



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

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

DOI: 10.54598/007070

Doktori (PhD) értekezés

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

Tartalom

1. Bevezetés.....	3
2. Célkitűzések	5
3. Irodalmi áttekintés.....	6
3.1. Az édesburgonya jelentősége és termesztéstechnológiája.....	6
3.2. A batáta fontosabb terrikol kártevői	6
3.3. Entomopatogén gombák.....	8
3.4. A batáta növényvédelme a talajlakó kártevőkkel szemben	12
3.5. Talajtakarás.....	13
3.6. A talajok biológiai aktivitásának a meghatározása	14
4. Anyag és módszer	16
4.1. Kísérlet helyszíne	16
4.2. Fajta bemutatása	16
4.3. Kísérlet beállítása	17
4.4. Az édesburgonya-talaj kémiai összetételének vizsgálata	24
4.5. Talajbaktérium közösségek és biológiai aktivitásuk vizsgálata 16S rRNS gén szekvenálással.	25
4.5. Biológiai aktivitás.....	25
4.6. Adatok elemzése.....	28
5. Eredmények.....	31
5.1. A szabadföldi vizsgálatok eredményei	31
5.2. A tenyészedényes vizsgálatok eredményei.....	33
5.3. Az édesburgonya termőtalajának kémiai elemzése	36
5.4. Az édesburgonya termőtalajának mikrobiológiai vizsgálata és biológiai aktivitása.....	36
5.5. Összehasonlító vizsgálatok a <i>Melolontha</i> és <i>Duponchelia</i> lárvák <i>Metarhizium</i> érzékenysége között	39
6. Eredmények megvitatása.....	42
7. Új tudományos eredmények.....	44

8. Összefoglalás.....	45
9. Summary	46
10. Tudományos publikációk	47
11. Irodalomjegyzék.....	49
12. Melléklet.....	55
12.1. Szabadföldi kísérlet	55
12.3. Laboratóriumi kísérlet a pontuszi tűzmoly lárvájával	63
13. Köszönetnyilvánítás	72

1. Bevezetés

A mikrobiális növényvédő szerek és különösen a mikoinszekticidek, élő gombákon alapuló, ízeltlábú kártevők elleni védekezésre szolgáló termékek terén értékes kutatási erőfeszítéseket tettek az elmúlt évtizedekben (Bateman, 2004; Hussain et al., 2014). A *Metarhizium* fajok talajlakó organizmusok, amelyeket világszerte széles körben észleltek, függetlenül az éghajlati és talajtani korlátoktól (Bischoff et al., 2009; Vega és Blackwell, 2005). A nemzetség tagjai fakultatív szaprobionták, és vagy szabadon élhetnek a termőtalajban, vagy megfelelő ízeltlábú gazdaszervezet jelenlétében parazitaként viselkednek (Abrol, 2014; Kepler et al., 2014).

A *Metarhizium* fajokkal kapcsolatos kutatások köre arra utal, hogy a *M. anisopliae* törzsei és izolátumai a nemzetségen belül a legnagyobb tudományos figyelmet kapták, és a mikrobiális kártevők elleni védekezésben is a legszélesebb körben használt organizmusok (Kepler et al., 2014; Zimmermann, 2007).

A *M. anisopliae* törzseit és izolátumait régóta entomopatogéneként ismerik fel, a célzott (gazda) ízeltlábúak széles skálájával, beleértve az atkákat, kullancsokat és a következő rovarrendek tagjait: *Diptera*, *Coleoptera*, *Hemiptera*, *Lepidoptera*, *Isoptera*, *Orthoptera*, *Thysanoptera*, *Homoptera*. Az elmúlt két évtized folyamatos kutatásai azonban azt mutatták, hogy a *M. anisopliae* helyzete és hatása bonyolultabb. Megállapították, hogy a gomba megtelepedik a növényekben a rizoszférán belül, szimbiotikus kapcsolatban áll a növényekkel, elősegíti a növények növekedését. (Akello és Sikora, 2012; Barelli et al., 2016; Elena et al., 2011; Jaber és Ownley, 2018; Liao et al., 2014; Vega et al., 2009). A készítmény, a kijuttatási módok, a célzott környezet (szántóföldi vagy védett termesztés), a célzott növények, a célzott kártevők és a felhasználási stratégiák (inundatív és nem inundatív, vagy konzervatív módon) szerint változók (Kergunteuil et al., 2016; Mascarin et al., 2019; Shah és Pell, 2003; Um et al., n.d.). A *M. anisopliae* izolátumok potenciálját az édesburgonya (*Ipomoea batatas*) kártevői ellen több mint három évtizede tesztelték.

Az egyik legkorábbi beszámoló a gomba hatásosságának szántóföldi körülmények között történő teszteléséről 1998-ból származik, amikor a csíkos uborkabogár (*Diabrotica balteata*) és a fehér bogár (a *Phyllophaga* spp. lárvái) által okozott károkat *M. anisopliae* kezelés után vizsgálták (Story et al., 1999). Bár az ültetés előtti egyszeri alkalmazás ígéretes eredményeket hozott a *D. balteata* ellen, a másik kártevőre (pl. *Melolontha* lárvákra) gyakorolt hatások bizonytalanok

voltak, ami azt sugallhatja, hogy több adat szükséges a *M. anisopliae* hatékonyságának fokozására szolgáló feltételek megtalálására a *M. melolontha* lárvákon (Story et al., 1999). A gomba hatásmechanizmusát édesburgonya zsizsik esetében vizsgálták, amikor a peték számában és az életképes peték arányában kifejezett termékenység még akkor is jelentősen gátolva volt, ha maguk a peték nem érintkeztek a gombával. Úgy tűnt, hogy a *M. anisopliae* jelenléte megváltoztatta a kártevő viselkedését, aminek következtében kevesebb tojást raktak le (Dotaona et al., 2017). A laboratóriumi és a szántóföldi kísérletek együttesen arra utalnak, hogy számos abiotikus és biotikus tényező járul hozzá a *M. anisopliae* kártevők elleni védekezésben történő alkalmazásának sikeréhez és kudarcahoz. Ezek közül több tényező is további figyelmet igényel, mint például a talaj kémiai összetétele, a talaj mikrobióta és a biológiai aktivitás (Jackson et al., 2010; Skinner et al., 2014).

Összességében további információra van szükség arra vonatkozóan, hogy az endofiták milyen mechanizmusokat hoznak létre és milyen kölcsönhatásba lépnek a növényen belül, a *M. anisopliae* esetén pedig az endofita viselkedés kialakulását elősegítő körülményekről (Jaber és Ownley, 2018; Kepler et al., 2017; Vidal és Jaber, 2015). Mivel a *M. anisopliae* hatása a *M. melolontha* lárvákkal szemben édesburgonyában nem volt széles körben vizsgálva, a jelen kutatást során az alábbi kérdéseket próbáltuk megválaszolni A gomba 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?

2. Célkitűzések

A vizsgálatok során az alábbi célkitűzéseket fogalmaztuk meg:

1. 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?
2. A *Metarhizium anisopliae* entomopatogén gomba, milyen hatékonysággal képes szabályozni a talajlakó cserebogár lárváit, a hagyományos cipermetrin hatóanyag alkalmazásával összehasonlítva?
3. Milyen jelentőségű az entomopatogén gomba által okozott fertőzöttség és mortalitási arány a cserebogár lárváinak esetében, összehasonlítva a kontrollként nem kezelt növényekkel.
4. Mennyire befolyásolja a *Metarhizium anisopliae* entomopatogén gomba jelenléte a talaj mikrobiális közösségét és biológiai aktivitását. Ezzel összefüggésben vizsgálni kívánjuk, hogy az entomopatogén gomba jelenléte milyen hatást gyakorol a talajban lévő egyéb mikroorganizmusokra és milyen versengési folyamatok zajlanak le közöttük.
5. Milyen hatással van az általunk vizsgált entomopatogén gomba (*Metarhizium anisopliae*) más kártevők lárváira, például a pontuszi tűzmoly (*Duponchelia fovealis* Zeller), mint potenciális édesburgonya kártevő lárvájára?

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Az édesburgonya jelentősége és termesztéstechnológiája

Az édesburgonya olyan gyökérzöldség, amelyet számos országban (Indiában, Dél-Afrikában és Kínában) napi szinten széles körben fogyasztanak (Behera et al., 2022; Bovell-Benjamin, 2007).

Az édesburgonya jó rost-, vitamin- és ásványianyag-forrás. (Bovell-Benjamin, 2007). Ezenkívül az édesburgonya értékes tápanyag-összetétellel és rendkívül jótékony bioaktív vegyületekkel rendelkezik, beleértve a nagy mennyiségű karotint, élelmi rostot, C-vitamint, foszfátot, cinket és vasat (Afzal et al., 2021; Bovell-Benjamin, 2007). Antioxidáns tulajdonságokkal is rendelkeznek, amely tovább növeli az egészségre gyakorolt pozitív hatását (Bovell-Benjamin, 2007).

Az édesburgonya termesztésének gazdag története van, amely nagyon régre nyúlik vissza. Úgy tartják, hogy az édesburgonyát először az Andok-hegységben termesztették, majd később a világ más részein is meghonosították, beleértve a Csendes-óceáni szigeteket és Afrikát, kereskedelmi termesztése Hawaii-on kezdődött és ma már a világ számos országában termesztik. Napjainkban az édesburgonya a világ egyik legfontosabb emberi fogyasztásra szánt élelmiszernövénye (Afzal et al., 2021; Bovell-Benjamin, 2007).

3.2. A batáta fontosabb terrikol kártevői

3.2.1. A májusi cserebogár (*Melolontha melolontha*)

Az édesburgonya termesztésben kártevő fajok: májusi cserebogár (*Melolontha melolontha*), csapó/kallócserebogár (*Polyphylla fullo*), keleti cserebogár (*Anoxia orientalis/Pilosa*), zöld cserebogár (*Anomala vitis*), rezes cserebogár (*Anomala dubia*), kunsági zöld cserebogár (*Anomala solida*), közönséges áprilisi sárga cserebogár (*Amphimallon assimilis*), valamint a júniusi sárga cserebogár (*Amphimallon solstitialis*) (Jenser et al., 2003)

A májusi cserebogár elterjedése tekintetében főként Dél- és Délkelet-Európa területén fordul elő, legfőképpen sík és dombvidéki területeken, különösen az alföldön és annak környékén. (Jenser et al., 2003)

A lárvát vagy pajort, fehéres ívelt test, nagy fej, erős állkapocs, hosszú, szőrös, jól fejlett sárga lábak jellemzik. 3-4 évbe telik, mire a lárvák teljesen kifejlődnek és minden télen mélyebbre fúródnak a talajba, hogy áttellessenek. Közvetlenül a kikelés után, június végén-júliusban a fiatal

lárva elkezd táplálkozni. Vízsztintesen körülbelül 30 cm-es távolságokat mozog naponta. A lárva az első ősszel 10-20 mm-t, a következő ősszel 30-35 mm-t és harmadik évre eléri legnagyobb méretet, ami 40-46 mm is lehet. Kelet-Európa egyes vidékein a lárvafejlődés négy évig tart. A lárvák a fűfélék és számos kultúrnövény súlyos kártevői lehetnek (Hilfred et al., 2006).

3.2.2. Pattanóbogár (*Elateridae*) lárvák

A kártevők jelentős károkat okozhatnak az édesburgonya tároló gyökereiben, ami termés kieséshez vezethet. Ismeretes, hogy a nagy pattanóbogár lárvák (drótféreg) károsítják a gumókat anélkül, hogy korai, látványos tünetet okoznának. A kutatások azt igazolják, hogy míg a Beauregard édesburgonya fajta érzékeny a drótféreg okozta károkra, addig a Covington fajtában a kártétel kevésbé súlyos (Abney és Kennedy, 2011).

3.2.3. Bolhabogár (*Chaetocnema confinis*)

Az édesburgonya bolhabogár (*Chaetocnema confinis*) az egyik legveszélyesebb kártevője a batátának. Egy kísérlet során, azonban megfigyelték, hogy édesburgonya fajtánként eltérést mutat, a kárképek gyakorisága és súlyossága szignifikánsan alacsonyabb volt a Covington fajtánál, mint a Beauregard fajtánál, két kisparcellás vizsgálatban. A kereskedelmi édesburgonya táblákon végzett felmérések, szintén szignifikánsan kevesebb édesburgonya-bolhabogarak által okozott kárt mutattak ki a Covingtonnal ültetett területeken, mint a Beauregard-al ültetett területeken (Abney és Kennedy, 2011).

3.2.4. Fonálféreg

A fonálféregek közül a gubacsképző fonálféreg, a *Meloidogyne spp* fajok, komoly veszélyt jelentenek, amelyek számos kultúrnövény fő kártevői, beleértve az édesburgonyát (Oloka et al., 2021). Világszerte széles körben elterjedtek és a gyökérgubacs képző fonálféreg jelentős szerepet játszik az évente több milliárd dolláros termésveszteségben. A *Meloidogyne spp* a szántóföldi növények károsítási arányát, világszerte körülbelül 10%-ra becsülik, de ennek nagy részét nem fedezik fel, mivel a kártevő utat nyit, különböző patogén- gombáknak és baktériumoknak (Oloka et al., 2021). Ezek a fonálféreg számos mezőgazdasági haszonnövény gyökérparazitái (Lee et al., 2019). A *Meloidogyne spp.* gyökérgubacsképző fonálféreg fajok közül, a *Meloidogyne incognita* a legfontosabb és legszélesebb körben elterjedt fonálféreg (Oluremi Solomon Osunlola és Fawole, 2015), amely a legtöbb termesztési régióban érinti az édesburgonya növényeket (Lee et al., 2019; Oloka et al., 2021). A fertőzés tünetei gyakran nem specifikusak, ami alábecsült veszteségeket eredményez ezen kártevők által okozott károk miatt (Mello et al., 2022). A lárvák gubacsokat

hoznak létre a gyökerekben és további három vedlésen mennek keresztül, mielőtt kifejlett fonálférgekké alakulnának át, egy-két hónapos életciklussal. Egyes édesburgonya fajták fonálféreg kártétel esetén, hajlamosabbak a repedésre, ha meleg, nedves és homokos talajon termesztik azokat (Oloka et al., 2021). *Meloidogyne spp* fonálférgek obligát endoparaziták, amelyek gubacsokat okozhatnak a fertőzött növények gyökérérészövéiben, megzavarva a talaj tápanyagfelvételi képességét (Cervantes-Flores, 2000).

A kutatások kimutatták, hogy a *M. incognita* patogenitása édesburgonya növényeken a hőmérséklet emelkedésével nő (Osunlola és Fawole, 2015). Ezenkívül a hőmérséklet és más környezeti tényezők jelentősen befolyásolják a kártevő túlélését (Yigezu Wendimu, 2021). Sok fitopatogén kölcsönhatáshoz hasonlóan a növény védekezési és rezisztencia mechanizmusai is fontos szerepet játszanak a károsítási körülményekre adott válaszban. A genetikai adottságok és a biokémiai folyamatok is szerepet játszanak a kártevő elleni rezisztencia és a károsítás szabályozásában (Lee et al., 2019; Sung et al., 2019).

A gyökérgubacs képző fonálféreggel szembeni rezisztenciát egy édesburgonya ültetvényén vizsgálták és kimutatták, hogy a Tanzania, egy domináns afrikai tájfajta, rezisztens az *Meloidogyne spp*-re, míg a Beauregard fajta fogékony (Karuri et al., 2017).

