invertebrate Pathology*, Vol. 165, pp. 46–53, doi: 10.1016/j.jip.2018.01.001.
- Roditakis, E., Simoglou, K., Baixeras, J. and Avtzis, D. (2019), “First report of *Duponchelia fovealis* (Lep.: Crambidae) as a pest of sweet potato”, *Biodiversity, Evolution and Systematics (Part I)*, Vol. 4.
- Rolston, L.H., Clark, C.A., Cannon, J.M., Randle, W.M., Riley, E.G., Wilson, P.W. and Robbins, M.L. (1987), “Beauregard’ Sweet Potato”,

- HortScience*, Vol. 22 No. 6, pp. 1338–1339, doi: 10.21273/HORTSCI.22.6.1338.
- Story, R.N., Hammond, A.M., Fuxa, J.R. and Jett, L.W. (1999), “EVALUATION OF BIOLOGICAL CONTROL AGENTS FOR CONTROL OF SOIL INHABITING WHITE GRUBS AND BANDED CUCUMBER BEETLE LARVAE ON SWEET POTATO, 1998”, *Arthropod Management Tests*, Vol. 24 No. 1, doi: 10.1093/amt/24.1.E90.
- Yoder, J.A., Pekins, P.J., Nelson, B.W., Randazzo, C.R. and Siemon, B.P. (2017), “SUSCEPTIBILITY OF WINTER TICK LARVAE AND EGGS TO ENTOMOPATHOGENIC FUNGI - BEAUVERIA BASSIANA, BEAUVERIA CALEDONICA, METARHIZIUM ANISOPLIAE, AND SCOPULARIOPSIS BREVICAILIS”, *ALCES VOL.*, Vol. 53.
- Zimmermann, G. (2007), “Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*”, *Biocontrol Science and Technology*, Vol. 17 No. 9, pp. 879–920, doi: 10.1080/09583150701593963.