3.2.5. Pontuszi tűzmoly (*Duponchelia fovealis*)

A pontuszi tűzmoly (*Duponchelia fovealis*) egy lepke kártevő, amely Dél-Európa mocsaras területein honos (Araujo et al., 2020a). Több országban, így Portugáliában, Olaszországban, Törökországban és Brazíliában is az üvegházban termesztett növények és a számóca egyik legjelentősebb kártevője (Amatuzzi et al., 2018; Araujo et al., 2020b). Ez az inváziós faj jelentős hatást gyakorolt pl. a brazíliai számóca ültetvényekre, jelentős termésvesztést okozva. Biológiai védekezési lehetőségként, ragadozókat (*Podisus nigrispinus*-t és a *Harmonia axyridis*), de entomopatogén gombákat, például a *Beauveria bassiana* és a *Metarhizium anisopliae* is megjelöltek, melyek jelentős potenciált mutathatnak a *Duponchelia fovealis* elleni védekezésben (Araujo et al., 2020a).

3.3. Entomopatogén gombák

Jelen ismereteink szerint több száz gomba fajról mutatták ki, hogy az ízeltlábúakon élőködik, ezek a gombavilág minden nagyobb rendszertani egységben megtalálhatóak. A rovarpatogén gombák közt mint az alig tünetet okozó ektoparaziták, mint a súlyos betegséget okozó és akár a gazdaszervezetet elpusztító kórokozó egyaránt előfordulnak (Fischl, 2000).

3.3.1. Entomopatogén gombák alkalmazása a növényvédelemben

Az entomopatogén gombák olyan gombák, amelyek megfertőzhetik és elpusztíthatják a rovarokat, így a biológiai növényvédelem ígéretes eszközei lehetnek. A fertőzési folyamat akkor kezdődik, amikor a fertőző ágens (pl. konídium) a rovar kutikulájához tapad, majd mechanikai nyomással és enzimekkel behatol a gazdaszervezetbe (Ferreira és Soares, 2023; Reinbacher et al., 2021).

A gombák bejutnak a rovarok testüregébe, elpusztítják a hemolimfát és a különböző szöveteket, ami végül a gazdaszervezet pusztulásához vezet (Reinbacher et al., 2021). Az entomopatogén gombákat széles körben alkalmazzák ízeltlábú kártevők elleni védekezésben, egyes gomba-izolátumokat e célra a kereskedelemben forgalmazznak (Ferreira és Soares, 2023). A *Metarhizium brunneum* egy gyakran használt entomopatogén gomba, amelyről ismert, hogy számos rovar és pókféléket megfertőz. Kimutatták, hogy a *M. brunneum* izolátumai nagymértékben különbözhetnek a gazdaspecifikusságban, így hatékony biokontroll a kártevők ellen (Reinbacher et al., 2021).

A talajba kijuttatott entomopatogén gombák konídiumok felhasználásával végzett vizsgálatára protokollt dolgoztak ki és az egyik entomopatogén gombatípus, a *M. brunneum* ART2825 javasolt szántóföldi koncentrációja 10^{14} konídium/ha (Reinbacher et al., 2021).

3.3.2. Metarhizium nemzetség

Jelenleg a *Metarhizium* nemzetség a Gombák országán (Fungi), az Ascomycota törzsön, a Pezizomycotina altörzsön, a Sordariomycetes osztályon, a Hypocreomycetidae alosztályon, a Hypocreales renden, a Clavicipitaceae családon belül helyezkedik el (Shah és Pell, 2003). A nemzetség tagjait világszerte gyakran izolálják minden típusú éghajlati viszonyok között, a sarkvidéktől a trópusi régiókig, a különféle talajtípusok talajmintáiból és számos ízeltlábú taxonon megtalálhatók (Jackson et al., 2010; Jaronski, 2010; Kepler et al., 2017; Vidal és Jaber, 2015). A nemzetség nagyon sok helyen való előfordulásának egyik lehetséges magyarázata a kisméretű és hidrofób konídiumok, amelyek a szél könnyen szállíthat egyik helyről a másikra (Kepler et al., 2014).

A konídiumok képzése a nemzetség egyik fő általános morfológiai jellemzője (Vidal és Jaber, 2015), innen ered a tagjai által okozott betegség kezdeti elnevezése is: „zöld mészkor” (Rápó et al., 2018). A konídiumtartók elágazó képződményei fajonként eltérőek lehetnek, és a különböző formájú fialidok is lehetnek egyszeresek vagy többszörösek (Driver et al., 2000a). Részben parazita életmódjuk lehetővé teszi számukra, hogy megtámadják az ízeltlábúakat és

parazitaként növekedjenek a testükön. Megfelelő gazda hiányában e nemzetség tagjai labilis anyagcseréjük miatt szabadon élhetnek a növények rizoszférájában mint szaprofágok (Driver et al., 2000a; Zimmermann, 2007).

3.3.4. *Metarhizium anisopliae* entomopatogén gomba faj

A *Metarhizium anisopliae* volt az első gomba, amely több mint hét rend fajait képes megfertőzni (Aw és Hue, 2017), amelyet világszerte tömegesen állítottak elő és rovar kártevők elleni védekezésre használtak fel. A *Metarhizium* nemzetség, különösen a *M. anisopliae* és az *M. flavoviride* fajkomplexek széles rovargazdakörrel rendelkeznek (Mongkolsamrit et al., 2020). Bár jelenleg a piaci forgalma kicsi (valószínűleg 3% az Egyesült Államokban), ez még mindig elég vonzó a piacon mint biológiai növényvédőszer.

A fajt különféle élőhelyeken találták meg, beleértve a mérsékelt égövi és a közel északi régiók talajait (Bidochka et al., 2001), de izolálták Portugália Algarve régiójában is (Bueno-Pallero et al., 2020). Elsőként 1870-es évek végén izolálták Ukrajnában, eredetileg *Entomophthora anisopliae* nevet adták, mivel *Anisopliae austriaca* (Osztrák szipoly) volt az első gazdaszervezete. Majd a következő évben *Isaria destructornak* keresztelték, viszont mindkét általános elnevezés helytelen volt. Ezért Sorokin 1883-ban egy új általános nevet adott, a *Metarhizium*-ot és az eredeti “*anisopliae*” egyedi név maradt (Bischoff et al., 2009).

Driver és munkatársai genetikai elemzést alkalmazva a *Metarhizium* négy változatát írták le, a *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, *M. anisopliae* var. *anisopliae*, *M. anisopliae* var. *lepidiotae*, *M. anisopliae* var. *majus* (Driver et al., 2000b).

V. J. E. McCauley és R. Y. Zacharuk (1968) kísérlete a *M. anisopliae* hatását vizsgálta négy különböző *Elateridae* (drótféreg) fajon: *Limonius californicus*, *Hypolithus bicolor*, *Ctenicera aeripennis* és *Ctenicera destructor*. A kísérlet során kiderült, hogy az összes fertőzött lárva elpusztult a kezelést követő 40 napon belül. Megfigyelhető volt továbbá, hogy a mortalitás 25 °C-on nagyobb volt, mint 20 °C-on mindegyik drótféreg faj esetében. Az *L. californicus* volt a legérzékenyebb a gombával szemben, az átlagos fogékonyság, csökkenő sorrendben a következő volt: *L. californicus*, *H. bicolor*, *C. aeripennis* és *C. destructor*.

3.3.5. Entomopatogén gomba és rovar kapcsolatok

A konídiumok a *Metarhizium spp* ivartalan spórái és adhéziós stádiumuk döntő fontosságú a gazdaszervezet sikeres megfertőzéséhez. A konídiumok passzív hidrofób erők, elektrosztatikus

erők és fehérje kölcsönhatások kombinációja révén tapadnak gazdájuk viaszos epikutikulájához és a konídiumok kutikulához való tapadását különböző tényezők befolyásolják, például a gazda kutikulájának topográfiája és kémiai összetétele, a gazdaszervezet felszínének hidrofóbitása, a gazda táplálkozási szokásai és a környezeti feltételek (Aw és Hue, 2017). Ezenkívül a hidrofobinok olyan fehérjék, amelyek elősegítik a konídiumok adhézióját a hidrofób epikutikulához. A *M. anisopliae* fertőzési módja adhéziót, csírázást, appresszórium képződést, penetrációt, extrudálást és sporulációt foglal magában. A *M. anisopliae* természetes, szúnyogok (*Aedes spp* *Anopheles spp* és *Culex spp*) és szarvasmarha kullancsok irtására képes (Aw és Hue, 2017).

A *M. anisopliae* terepen való hatékonyságát maximalizálni kell olyan kihívások leküzdésével, mint például lassú hatásmódja és kiszámíthatatlan eredményei és a hatásmechanizmus felgyorsítása érdekében a *M. anisopliae* és *M. acridum* genetikai manipulációját is feltárták. A *M. anisopliae* nem célszervezetekre és a környezetre gyakorolt hatásait a szabadföldi felhasználás előtt mérlegelni kell (Aw és Hue, 2017).

A *Metarhizium anisopliae*, egy entomopatogén gomba számos olyan tulajdonsággal rendelkezik, amelyek hatékony biológiai növényvédő szerré teszik a vízi gazdák, például a *Spodoptera litura* és az *Aedes aegypti* lárvái ellen (Aw és Hue, 2017). A fertőzés pontos módja azonban még mindig nem tisztázott, mivel különböző tanulmányok a vízi gazdaszervezetek fertőzésének eltérő mechanizmusát sugallják. Ezenkívül a *M. anisopliae* törzsek különböző fokú virulenciát mutathatnak a természetes különböző nemzetségeivel szemben (Aw és Hue, 2017). A *M. anisopliae* konídiumainak biokontroll szerként való felhasználásának jelenlegi módszerei gyakran hatástalanok a természetes védekező viselkedése miatt, ideértve a taszítást, az allogroomingot, a riasztó viselkedést, a falak elzárását, a fertőzött tetemek elkerülését vagy eltemetését, az immunválaszt és az aktiválást. Növekedését és fejlődését tekintve a *M. anisopliae* különböző törzsei a megfelelő régiókban lokalizálódnak (Aw és Hue, 2017). A csírázás korai szakaszában a trehalázt glükóz ellátására használják az energiatermeléshez (Aw és Hue, 2017). Csírázás után a spórák megduzzadnak és csíracsőveket képeznek, amelyek appresszóriummá differenciálódnak. A gomba szilárdan tapad a kutikulához Mad1 és Mad2 adhezinek segítségével, amelyek helyettesítik a hidrofobinokat és specifikusak a *M. anisopliae*-re. Végül a *M. anisopliae* konídiumainak csírázását exogén szén- és nitrogénforrások jelenléte indítja el (Aw és Hue, 2017).

Bár a *Metarhizium anisopliae* egy globálisan elterjedt gomba, fontos megjegyezni, hogy a különböző törzsek a megfelelő régiókban lokalizálódnak. Például egy tanulmány megállapította, hogy a *M. anisopliae* Ma275p törzset Thaiföldön, míg az Ma1200 törzset Brazíliában

(Zimmermann, 2007). Egy másik áttekintés a *M. anisopliae* és a *Beauveria bassiana* trópusi környezetben való biológiai ágensként való lehetséges felhasználására összpontosított, kiemelve az Afrikában, Ázsiában és Dél-Amerikában található különböző törzseket (McGuire és Northfield, 2020). Az áttekintés arra is rámutatott, hogy a gombák elterjedésének tanulmányozásakor fontos figyelembe venni a tájelemeket (Meyling és Eilenberg, 2007).

3.4. A batáta növényvédelme a talajlakó kártevőkkel szemben

3.4.1. Biológiai védekezés

Az édesburgonya fontos növény, amelynek földalatti részét hasznosítjuk, ez maga után vonja azt a tényt, hogy a talajlakó kártevők nagy veszélyt jelentenek rá (Jansson és Raman, 1991). A talajban jelenlévő kórokozók is, jelentős veszélyt jelentenek az édesburgonya-termesztésre, ami a föld alatti szövetek rothadásához és a Clorotikus Stunt vírus (SPCSV) terjedéséhez vezet (Patel et al., 2023).

Az édesburgonya termését leggyakrabban károsító talajlakó kártevők közé tartozik az édesburgonya-zsizsik (*Cylas formicarius* Fabr.) és a dohány molytetű (*Bemisia* spp.). (Jackson et al., 2002; Jansson és Raman, 1991). Egy, az édesburgonya-zsizsiken végzett tanulmány kimutatta, hogy a gyógy- és aromanövényekből nyert illóolajok egy potenciális megoldást jelenthetnek a kártevő elleni védekezésben (Nottingham és Kays, 2002; Yang et al., 2010). Ezenkívül beszámoltak az édesburgonya talajkártevőkkel szembeni rezisztenciájára vonatkozó lehetőségekről (Yang et al., 2010). Míg a kártevők elleni védekezésre hagyományosan vegyi anyagokat használnak, a környezeti és egészségügyi hatásokkal kapcsolatos aggodalmak miatt egyre nagyobb az igény a nem vegyi védekezési módszerekre (Cuthbertson és Walters, 2005).

A terrikol kártevők, mint például az édesburgonya-zsizsik, világszerte befolyásolják az édesburgonya termesztést. A zsizsik lárvái károsítják az édesburgonyát, és eladhatatlanná teszik azt (Webb, 2002). Ezenkívül a zsizsik lárvái által okozott kisebb kártétel terpének termelődését eredményezi, ami tovább csökkenti az édesburgonya értékesíthetőségét. Egyes édesburgonya-fajták, mint például a Regal, ellenállnak a zsizsiknek és más kártevő bogaraknak, míg mások, például a Beauregard továbbra is nagyon érzékenyek a zsizsikekre (Webb, 2002). Dél-Floridában a zsizsik (*Diaprepes* spp.), a pajor, köztük a kubai májusi cserebogár (*Phyllophaga bruneri*) lárvái, visszatérő kártevők (Webb, 2002). A rovarirtó szerek magas ára és a növényvédelemmel kapcsolatos ismeretek hiánya komoly kihívást jelent a gazdálkodók számára. A rovarkártevők komoly korlátozó tényezőt jelentenek Afrikában az édesburgonya-termelésben és a gazdálkodók nagyon komoly problémának tekintik őket (Okonya et al., 2014).

3.4.2. Kémiai védekezés

Az édesburgonya-zsizsik elleni védekezés érdekében a gazdák rovarirtó és növekedésszabályozó szerek használatához folyamodtak. Az egyik leghatékonyabb védekezési módszer a szisztémikus rovarölő szerek kijuttatása az ültetés idején, mégis a kontakt cipermetrin az egyik leggyakrabban használt rovarölő (Webb, 2002). Megfigyelték azonban, hogy sok termesztő nem tesz semmit a zsizsikfertőzés visszaszorítására, ami csökkenti a hozamot és az édesburgonya értékesíthetőségét (Randall P., 2021). Ezenkívül a kutatások azt is kimutatták, hogy a növényi kivonatok hatékonyan alkalmazhatók édesburgonyára a rovarfertőzés csökkentésére és a tárológyökerek hozamának növelésére (Igwe et al., 2023).

Egy 2023-ban végzett kutatás során kimutatták, hogy a permetrin és a cipermetrin serkentette a tenyésztett organotróf baktériumok (átlagosan 38,3%-kal) és aktinomiciták (átlagosan 80,2%-kal) szaporodását, valamint gátolta a gombák növekedését (átlagosan 31,7%-kal) és a talaj enzimatis aktivitását, 27,7%-kal csökkentve a talaj biokémiai termékenységi indexét (BA) (Borowik et al., 2023). A permetrin 37,9%-kal csökkentette a terméshozamot a lombos részeknél és 33,9%-kal a gyökereknél, míg a cipermetrin által okozott csökkenés elérte a 16,8%-ot és a 4,3%-ot. (Borowik et al., 2023).

A kémiai talajfertőtlenítés alkalmazása a terrikol kártevőirtásban egyaránt jelent előnyöket és veszélyeket a környezetre nézve. A füstölőszerek hatékonyak a nehezen kezelhető talajkártévők és betegségek elleni védekezésben, de gondos felhasználást igényelnek biocid aktivitásuk és a talaj mikrobaközösségeinek esetleges károsodása miatt, amelyek hozzájárulnak a tápanyag-ciklushoz és a növények tápanyagfelvételéhez (Dangi et al., 2017).

Tanulmányok kimutatták, hogy a fertőtlenítés csökkentheti a baktériumok diverzitását a talajban, bár hatása a mikrobiális gazdagságra és a gombák sokféleségére a használt fertőtlenítőszer típusától és a füstölés időtartamától függ (Castellano-Hinojosa et al., 2022; Li et al., 2022).

3.5. Talajtakarás

A szintetikus anyagokkal történő talajtakarás, amely egyre népszerűbb a mezőgazdaságban jelentős teret nyert az édesburgonya termesztésben is. Polietilénből készült talajtakarók célja, hogy csökkentsék a gyomok és kártevő előfordulását (Wien et al., 1993). A kártevők elleni védekezés kapcsán kimutatták, hogy növeli a talaj hőmérsékletét és páratartalmát, különösen a tavasz korai

szakaszában, ami elősegítheti a termésbeépülés javítását (Dinu et al., 2022). További kutatások kimutatták, hogy a szintetikus talajtakaró a talaj tápanyagainak hatékony felhasználása révén a magasabb termelést is serkentheti. Az édesburgonya-termesztéshez használt szintetikus talajtakarásról kimutatták, hogy a növények mennyiségi és minőségi hozamát egyaránt növeli (Yang et al., 2014).

3.5.1. Agrofólia

A fekete polietilén fólia az egyik leggyakrabban használt anyag a szintetikus mulcsozáshoz. Azt is megállapították, hogy a szintetikus talajtakaró használata javítja a szárazanyagok felhalmozódását az édesburgonya gyökerében, ami jobb termésminőséget és termés hozamot eredményez. Egy előzetes vizsgálat szerint a polietilén fólia mulcsozáshoz való használata az édesburgonya-termelés jelentős növekedését eredményezte. A tanulmány kimutatta, hogy a „Chestnut” fajta esetében mind az összes oldható anyag, mind a keményítő szintje nőtt a talajtakarás után, míg a „Pumpkin” fajta C-vitamin szintje és antioxidáns aktivitása növekedett. (Dinu et al., 2022). A szintetikus talajtakaró használata azonban nem mindig volt pozitív hatással a fajtákra. Például az „Olasz” fajta a talajtakarás következtében csökkent polifenol szintet mutatott, ezért fontos figyelembe venni a használt fajtát a szintetikus talajtakarás alkalmazásának eldöntésekor. (Hou et al., 2015).

3.5.2. Agrotextil

Az agrotexilek megakadályozzák a talaj kiszáradását és fenntartják a homogenitást, ami megnöveli a termés hozamot (Sharma et al., 2022). Azonban ezeknek a textíliáknak a kártevő közösségekre gyakorolt hatása továbbra is tisztázatlan. A mezőgazdasági integrált növényvédelmi programok kidolgozása szempontjából kritikus fontosságú a kártevő közösségek összetételének megértése a különböző termőföldeken. Lehetséges, hogy az agrotexilek nem kívánt hatással lehetnek bizonyos kártevő-populációkra, amelyek adott talajban fordulnak elő (Milosavljević et al., 2016).

3.6. A talajok biológiai aktivitásának a meghatározása

3.6.1. FDA hidrolízis

A mikroszervezetek enzimek segítségével végzik a kémiai átalakításokat, ezért nekünk célszerű az enzimek mennyiségét vizsgálni, hogy információt szerezhessünk a talaj mikroorganizmus összetételéről. Ezek az enzimek csak egyes vegyületcsoportokat képesek bontani vagy csak cellulózt, vagy csak keményítőt, vagy csak fehérjét. A talajban csoportosan

vannak jelen a mikroszervezetek, így a lebontás eredményesebb, mivel segíteni tudják egymás munkáját és gyorsítani tudják a lebontást, ha megfelelő mennyiségben vannak jelen a különböző fajba tartozó mikroszervezetek.

A fluoreszcein-diacetátot (FDA, 3',6' diacetyl- fluoreszcein) számos enzim képes bontani mint például a lipáz, észteráz és proteáz és termékként fluoreszcein keletkezik. A fluoreszcein felszabadul a talajban, amit majd spektrofotometriáson mérni lehet (Green et al., 2006).

A Schnürer és a Roswall módszere volt eddig a leggyakrabban használt, az FDA hidrolízisének a meghatározására, kifejezetten a mikroorganizmusokra lett kifejlesztve és nem volt a talajmintákra optimalizálva. A talajminták eredményeit legfőképpen a Fe és az Al túlzott jelenléte befolyásolja. Az össz-mikrobiológiai aktivitás követése általában alkalmas a szervesanyag körforgalom mérésére is, mivel a szervesanyag több mint 90% áthalad a mikrobiális lebontókon. Egyszerű, gyors és pontos módszernek mondhatjuk mivel egyszerre több mintánál is alkalmazható.

Több vizsgálati eredmény tapasztalata alapján mondhatjuk, hogy az összes gomba, legtöbb baktérium, néhány protozoa és alga mutat FDA hidrolitikus aktivitást (Green et al., 2006). A fluoreszcein diacetátot (FDA) általában a biológiai aktivitás meghatározására használják, ugyanakkor nagyszámú talajminták esetében könnyedén alkalmazható viszont a reagensek költsége és az analízisekhez szükséges idő korlátozott. Ráadásul a többi módszer esetében jelentős mennyiségű veszélyes anyagot pazarolhatnak el.

4. Anyag és módszer

4.1. Kísérlet helyszíne

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) (Kósa és Balog, 2016). A talaj típusát tekintve agyagbemosódásos, pangóvizés, vertikális barna erdőtalaj (**1. ábra**).



1. ábra - Kísérleti terület légi felvétele. (Forrás: Google Maps)

4.2. 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).

4.3. Kísérlet beállítása

4.3.1. I. éves kísérlet

2018 és 2019 között folytatott szántóföldi kísérleteink során az édesburgonya (Beauregard fajta) növényekkel dolgoztunk, amelyeket a Lajosmizsei Édesburgonya Vállalattól, Lajosmizse, Magyarország területéről szereztünk be. 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. Ezen talajválasztás háttérében az állt, hogy a területen dominánsan a *M. melolontha* lárvák voltak jelen. Ennek előzetes vizsgálata során átlagosan egy négyzetméterenkénti 3 lárvát mutattunk ki.

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 lehettek a kártevők jelenlétére.

A kísérlet során az édesburgonya termesztéséhez komposztot és talajtakaró módszereket alkalmaztam (agrofólia vagy textil felhasználásával). (2. ábra).



2. ábra - A szabadföldi kísérleti terület, talajtakarók alkalmazása. (Forrás: Putnoky-Csicsó Barna)

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 (3. 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.IIIS1	P.IIIS2	P.IIIS3	P.IIIS4	P.IIIS5	P.IIIS6	P.IIIS7	P.IIIS8
K+	K+	K+	K+	K-	K+	K-	K+
Fol	Fol	Fol	Fol	Text	Text	Text	Text

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.IVS1	P.IVS2	P.IVS3	P.IVS4	P.IVS5	P.IVS6	P.IVS7	P.IVS8
K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+
Text	Text	Text	Text	Fol	Fol	Fol	Fol

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.IIS1	P.IIS2	P.IIS3	P.IIS4	P.IIS5	P.IIS6	P.IIS7	P.IIS8
K-	K-	K-	K-	K-	K+	K+	K+
Text	Text	Text	Text	Fol	Fol	Fol	Fol

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.IS1	P.IS2	P.IS3	P.IS4	P.IS5	P.IS6	P.IS7	P.IS8
K-	K+	K-	K+	K-	K+	K-	K+
Fol	Fol	Fol	Fol	Text	Text	Text	Text

3. 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 különböző kezeléseket és a talajminőséget különböző jelölésekkel láttuk el, így K+ vagy K- a komposztot, valamint M+ vagy M- az *M. anisopliae* jelenlétét vagy hiányát jelölte.

Az egész rendszert 2018. május végén alakítottuk ki és egy automatikus öntözőrendszerrel láttuk el, amely biztosította, hogy minden növény egyenletes mennyiségű vizet kapjon. A *M. anisopliae* kezelést, szuszpenzió formában juttattuk ki (Biovéd 2005 Kft-től vásárolt Metarhizium

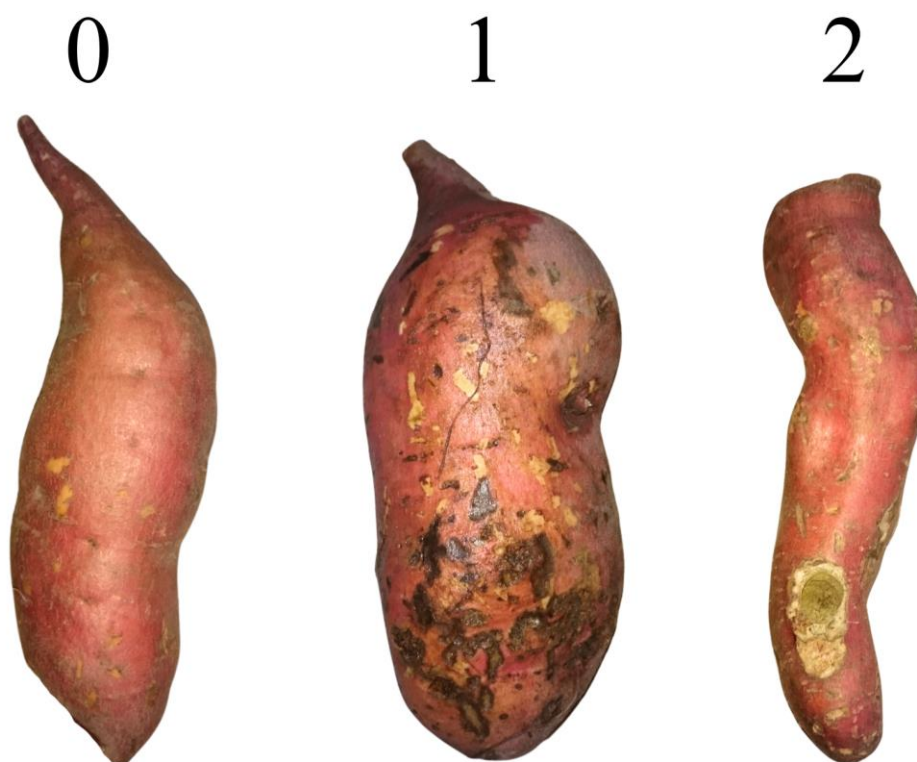
anisopliae, NCAIM 362 törzs), amelyre június 27-én került sor, miután gondosan ellenőriztük az összes növényt. A növényeken nem észleltünk sem növényi kórokozók tüneteit, sem kártevők okozta károkat és minden növény az entomopatogén gombás kezelés hozzáadásakor a megfelelő fejlettségi szakaszban volt.

A *M. anisopliae* készítmény (2 m/m%) kezelést szuszpenzió formátumba végeztük (1400 g *M. anisopliae* készítmény 12,6 liter vízhez adagoltunk, mikrobaszám: min. 2×10^8 CFU/g). Minden növényre külön-külön alkalmaztuk és a kezelést egy 20 ml-es fecskendő segítségével juttattuk a talajba (**4. ábra**). A gumók betakarítása október 1-jén kezdődött, először a levelek és száruk eltávolításával. Ezután az összes talajtakarót eltávolítottuk és a gumókat gépi segítséggel (ekével kifordítottuk), kézi úton betakarítottuk. Az összes betakarított gumót külön gyűjtöttük és kezelésként mindegyik édesburgonya gumójának megmértük a tömegét, majd hozzárendeltük az adott takarórendszerekhez és kezelésekhöz (M+ vagy M-).



4. ábra - A növények kezelése a *M. anisopliae* készítmény 10%-os szuszpenzióval. (Forrás: Putnoky-Csicsó Barna)

Ezt követően a talajban élő rovarlárvák által okozott károkat a következő osztályozási rendszer alapján értékeltük: 0 – nincs károsodás, 1 – felületi károsodás, amely csak a gumók epidermális felszínét érinti, 2 – mély károsodás, amely a gumók mélyebb szöveteiben található (5. ábra).



5. ábra - A batáta gumók károsításának osztályozása. (Forrás: Putnoky-Csicsó Barna)

Mivel súlyos károkat nem észleltünk, így nem volt szükséges, bővíteni a skálát az osztályozási rendszerünkben. A hiányzó gumórészek tömegét a 2. szintű károsodások esetében a következő módszerrel határoztuk meg: minden rágást feltöltöttünk az édesburgonya gumójával azonos sűrűségű plasztilinnel, ezzel a károsítás térfogatát tudtuk mérni. Ezután a műanyagot eltávolítottuk és megmértük a tömegét (g) (6. ábra).

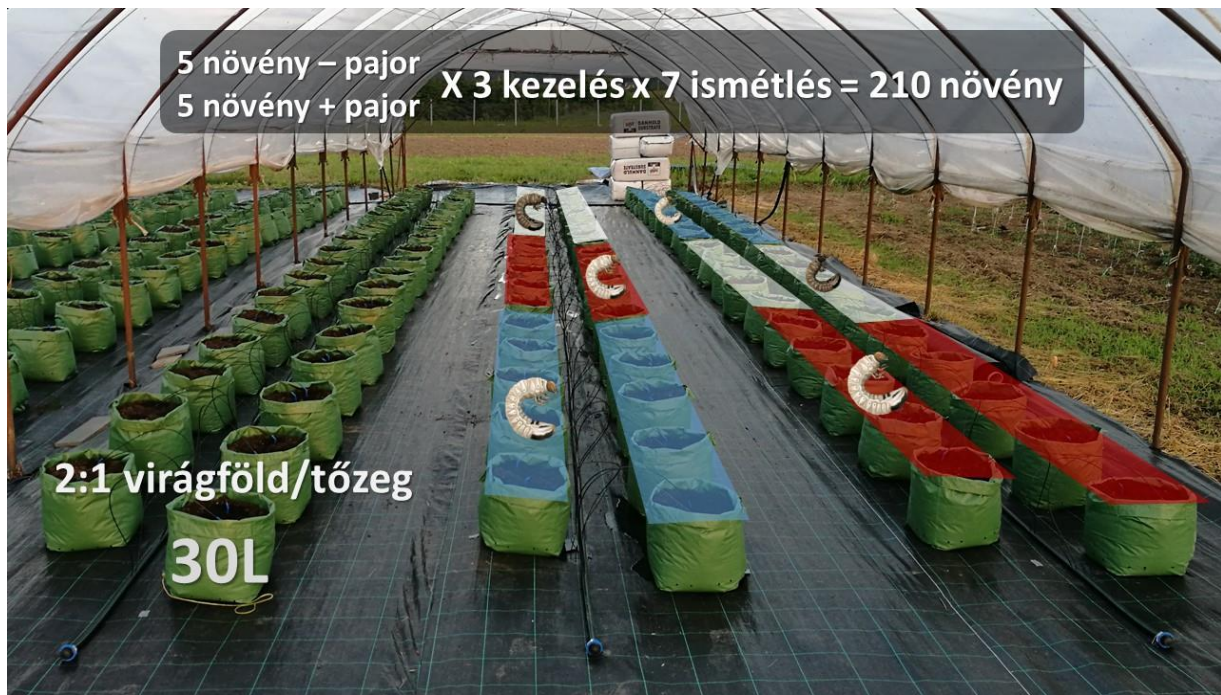


6. ábra - A batáta gumók súlyosabb károsításának felmérése. (Forrás: Putnoky-Csicsó Barna)

4.3.2. II. éves kísérlet

A kísérletet a következő évben ismételtük meg, ugyanazokkal a kezelésekkel és módszerekkel, kivéve a komposzt hozzáadását, mivel az előző adatok alapján nem volt semmilyen igazolható hatása.

Párhuzamosan a második évben, 2019-ben, elvégeztünk egy kísérletet fóliasátorban. A kísérlet során ugyanazt az édesburgonya fajtát használtuk, amelyet ugyanattól a termelőtől szereztünk be. 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. Az edényeket sorokba rendeztük (**7. ábra**).



7. ábra - A kísérletek beállítása fóliasátorban. (Forrás: Putnoky-Csicsó Barna)

Az egész rendszert automatikus öntözőrendszerrel láttuk el, amely gondoskodott arról, hogy minden növény ugyanolyan mennyiségű vizet kapjon. A fóliasátorban a hőmérsékletet szellőztetéssel és párasítással szabályoztuk, illetve a vegetációs időszakban körülbelül 35°C-os hőmérsékletet tartottunk fenn.

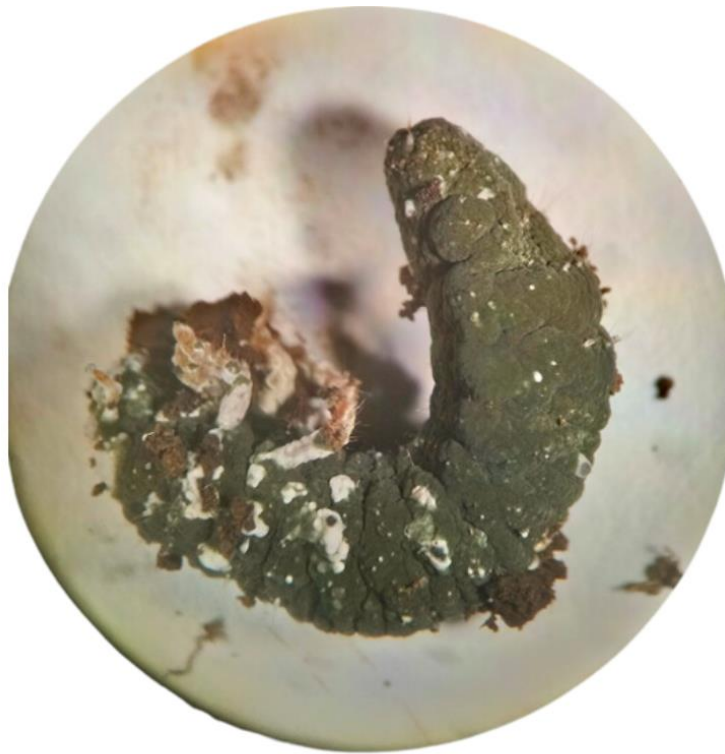
A növényeknek két alkalommal adtunk mikro- és makroelemeket ($N_{13} P_6 K_{20} + Ca_{10} + Mg_{2,5} + ME$): először az ültetés után, majd később, július közepén, mindkét alkalommal automatizált Dosatron® rendszereket használva, mely a csepegtető öntözőre volt kapcsolva. A talajnedvességet, pH-értéket és vezetőképességet (EC) a kísérlet teljes időtartama alatt három alkalommal mértük.

A *M. melolontha* lárváit a természetes környezetükből, egy erdőtalajból gyűjtöttük be, ami mintegy 100 km-re helyezkedett el a kísérleti helyszíntől. Ezt követően, amikor az édesburgonya gumók már kifejlődtek, szeptember 2-án helyeztük el őket a konténerekben. Minden *M. melolontha*-val kezelt edénybe két darab, hármas stádiumú lárvát helyeztünk (**8. ábra**).



8. ábra - A *M. melolontha* lárvák elhelyezése a termőedényekben. (Forrás: Putnoky-Csicsó Barna)

Szeptember 13-án (a kísérlet kezdetétől 120 nappal később) adtuk hozzá az α -cipermetrint és a *M. anisopliae* készítményeket, ugyanabban a WP-készítményben, ahogy azt korábban ismertettük. Az inszekticidet 10 ml/10 liter koncentrációban adtuk minden kezelt növényhez. A gombát a szántóföldi kísérletnél ismertetett módon és koncentrációban alkalmaztuk. A gumók károsodását és terméstömegét ugyanúgy értékeltük, mint a szántóföldi körülmények között. A túlélő, elpusztult és fertőzött *M. melolontha* lárvák (**9. ábra**) arányát a kísérlet végén úgy számoltuk meg, hogy kézzel kikerestük a lárvákat a tartályokból, miután a növényeket a betakarítás során eltávolítottuk.



9. ábra - A *M. melolontha* lárvák *Metarhizium*-os fertőzöttsége. (Forrás: Putnoky-Csicsó Barna)

A talaj vizsgálatokhoz két alkalommal gyűjtöttünk mikrobiális mintákat: először az ültetés után, június első hetében, majd egy hónappal később. Az ugyanazon talajmintákból származó mintákat használtuk a kémiai vizsgálatokhoz, mikrobiális elemzésekhez és biológiai aktivitáshoz. Minden kezelt és kontroll növény talajából hat talajmintát vettünk és ezeket 100 grammos steril edényekbe helyeztük, majd -70 °C-on tároltuk az elemzésekig.

4.4. Az édesburgonya-talaj kémiai összetételének vizsgálata

A fóliasátorban végzett kísérlet talajának meghatározására EDX (energiadiszperzív röntgenspektrometria) méréseket használtunk. A talajmintákat szárítószekrényben 80 °C-on tömegállandóságig szárítottuk. A szárított mintákat mozsárban, elektromos darálóval porítottuk, és légmentesen záródó dobozokban tároltuk. Ugyanezeket a mintákat tovább elemeztük Scanning Jeol JEM 5510 JV és Oxford Instruments EDS Analysis System Inca 300 (Egyesült Királyság) készülékkel, hogy meghatározzuk a minták elemi összetételét (tömeg%). Az értékek az egyes talajmintákból és ismétlésekből származó öt mérés átlagai (Rápó et al., 2019, 2018).

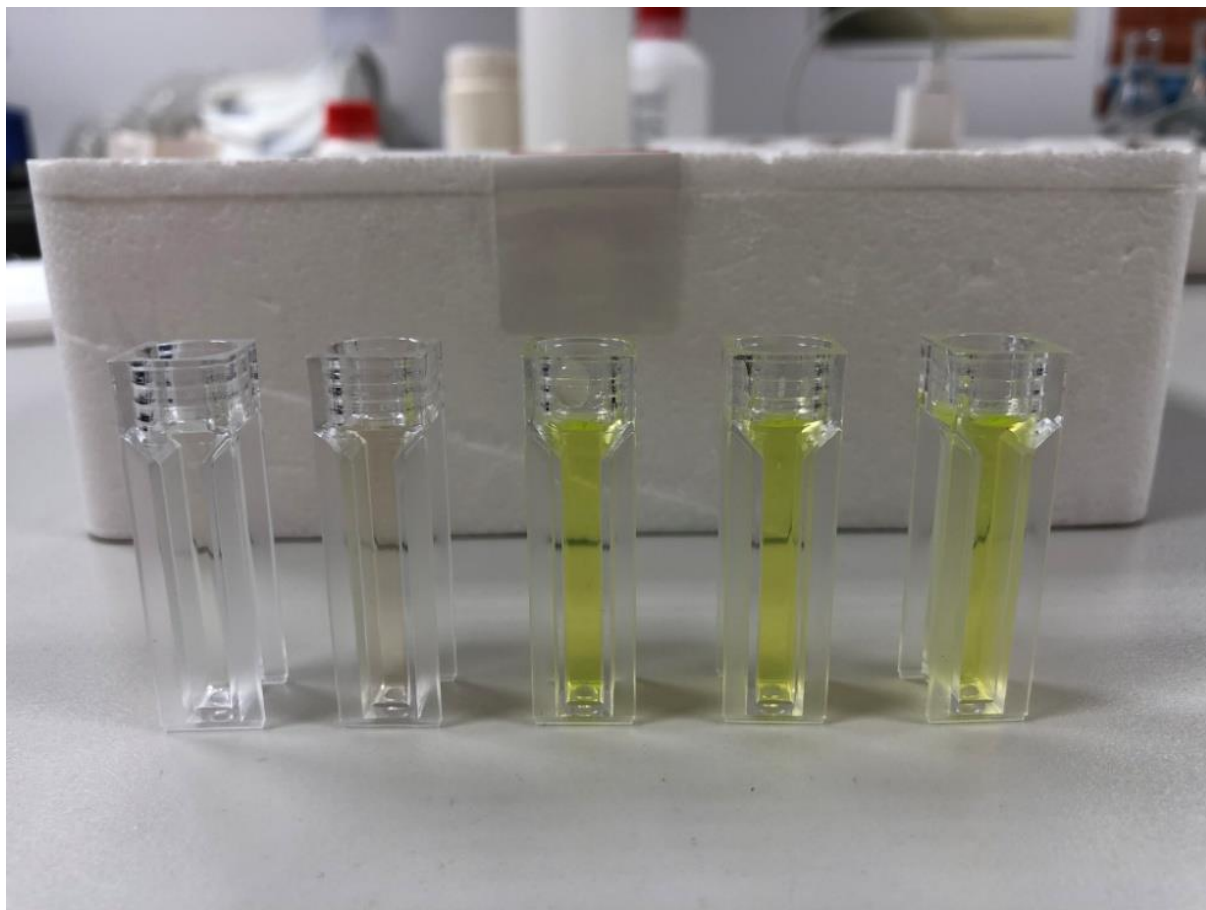
4.5. Talajbaktérium közösségek és biológiai aktivitásuk vizsgálata 16S rRNS gén szekvenálással.

A talajbaktérium-közösség analízisét a 16S rRNS gén amplikon szekvenálása alapján végeztük, mint korábbi munkánkban (Benedek et al., 2019). Röviden, a teljes genomiális DNS-t DNeasy PowerSoil Kit (Qiagen) segítségével extraháltuk, a 16S rRNS gén egy részét a Bakt_341F (5'-CCTACGGGNGGCWGCAG-3'; (Benedek et al., 2019)) és Bakt_805NR (5'-GACTACNVGGGTATCTAATCC-3' (Herlemann et al., 2011)) baktériumspecifikus szekvenciákat tartalmazó primerekkel amplifikáltuk. A DNS-szekvenálást pedig Illumina MiSeq platformon, a MiSeq szabványos v2 kémiáját használva, amit a Genomics Core Facility RTSF, Michigan State University (East Lansing, MI, USA) szolgáltatott. Ott Illumine-kompatibilis, kettős indexelésű adaptereket adtak hozzá PCR-rel a CS1 és CS2 helyeket célzó primerekkel. A PCR-termékeket ezután szakaszosan normalizáltuk SequelPrep DNS-normalizációs lemezekkel, és a normalizáló lemezről kinyert terméket összesítettük. Ezt követően ezeket Agencourt AMPure XP mágneses gyöngyökkel megtisztították. A minőségellenőrzés és a mennyiségi meghatározás a Qubit dsDNA HS (Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, USA), a Fragment Analyzer High Sensitivity DNA (Advanced Analytical) és a Kapa Illumina Library Quantification qPCR (Kapa Biosystems, Wilmington, MA, USA) vizsgálatok kombinációjával történt. A készletet ezután egy szabványos MiSeq v2 Illumina áramlási cellába töltöttük. A szekvenálást 2 × 250 bp-os páros végformátumban végeztük, v2, 500 ciklusú MiSeq reagens töltény használatával. A CS1/CS2 oligomerekkel komplementer egyedi szekvenálást és index primereket adtunk a reagens kazetta megfelelő üregeihez. Az alaphívást az Illumina Real Time Analysis (RTA) v1.18.54-es verziója végezte, és az RTA kimenetét demultiplexelték, és FastQ formátumba konvertálták az Illumina Bcl2fastq v2.19.1-gyel. A szekvencia adatokat PRJNA632727 BioProject ID néven nyújtottuk be az NCBI-hoz.

4.5. Biológiai aktivitás

A talajmintavétel után közvetlen aznap történt a minták feldolgozása, amely a minta homogenizálásával kezdődött, majd 1,6 mm-es szitán szitáltuk, a növénymaradványok eltávolítása érdekében, majd kimértünk 1g talajt a hidrolízishez, illetve 60mM, 7,6 pH-jú nátrium foszfát puffer és 12,01 µM FDA/ml fluorescein-diacetát (FDA) szubsztrátum hozzáadása után ment végbe a hidrolízis, 37 °C-on egy óráig, 5 percenkénti kevergetés mellett (10. ábra).

Az inkubálás után a talajoldathoz hozzáadunk 2 ml acetont, amivel leállítjuk a hidrolízist, majd az oldatokat centrifugáltuk. Ezután az oldatokat centrifugáltuk (10 percig, 4000 rpm-en) ami által a talajszemcsék leülepedtek az oldat aljára, majd ami felülúszott, szűrtük Whatman nr. 1 szűrőpapíron keresztül a talajszemcsék eltávolítása érdekében (**10. ábra**).

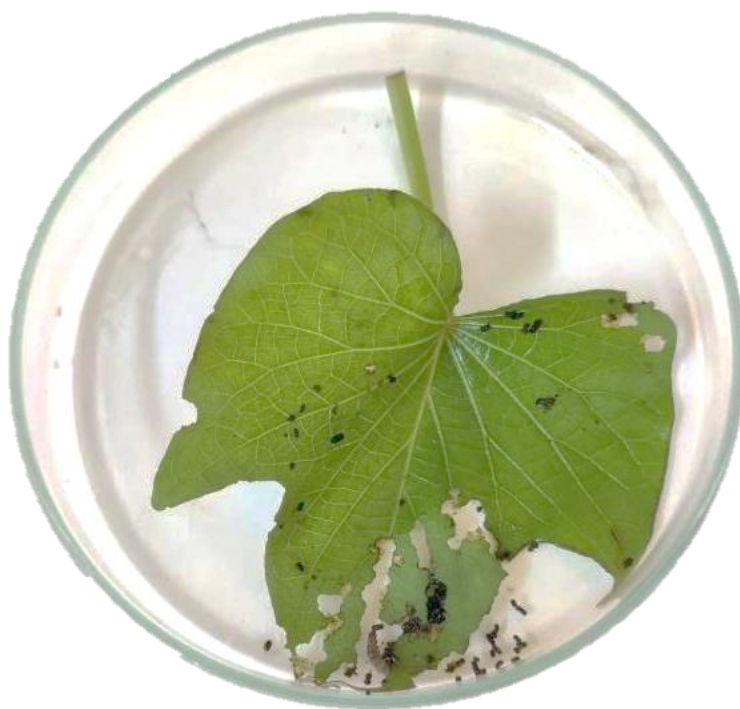


10. ábra - A kémcsövekbe helyezett szűrt és inkubált talajoldatok. (Forrás: Putnoky-Csicsó Barna)

A hidrolízis során keletkezett fluoreszcein mennyiséget spektrofotométer (PG Instruments T60 UV/VIS Spectrophotometer) segítségével határoztuk meg 490 nm-en, majd az így kapott abszorbancia értékeket 0,03-0,5 mg/50ml koncentrációjú fluoreszcein-oldatok állta készített kalibrációs egyenes egyenletében helyettesítettük be, megkapva a talajminták enzimaktivitását $\mu\text{g/g}$ talaj/h-ban kifejezve.

4.5.1. A pontuszi tűzmollyal (*Duponchelia fovealis*) végzett kísérletek

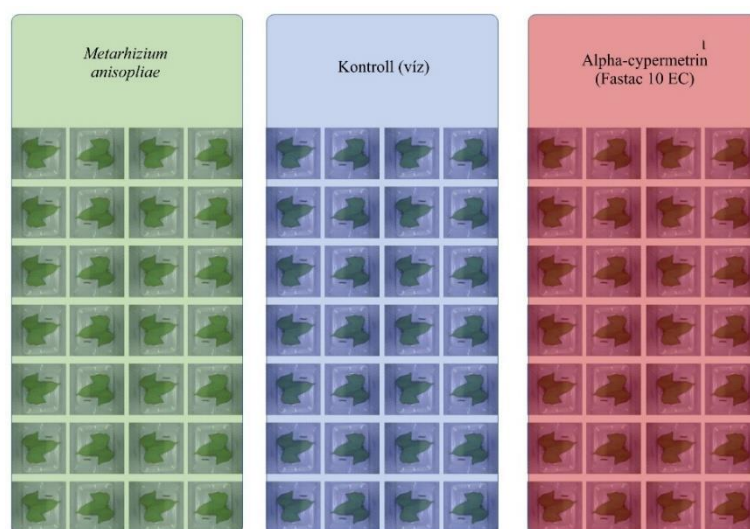
A pontuszi tűzmollyal (*Duponchelia fovealis*) végzett kísérletek 2020 nyarán kezdődtek a lárvák édesburgonya talajba juttatásával. Annak ellenére, hogy a szakirodalomból már kiderült, hogy a pontuszi tűzmoly károsítja az édesburgonyát, (Roditakis et al., 2019) a kísérlet korai fázisában további vizsgálatokat 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 (**11. ábra**).



11. ábra - A pontuszi tűzmollyal (*Duponchelia fovealis*) károsítása a batáta levelén. (Forrás: Putnoky-Csicsó Barna)

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 (12. ábra).



12. ábra - A pontuszi tűzmollyal (*Duponchelia fovealis*) végzett kísérlet beállítása

4.6. Adatok elemzése

4.6.1. A szántóföldi kísérlet adatai

A szántóföldi kísérlet édesburgonya-károsodási adatait először a hibák normalitása és az eltérések homogenitása szempontjából teszteltük. Mivel az adatok normál eloszlásúak voltak, varianciaanalízist (ANOVA), majd Tukey HSD (Honestly Significant Difference) tesztet alkalmaztunk, hogy összehasonlítsuk a *M. anisopliae* hatását a gumók károsodásaira (csak a mély károsodásokra) átlagos kártétel/gumó/növény/komposzt kijuttatás/talajtakaró/blokk/kezelés ($n = 11$). Az adatokat először évek között hasonlítottuk össze, majd többváltozós ANOVA; MANOVA-val teszteltük a blokkhatást és a szegélyhatásokat. Mivel az évek között nem volt szignifikáns különbség, és nem észleltek blokkokat és szegélyhatásokat, az évek közötti összevont és átlagolt adatokat használtuk fel a további elemzésekhez. Ezt követően a terméshozamot (átlagos gumótömeg/növény/komposzt kijuttatás/talajtakaró/gombakezelés/blokk ($n=11$))

összehasonlítottuk a kontroll és a gombás kezelés között ugyanazzal a módszerrel (az adatok normális eloszlásúak).

4.6.2. A tenyészedényes kísérlet adatai

A tenyészedényes kísérlet adatait ismét teszteltük a hibák normalitása és a variancia homogenitása szempontjából. Itt csak a terméstmeg adatok voltak normál eloszlásúak, ezért varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztunk, majd Tukey HSD-tesztel hasonlítottuk össze a kezelések (gombás, rovarölő kezelés és kontroll) hatását átlagos gumótmeg (g)/növény/kezelés/blokk ($n = 35$). A gumók károsodási adatai és a *M. melolontha* lárva túlélési és fertőzési adatai nem feleltek meg a normalitás feltételezésének, ezért a nem paraméteres Kruskal-Wallis tesztet, majd Mann-Whitney U tesztet alkalmaztunk a károsodások összehasonlítására (növényekre/kezelésekre/blokkokra átlagolva ($n = 35$)) és átlagosan túlélő és elpusztult lárvák (átlagos szám/növény/kezelés/blokk ($n = 35$)). Minden elemzést, az R 3.0.1-es verziójával végeztünk (Giuseppe et al., 2016) és a $p \leq 0,01$ alatti értékeket statisztikailag szignifikánsan eltérőnek tekintettük.

4.6.3. A talaj kémiai összetételének adatai

A talaj kémiai összetételének értékeit a begyűjtési időpontok és a kezelések között varianciaanalízis (ANOVA) segítségével hasonlították össze, majd Tukey-féle HSD-tesztel (öt mérés/kezelés és kontroll adatai).

4.6.4. A talajmikroorganizmusok genetikai vizsgálatának adatai

A talajbaktérium közösségek statisztikai elemzését (Benedek et al., 2019), a különbség az volt, hogy a kapott szekvencia-leolvasásokat a mothur v1.41 szoftverrel dolgoztuk fel (Schloss, 2020); a MiSeq szabványos működési eljárása alapján, letöltve 2020. 03. 04.), és elvégeztük a kiméra szekvenciák eltávolítását a VSEARCH (Rognes et al., 2016) segítségével. Az OTU-kat (operational taxonomic units) 97%-os nukleotidszekvencia-hasonlósági szinten határoztuk meg. Az amplikon szekvenálási adatok statisztikai elemzéséhez a leolvasások almintavételezését a legkisebb adathalmaz olvasási számához ($n = 19\,791$) végeztük. A mikrobiális α diverzitást (a Shannon-Wiener és az Inverse Simpsons-féle (1/D) diverzitási indexekkel becsültük) és a fajgazdagsági értékeket (a Chao1 és az ACE gazdagsági mérőszámok felhasználásával) a v1.38.1 segítségével számítottuk ki. Lineáris regressziót alkalmaztunk a teljes bakteriális diverzitási indexek (Shannon és Simpson) változásának felmérésére különböző kezelések és kontrollok mellett, az R^2 értékeket PAST segítségével számítottuk ki. A baktériumközösség összetételének

változásait is összehasonlítottuk a nemzetségek között az egyes kezeléseknél és a kontrolloknál ANOVA-val, majd Welch F-teszttel, a teljes mintákból származó DNS átlagos százalékos arányát használva.

4.6.5. A talaj biológiai aktivitásának adatai

A talaj biológiai aktivitásának adatait szintén normál eloszlásban alkalmaztuk, így varianciaanalízist (ANOVA), majd Welch F tesztet alkalmaztunk a biológiai aktivitás összehasonlítására különböző kezelések és kontrollok esetén átlagos adatok/növény/blokk ($n = 6$) felhasználásával. Az elemzések az R 3.0.1-es verziójával készültek (Giuseppe et al., 2016).

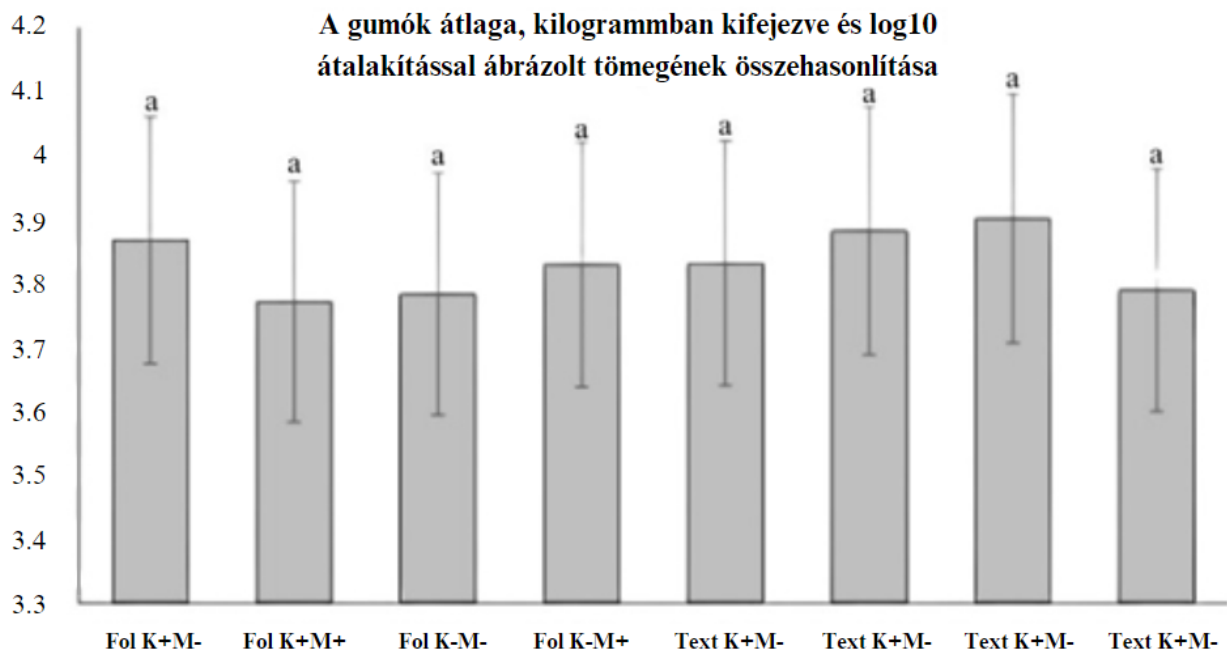
4.6.6. A pontuszi tűzmollyal (*Duponchelia fovealis*) végzett kísérlet adatainak elemzése

A laboratóriumi kísérlet adatai nem feleltek meg a normalitás feltételezésének, ezért a változók összehasonlítására a Kruskal-Wallis-tesztet, majd a Mann-Whitney U-tesztet alkalmaztuk és a kezelések/ismétlések átlagértékeit használtuk ($n = 40$). Minden elemzést R programban végeztünk (3.0.1 verzió; R Core Team 2013) és a $P \leq 0,01$ értékkel egyenlő vagy annál kisebb értékeket, statisztikailag szignifikáns különbségnek tekintettük.

5. Eredmények

5.1. A szabadföldi vizsgálatok eredményei

A *M. anisopliae* jelenlétét és fejlődését komposzt- és talajtakaró-gazdálkodási rendszerekben egyaránt kimutattuk. Míg a terméstömegben (átlagosan 1600 gr/növény) nem volt jelentős eltérés a kezelések között (1. táblázat), addig a gumók károsodásában különbségek voltak, szignifikánsan nagyobb károsodást (csak a 2. szintnél – mély károsodás) észleltünk betakarításkor abban az esetben, amikor fóliatakarást alkalmaztunk, komposzt és gomba kezelés hiányában.

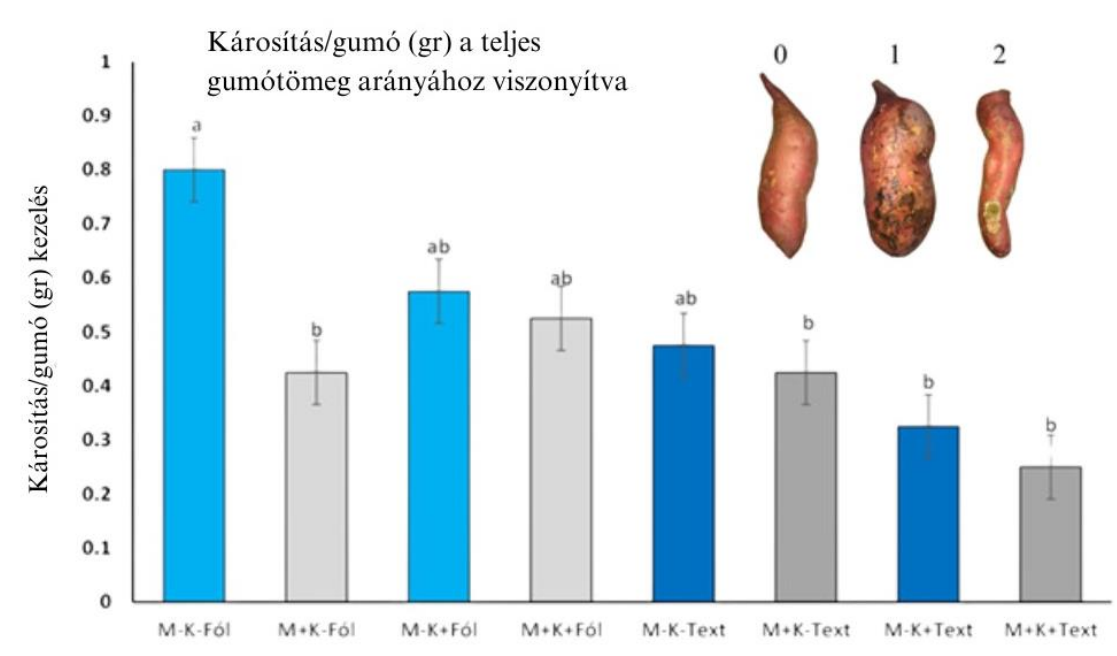


13. ábra - A batáta gumók átlaga, kilogrammban kifejezett és log10 átalakítással ábrázolt súlyának összehasonlítása szabadföldi kísérlet során kapott adatokból (n=22). Fol=agrofóliás takarás, K+= komposzt kezelés, K-= komposzt nélküli kezelés, M+=*Metarhiziumos* kezelés, M-= *Metarhizium* nélküli kezelés, Text=agrotextil

1. Táblázat - A batáta gumók súlyának összehasonlításának statisztikai értékei (F értékek ent, p értékek fent (n=22)).

	M-K-Foil	M+K-Foil	M-K+Foil	M+K+Foil	M-K-Text	M+K-Text	M-K+Text	M+K+Text
M-K-Foil		0.984	0.992	0.999	1	1	1	0.995
M+K-Foil	1.27		1	0.999	0.999	0.963	0.906	1
M-K+Foil	1.132	0.137		0.999	0.999	0.978	0.936	1
M+K+Foil	0.538	0.731	0.593		1	0.999	0.994	1
M-K-Text	0.513	0.756	0.618	0.024		0.999	0.995	0.999
M+K-Text	0.221	1.491	1.354	0.76	0.735		1	0.984
M-K+Text	0.520	1.790	1.653	1.059	1.034	0.298		0.950
M+K+Text	1.058	0.212	0.074	0.519	0.544	1.279	1.578	

Ezek a káradatok azonban nem különböztek statisztikailag a fóliával, komposztakarással és gombás kezeléssel vagy anélkül kapott adatoktól, ugyanakkor nem tértek el jelentősen a komposzt és *M. anisopliae* nélküli textiltakarással kapott adatoktól sem (2. táblázat). Összességében a *Melolontha* lárvák kisebb mértékű károsítását mutatták ki, amikor az édesburgonyát *M. anisopliae* NCAIM 362 törzsszel kezelték, és agrotextillel történő borítást alkalmaztak (14. ábra).



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

2. táblázat - A batáta gumók károsodásának statisztikai értékei (F értékek lent, p értékek fent) (n=22). A megvastagított értékek statisztikailag szignifikánsak. Fol=agrofóliás takarás, K+=komposzt kezelés, K-= komposzt nélküli kezelés, M+=*Metarhiziumos* kezelés, M-= *Metarhizium* nélküli kezelés, Text=agrotexetil.

	M-K-Fól	M+K-Fól	M-K+Fól	M+K+Fól	M-K-Text	M+K-Text	M-K+Text	M+K+Text
M-K-Fól		0.023	0.153	0.113	0.060	0.020	0.004	0.0008
M+K-Fól	4.453		0.483	0.422	0.593	0.896	0.661	0.333
M-K+Fól	0.134	0.101		0.986	0.815	0.420	0.248	0.099
M+K+Fól	0.121	0.211	0.431		0.774	0.359	0.190	0.063
M-K-Text	0.145	0.322	0.561	0.981		0.511	0.302	0.113
M+K-Text	5.061	0.111	0.431	0.789	0.891		0.778	0.426
M-K+Text	6.275	0.321	0.671	0.671	0.791	0.991		0.580
M+K+Text	8.334	0.451	0.451	0.961	0.954	0.781	0.871	

5.2. A tenyészedényes vizsgálatok eredményei

Amíg a terméstömegben (átlagosan 1700 g/növény) nem volt megfigyelhető jelentős eltérés, (**3. táblázat** és **15. ábra**), addig a *M. melolontha* lárvák túlélése és károsodása tekintetében jelentős eltérések voltak a kezelések között.

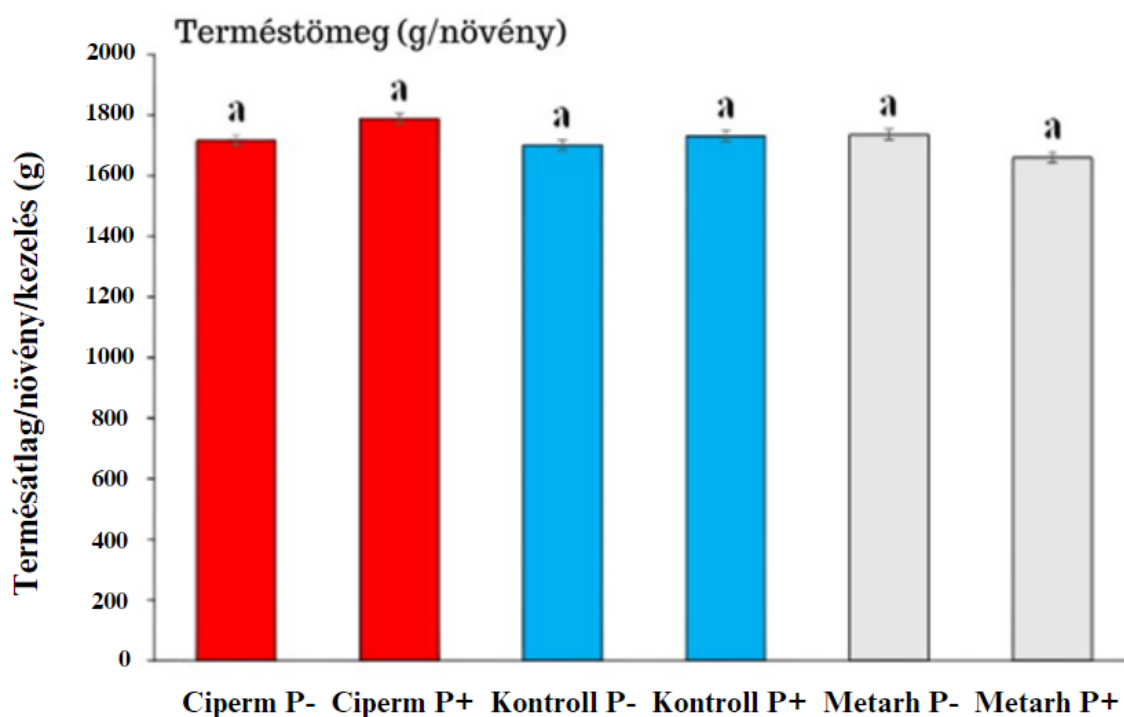
Az alfa-cipermetrinnel kezelt parcellákon szignifikánsan kevesebb túlélő lárvát mutattunk ki (CipermpP+ControlP+ $U=3.2$, $p<0.01$; CipermpP+MetarhP+ $U=3.0$, $p<0.01$), ugyanakkor nem volt eltérés a *Metarhizium* kezelések és a kontroll között (MetarhP+ControlP+ $U=0.67$, $p<0.23$), ahol általában a lárvák fele volt életben a vizsgálatok végén. Az elpusztult lárvák 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+ $U=0.88$, $p<0.56$) (**16. ábra**).

A lárvák gombás fertőzésére utaló jeleket szinte egyáltalán nem észleltünk (10 *Metarhiziummal* kezelt edényben átlagosan egy fertőzött lárvát találtunk) a kísérlet végén az M+ kezeléseknél, ami nem tette lehetővé a statisztikai elemzést (**16. ábra**).

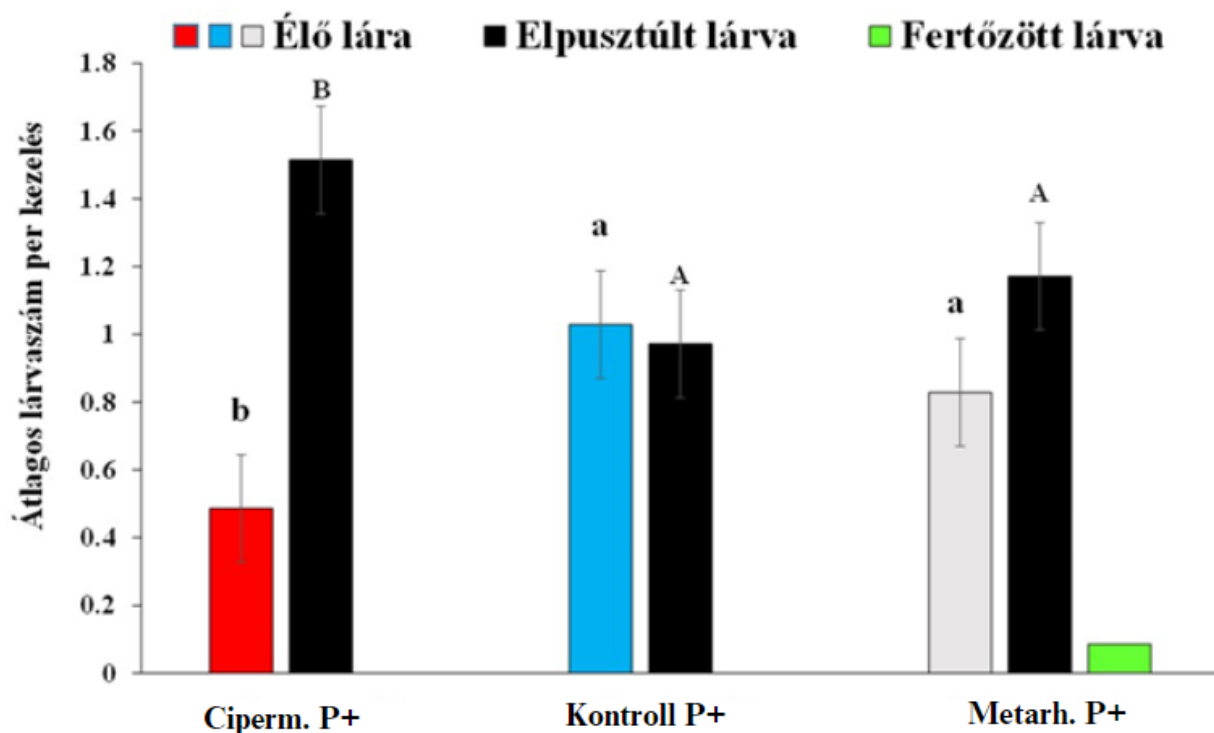
A gumók károsodási aránya is változott a kezelések között. Az alfa-cipermetrint tartalmazó edényekben szignifikánsan alacsonyabb károsodási arányt észleltek (CipermpP+ControlP+ $U=5.2$, $p<0.01$; CipermpP+MetarhP+ $U=3.9$, $p<0.01$), és nem volt eltérés megfigyelhető a *Metarhiziumos* kezelések és a kontroll között (MetarhP+ControlP+ $U=0.66$, $p<0.45$) (**17. ábra**).

3. táblázat - A batáta gumók súlyának statisztikai összehasonlítása fóliasátras kísérletben kapott adatok alapján. Az eltérő betűk statisztikailag szignifikáns értékeket mutatnak ($p \leq 0.01$, Tukey HSD teszt).

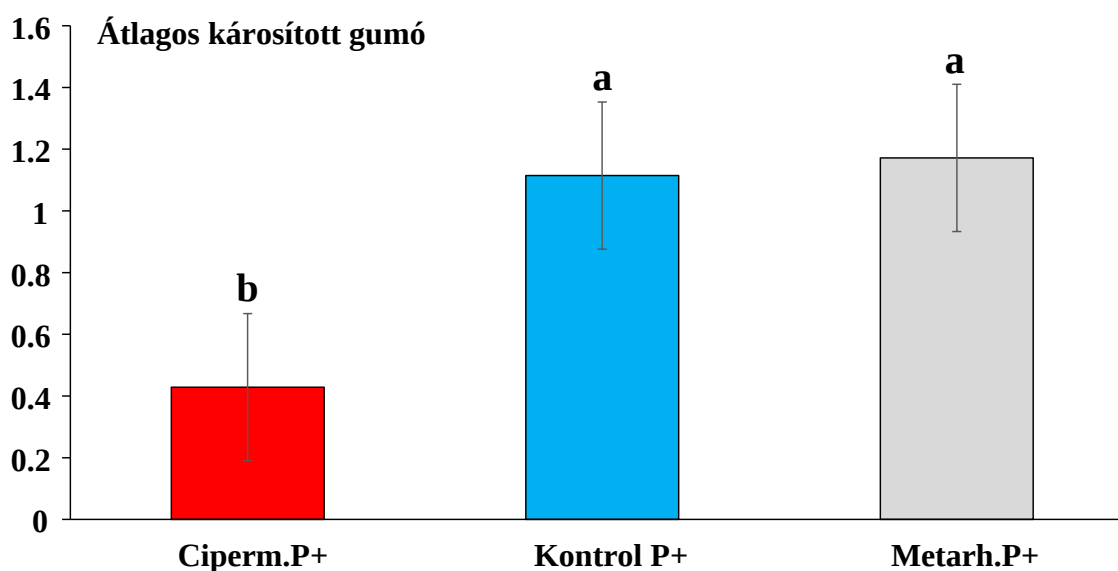
Kezelés	Gumó tömeg/növény (g)	*
<u>Cipermetrin P-</u>	1716.19	a
<u>Cipermetrin P+</u>	1787.46	a
<u>Kontroll P-</u>	1700.85	a
<u>Kontroll P+</u>	1730.68	a
<i>Metarhizium P-</i>	1735.36	a
<i>Metarhizium P+</i>	1659.32	a



15. ábra - Termes súly (g) alfa-cipermetrin (piros oszlop), kontroll (kék oszlop) és *Metarhiziumos* kezelés (szürke oszlop).



16. 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).



17. ábra - Károsítás eltérő kezelések között (n=35). Az eltérő betűk statisztikailag eltérő értékeket mutatnak.

5.3. 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 (**4. táblázat**).

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

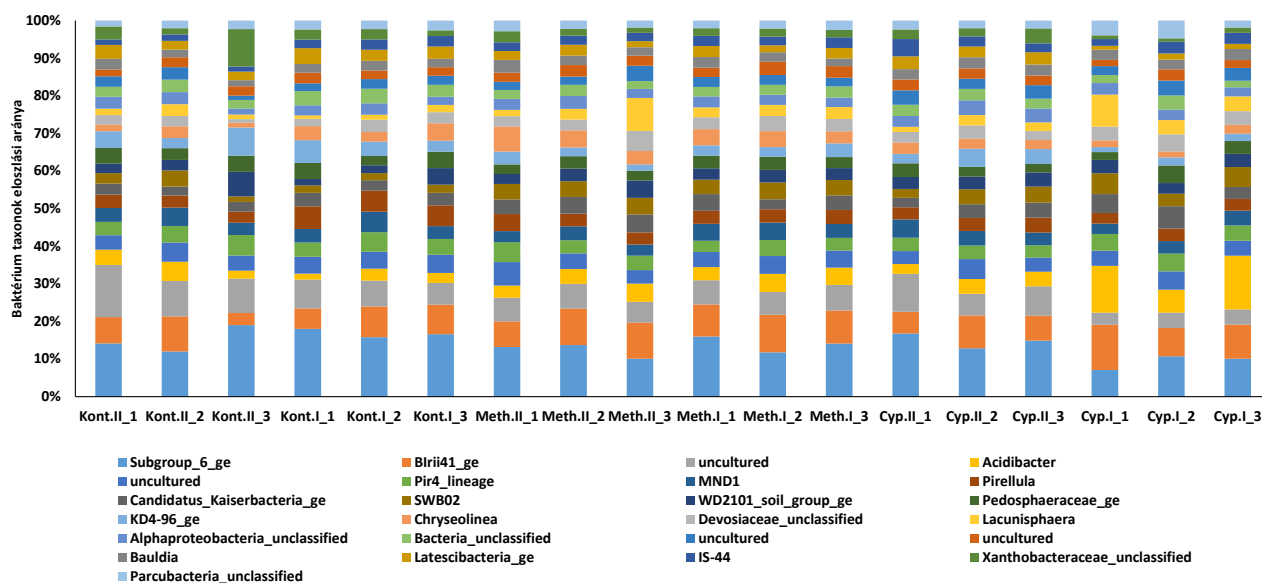
Elements	KontrollP+	KontrollP-	Metarh.P+	Metarh.P-	Ciperm.P+	Ciperm.P-	*
C	47.379	41.403	47.043	44.720	51.307	47.773	a
Na	0.122	0.108	0.109	0.079	0.191	0.111	a
Mg	0.328	0.334	0.330	0.414	0.354	0.265	a
Al	1.715	1.668	1.606	2.133	1.261	1.501	a
Si	4.648	7.114	4.184	5.816	3.131	6.456	a
P	0.131	0.220	0.132	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

5.4. 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 lefedettség 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).

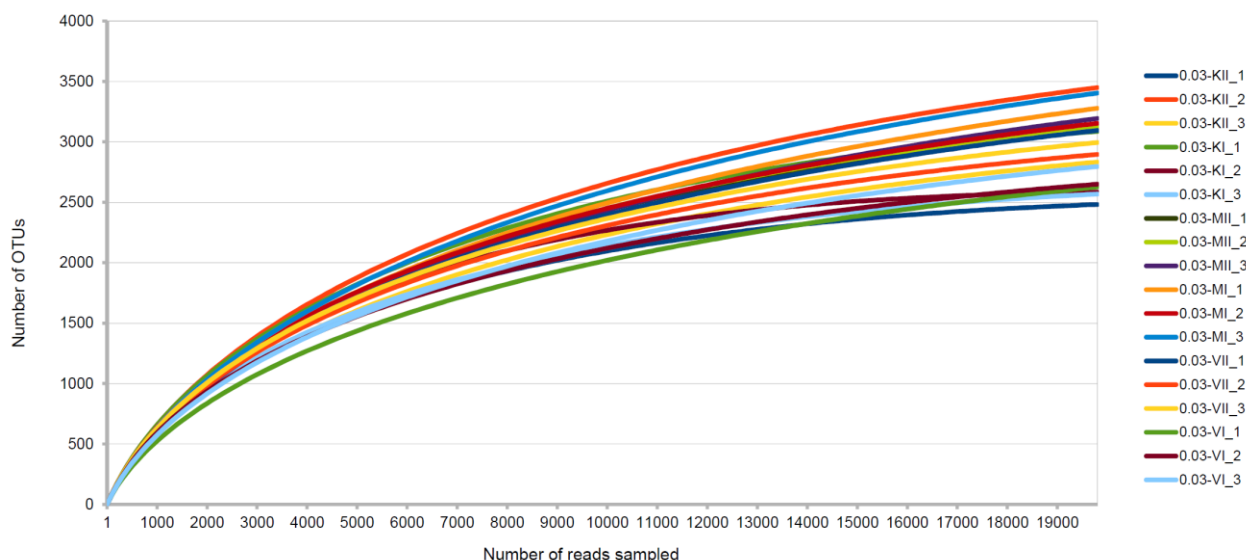
Összeségében elmondható, hogy a kontrollal összehasonlítva nem volt eltérés a talajok bakteriális közössége között abban az esetben sem, amikor az entomopatogén gombakezelés, vagy

a cipermetrines kezelés volt alkalmazva, vagyis nem feltételezhető semmi féle kompetíció a talaj mikroorganizmusok és a gomba között (18. ábra).



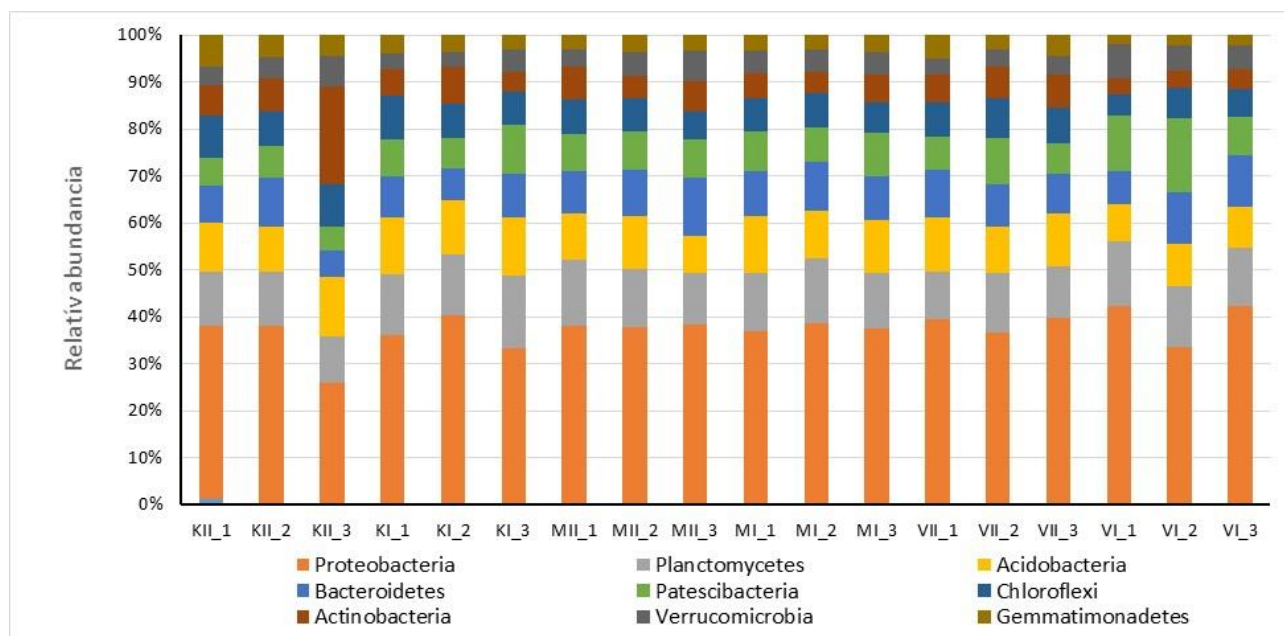
18. ábra - Az édesburgonya talájában kimutatott leggyakoribb baktérium génuszok eloszlása az eltérő kezelések között. A kimutatást a 16S rRNA gén amplifikációja alapján végeztük Illumina MiSeq platformon (Genomics Core Facility RTSF, Michigan State University, USA).

A baktérium taxonok diverzitási vizsgálata szintén nem mutatott semmiféle eltérést a kezelések és a kontroll talajon között (19. ábra).



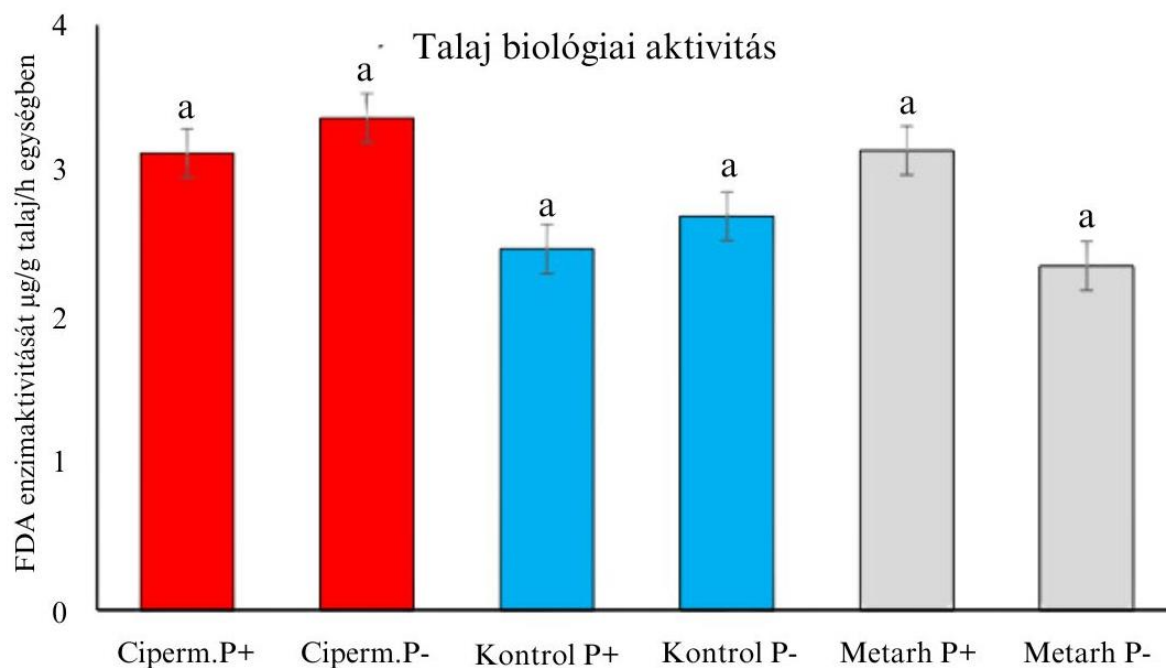
19. ábra – Refrakciós görbe és diverzitás OTUs 16S rRNA gén amplifikációjával mérve. KI–Kontroll P+, KII–Kontroll P-, MI – *Metarhizium* P+, MII – *Metarhizium* P-, VI- Rovarölő szer P+, VII- Rovarölő szer P-.

A szekvenciák átlagos hossza ~450 nt volt, ami lehetővé tette a nemzetségi szintű taxon azonosítást. Nem volt kimutatható szignifikáns különbség a gyakori baktérium közösség között az eltérő kezelések alkalmazását követően (Welch F test $F=0.0006$, $df=22.37$, $p<0.9$) és nem volt kimutatható különbség a talaj biológiai aktivitásában sem (Welch F test $F=0.03$, $df=6$, $p<0.76$) (20. ábra).



20. ábra - Az édesburgonya talajában kimutatott leggyakoribb baktérium taxonok eloszlása az eltérő kezelések (átlagolt értékek) 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 (21. ábra).

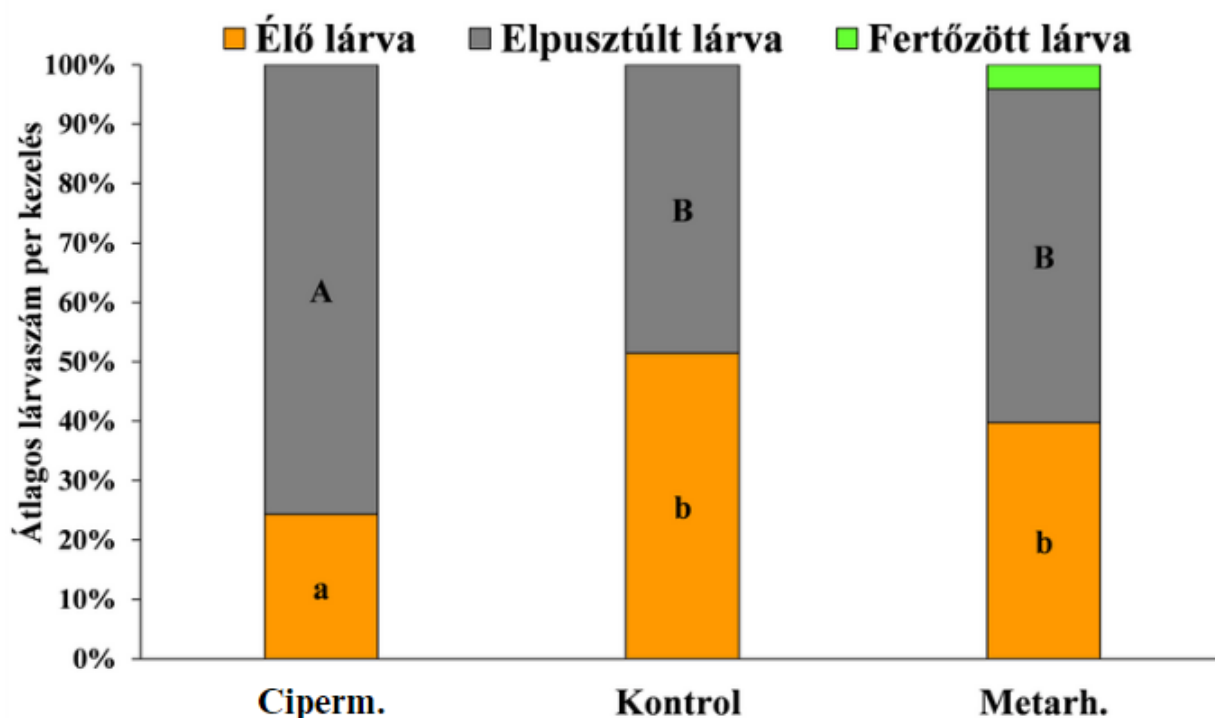


21. ábra - Talaj biológiai aktivitása az eltérő kezelésekben. A fluoreszcein koncentráció meghatározása spektrofotométerrel (PG Instruments T60 UV/VIS spektrofotométer) 490 nm-en történt. A talajszondák FDA enzimaktivitását µg/g talaj/h-ban végeztük.

5.5. Összehasonlító vizsgálatok a *Melolontha* és *Duponchelia* lárvák *Metarhizium* érzékenysége között

A *M. anisopliae* gomba minden termőedényben jelen volt, és hasonlóan az előző eredményekhez, a *Melolontha* lárvák túlélését elsősorban a Cipermetrin határozta meg, nem volt eltérés a kontroll és a *Metarhiziumos* kezelések között (Ciperh-Control $U=4.2$, $p<0.01$; Ciperh-Metarh $U=3.3$, $p<0.01$). Szintén kimutatható volt, hogy nem volt jelentős a *Melolontha* lárvák gomba fertőzése sem, tíz esetből itt is egyben találtunk fertőzött lárvákat (**21. ábra**).

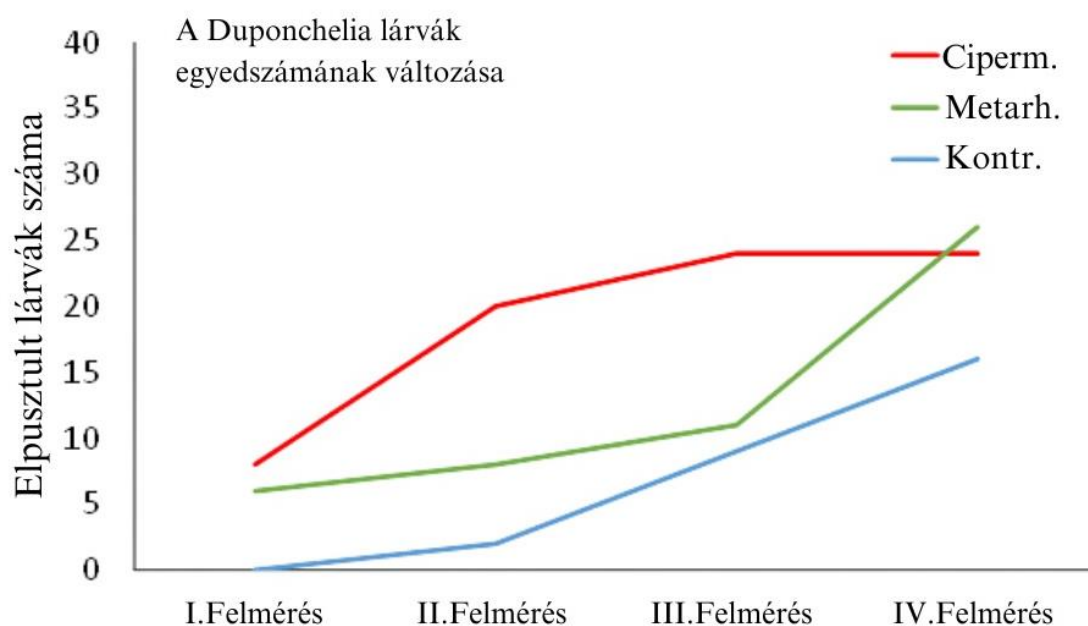
A gumók károsítása szintén jelentős eltérést mutatott a kezelések között, szinte teljesen károsítás mentes gumókat figyeltünk meg a Cipermetrines kezeléseket követően (Ciperh-Control $U=5.5$, $p<0.01$; Ciperh-Metarh $U=3.7$, $p<0.01$), ugyanakkor nem volt eltérés a kisebb mértékű, de szemmel látható károsítások között a kontroll és a *Metarhiziumos* kezelések között (Metarh-Control $U=0.54$, $p<0.34$) (**22. ábra**).



22. ábra - Élő, elpusztult és gombával fertőzött *Melolontha* lárvák átlagos egyedszáma (n=70).

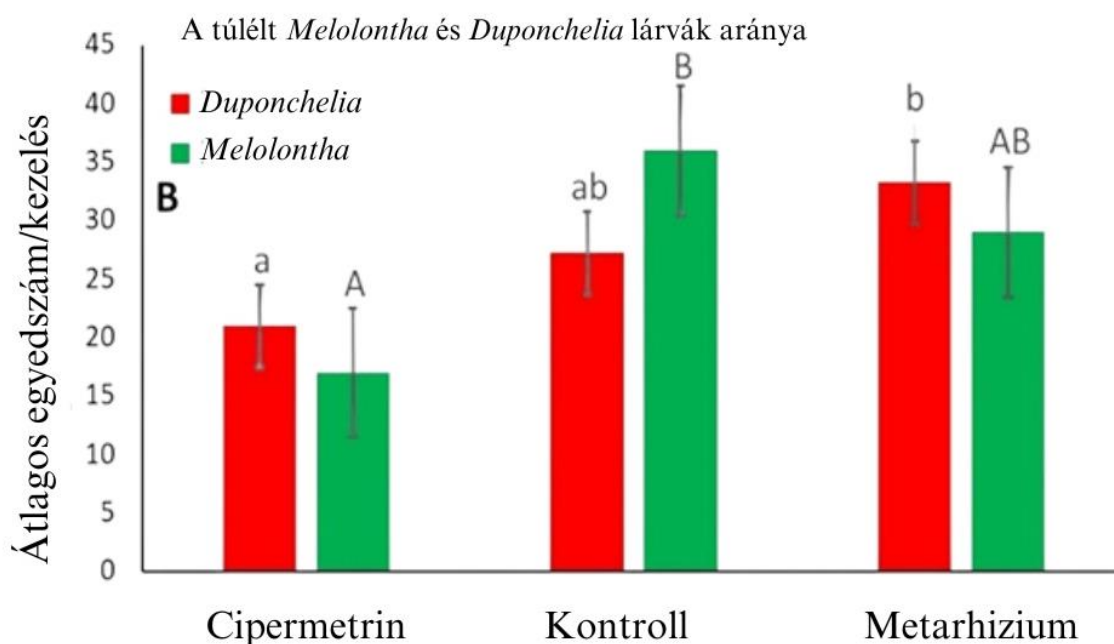
Eltérő betűk statisztikailag eltérő értékeket mutatnak.

A *Duponchelia* lárvák esetében nem volt eltérés a rovarölő szeres és a *Metarhiziumos* kezelések között (Metarh-Ciperm $U=0.7$, $p<0.21$), ugyanakkor az elpusztult lárvák száma a kontroll esetében jelentősen kisebb volt (Metarh-Control $U=2.7$, $p<0.01$, (Ciperm-Control $U=3.1$, $p<0.01$). Hasonló eredményeket kaptunk a kezeléseket túlélő lárvák esetében is (Metarh-Ciperm $U=0.72$, $p<0.41$, Metarh-Control $U=3.1$, $p<0.01$, Ciperm-Control $U=2.8$, $p<0.01$) (23. ábra).



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

Összehasonlítva a két kértevő érzékenységét, elmondható, hogy az alfa-cipermetrin volt a leghatékonyabb a *Melolontha* lárvákra, ugyanakkor a *Duponchelia* esetében mind az alpha-Cipermetrin, mind pedig a *Metarhiziumos* kezelések hatékonyak bizonyultak, szemben a kontroll kezelésekkel (Cipermet-Metarh $U=3.01$, $p<0.01$, Cipermet-Control $U=0.87$, $p<0.21$, Metarh-Kontroll $U=0.9$, $p<0.1$,) (**24. ábra**).



24. ábra – A túlélő *Melolontha* és *Duponchelia* lárvák aránya az eltérő kezelésekben. Kruskal-Wallis és Mann-Whitney teszt (n = 40).

6. Eredmények megvitatása

A *M. anisopliae* *M. melolontha* lárvákra gyakorolt hatását vizsgáló tanulmányok száma alacsony, bár Horaczek és Vierstein (2004) megemlíti, hogy a *Beauveria bassiana* és a *M. anisopliae* jelentős szerepet játszanak a különböző nemzetségekhez tartozó talajban élő kártevők, köztük a *Melolontha* mortalitásában (Horaczek et al. 2004) egy még korábbi tanulmány arról számolt be, hogy míg a *M. anisopliae* egyszeri alkalmazása az ültetés előtt ígéretes eredményeket mutatott a *Diabrotica balteata* ellen, a *Melolontha* lárvákra gyakorolt hatás azonban nem jelentős (Story et al. 1999). Vizsgálatunk kimutatta, hogy szabadföldi körülmények között, komposztal 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 lárvát mutattunk 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 (Erler és 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. A legújabb tanulmányok a *Beauveria brongniartii* (három izolátum) és a *M. anisopliae* (három izolátum) *M. melolontha*, *Amphimallon solstitiale* és *Anoxia villosa* fajokra való hatásáról is beszámoltak laboratóriumi körülmények között. A legmagasabb mortalitási arányt a *B. brongniartii* izolátumok okozták (100%) *M. melolontha* lárvákon, és 60%-os mortalitást az *A. villosa* lárvák esetében.

Összehasonlítóképpen, az *A. villosa* volt a legfogékonyabb a *M. anisopliae*-ra (35,5%-os mortalitási arány), és a gombának alig, vagy egyáltalán nem volt szignifikáns hatása az *A. solstitiale*-re vagy a *M. melolontha* lárvákra (Fātu et al., 2018). 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 lárvák 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 gyérítés érdekében a *Metarhizium* nemzetség más izolátumait vagy több gombafaj kombinációját is tesztelni kell, mivel ezek nagyobb potenciállal rendelkezhetnek a *Melolontha* és *Duponchelia* lárvákkal szemben.

7. Új tudományos eredmények

1. Szabadföldi termesztésben a szintetikus talajtakarók típusa nem befolyásolta a batáta termésátlagát, ugyanakkor az agrotexiles 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 lombkártevő.
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.

8. Összefoglalás

Jelen vizsgálat (2019) során kimutatható volt, hogy a talajtakarás típusának, hatása van a batáta terrikol kártevői által okozott kárképek mértékére. Ugyanakkor kimutattuk, hogy ha a *M. anisopliae* entomopatogén gombakészítményt és az alfa-cipermetrin hatóanyagú inszekticidet összehasonlítjuk, akkor szignifikánsan kevesebb túlélő lárvát találunk az alfa-cipermetrinnel kezelt batáta töveken, azonban nem mutattunk ki különbséget a *Metarhizium*-kezelés és a kontroll között.

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. Az alfa-cipermetrin esetében szignifikánsan kisebb lárva általi károsítást figyeltünk meg és nem volt különbség a *Metarhizium* és a kontroll közötti kezelés során.

Kísérletünkben a talaj kémiai összetételében, a mikrobiális közösségben és a talaj biológiai aktivitásában nem tapasztaltunk különbséget sem a kezelések, sem a kontroll esetében. A *Metarhizium* hatását a *Duponchelia* lárvákra laboratóriumi körülmények között sikerült igazolni, ugyanakkor ebben az esetben a *Metarhizium* és az alfa-cipermetrin kezelések között nem volt különbség az elpusztult lárvák között.

Végeredményként megállapítható, hogy az alfa-cipermetrin hatékonysága mindkét faj ellen jelentős és hatékony. A sikeres kártevő szabályozás érdekében a *Metarhizium* nemzetség más izolátumait vagy több gombafaj kombinációját is tesztelni kell, mivel ezek nagyobb potenciállal rendelkezhetnek a *Melolontha* és *Duponchelia* lárvákkal szemben.

9. Summary

The effect of fungal entomopathogen *M. anisopliae* strain NCAIM 362 against *M. melolontha* larvae in sweet potato was tested under open field conditions when crop management included compost supply and soil cover (agro-foil or agro-textile). Also the role of the *M. anisopliae* strain NCAIM 362 against *Duponchelia fovealis* in sweet potato cultivation was tested under greenhouse conditions. The effect of *M. anisopliae* same strain against *M. melolontha* was compared with the effect of alpha-Cipermethrin. Soil microbial community using Illumina sequencing and soil biological activity were tested as possible parameter influencing *M. anisopliae* effect. According to the results, compost supply and textile cover may enhance the effectiveness of *M. anisopliae* under open field conditions, while no effect of fungal treatment was detected under greenhouse conditions. Even if soil parameters (chemical composition, bacterial and biological activity) were identical, the effect of alpha-Cipermethrin against *M. melolontha* larvae was significant: lower ratio of larval survival and less damaged tubers were detected after the chemical treatment. Our results suggests that *M. anisopliae* strain NCAIM 362 is not effective to control *M. melolontha* larvae, further researches are needed to test other species of the *Metarhizium* genus to find an effective agent for sustainable pest control in sweet potato. Also we detected that the alpha-Cipermethrin was more effective against Lepidoptera larvae, a lower number of survived individuals as well as less damaged tubers were detected after the chemical treatment, compared with *M. anisopliae*.

10. 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

4. 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

Nem a disszertációhoz kapcsolódó publikációk

1. **Kentelky Endre, Lukács Zalán, Tekla Amália Lunka, Klára Benedek, Domokos Erzsébet, Barna Putnoky-Csicsó, Zsolt Szekely-Varga**, Mycorrhization of corylus avellana l. And quercus robur l. Seedlings with tuber aestivum vittad, *Scientific Papers. Series B*, Vol. Vol. LXVI, No. 1, 2022, 2022, ISSN 2285-5653, pp. 701–705. (IF. 0,4).
2. **Csorba Artúr-Botond, Putnoky Csicsó Barna, Demeter Antal, Nyárádi Imre-Istvan, Bálint János**, Insecticide efficacy on ticks (Dermacentor spp.) - Case study from an infested territory from Transylvania, *Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment*, Vol. 13, 2021, pp. 23–35., SCIENDO
3. **Csorba Artúr-Botond, Putnoky Csicsó Barna, Koncz Róbert, Bandi Attila, Nyárádi Imre István, Bálint János**, Biological control of thrips pests (Thysanoptera: Thripidae) under greenhouse conditions in Transylvania, *DRC Sustainable Future*, Vol. 1, No 2, 2020, pp. 147–154., Publons, Scilit, Crossref
4. **Csorba Artúr-Botond, Putnoky Csicsó Barna, Nyárádi Imre-Istvan, Bálint János**, Testing insecticides efficacy on pollen beetles (Meligethes aeneus F.), *Journal of Horticulture Forestry and Biotechnology*, Vol. 24, No 3, 2020, pp. 53–57., Cab

11. Irodalomjegyzék

- Abney, M.R., Kennedy, G.G., 2011. Relative Susceptibility of Two Sweetpotato Varieties to Storage Root Damage by Sweetpotato Flea Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and Wireworm (Coleoptera: Elateridae). *Jnl. econ. entom.* 104, 143–148. <https://doi.org/10.1603/EC10196>
- Abrol, D.P., 2014. Integrated pest management: current concepts and ecological perspective. Academic Press, Amsterdam Boston.
- Afzal, N., Afionis, S., Stringer, L.C., Favretto, N., Sakai, M., Sakai, P., 2021. Benefits and Trade-Offs of Smallholder Sweet Potato Cultivation as a Pathway toward Achieving the Sustainable Development Goals. *Sustainability* 13, 552. <https://doi.org/10.3390/su13020552>
- Akello, J., Sikora, R., 2012. Systemic acropetal influence of endophyte seed treatment on *Acyrtosiphon pisum* and *Aphis fabae* offspring development and reproductive fitness. *Biological Control* 61, 215–221. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.02.007>
- Amatuzzi, R., Poitevin, C., Poltronieri, A., Zawadneak, M., Pimentel, I., 2018. Susceptibility of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) to Soil-Borne Entomopathogenic Fungi. *Insects* 9, 70. <https://doi.org/10.3390/insects9020070>
- Araujo, E.S., Benatto, A., Bühner Rizzato, F., Poltronieri, A.S., Poitevin, C.G., Zawadneak, M.A.C., Pimentel, I.C., 2020a. Combining biocontrol agents with different mechanisms of action to control *Duponchelia fovealis*, an invasive pest in South America. *Crop Protection* 134, 105184. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105184>
- Araujo, E.S., Poltronieri, A.S., Poitevin, C.G., Mirás-Avalos, J.M., Zawadneak, M.A.C., Pimentel, I.C., 2020b. Compatibility between Entomopathogenic Fungi and Egg Parasitoids (Trichogrammatidae): A Laboratory Study for Their Combined Use to Control *Duponchelia fovealis*. *Insects* 11, 630. <https://doi.org/10.3390/insects11090630>
- Aw, K.M.S., Hue, S.M., 2017. Mode of Infection of *Metarhizium* spp. Fungus and Their Potential as Biological Control Agents. *JoF* 3, 30. <https://doi.org/10.3390/jof3020030>
- Barelli, L., Moonjely, S., Behie, S.W., Bidochka, M.J., 2016. Fungi with multifunctional lifestyles: endophytic insect pathogenic fungi. *Plant Mol Biol* 90, 657–664. <https://doi.org/10.1007/s11103-015-0413-z>
- Bateman, R., 2004. Constraints and Enabling Technologies for Mycopesticide Development. *Outlook Pest Man* 15, 64–69. <https://doi.org/10.1564/15apl07>
- Behera, S., Chauhan, V.B.S., Pati, K., Bansode, V., Nedunchezhiyan, M., Verma, A.K., Monalisa, K., Naik, P.K., Naik, S.K., 2022. Biology and biotechnological aspect of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.): a commercially important tuber crop. *Planta* 256, 40. <https://doi.org/10.1007/s00425-022-03938-8>
- Benedek, K., Bálint, J., Máthé, I., Mara, G., Felföldi, T., Szabó, A., Fazakas, C., Albert, C., Buchkowski, R.W., Schmitz, O.J., Balog, A., 2019. Linking intraspecific variation in plant chemical defence with arthropod and soil bacterial community structure and N allocation. *Plant Soil* 444, 383–397. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04284-7>
- Bidochka, M.J., Kamp, A.M., Lavender, T.M., Dekoning, J., De Croos, J.N.A., 2001. Habitat Association in Two Genetic Groups of the Insect-Pathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae*: Uncovering Cryptic Species? *Appl Environ Microbiol* 67, 1335–1342. <https://doi.org/10.1128/AEM.67.3.1335-1342.2001>
- Bischoff, J.F., Rehner, S.A., Humber, R.A., 2009. A multilocus phylogeny of the *Metarhizium anisopliae* lineage. *Mycologia* 101, 512–530. <https://doi.org/10.3852/07-202>
- Borowik, A., Wyszowska, J., Zaborowska, M., Kucharski, J., 2023. The Impact of Permethrin and Cypermethrin on Plants, Soil Enzyme Activity, and Microbial Communities. *IJMS* 24, 2892. <https://doi.org/10.3390/ijms24032892>

- Bovell-Benjamin, A.C., 2007. Sweet Potato: A Review of its Past, Present, and Future Role in Human Nutrition, in: *Advances in Food and Nutrition Research*. Elsevier, pp. 1–59. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(06\)52001-7](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(06)52001-7)
- Bueno-Pallero, F.Á., Blanco-Pérez, R., Vicente-Díez, I., Rodríguez Martín, J.A., Dionísio, L., Campos-Herrera, R., 2020. Patterns of Occurrence and Activity of Entomopathogenic Fungi in the Algarve (Portugal) Using Different Isolation Methods. *Insects* 11, 352. <https://doi.org/10.3390/insects11060352>
- Castellano-Hinojosa, A., Boyd, N.S., Strauss, S.L., 2022. Impact of fumigants on non-target soil microorganisms: a review. *Journal of Hazardous Materials* 427, 128149. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.128149>
- Cervantes-Flores, J.C., 2000. Root-knot Nematode Resistance in Sweetpotato and Development of Sweetpotato Differential Host Genotypes for *Meloidogyne* spp.
- Cuthbertson, A.G.S., Walters, K.F.A., 2005. Pathogenicity of the Entomopathogenic Fungus, *Lecanicillium muscarium*, against the Sweetpotato Whitefly *Bemisia tabaci* under Laboratory and Glasshouse Conditions. *Mycopathologia* 160, 315–319. <https://doi.org/10.1007/s11046-005-0122-2>
- Dangi, S., Tirado-Corbalá, R., Gerik, J., Hanson, B., 2017. Effect of Long-Term Continuous Fumigation on Soil Microbial Communities. *Agronomy* 7, 37. <https://doi.org/10.3390/agronomy7020037>
- Dinu, M., Soare, R., Poulianiti, K., Karageorgou, I., Bozinou, E., Makris, D.P., Lalas, S., Botu, M., 2022. Mulching Effect on Quantitative and Qualitative Characteristics of Yield in Sweet Potatoes. *Horticulturae* 8, 271. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030271>
- Dotaona, R., Wilson, B.A.L., Stevens, M.M., Holloway, J., Ash, G.J., 2017. Chronic effects and horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* strain QS155 infection in the sweet potato weevil, *Cylas formicarius* (Coleoptera: Brentidae). *Biological Control* 114, 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.07.008>
- Driver, F., Milner, R.J., Trueman, J.W.H., 2000a. A taxonomic revision of *Metarhizium* based on a phylogenetic analysis of rDNA sequence data. *Mycological Research* 104, 134–150. <https://doi.org/10.1017/S0953756299001756>
- Driver, F., Milner, R.J., Trueman, J.W.H., 2000b. A taxonomic revision of *Metarhizium* based on a phylogenetic analysis of rDNA sequence data. *Mycological Research* 104, 134–150. <https://doi.org/10.1017/S0953756299001756>
- Elena, G.J., Beatriz, P.J., Alejandro, P., 2011. *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin Promotes Growth and Has Endophytic Activity in Tomato Plants. *IDOSI Publications* 22–27.
- Erler, F., 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* 15, 44–44. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev029>
- Fătu, C., Dinu, M.-M., Andrei, A.-M., 2018. *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch AND *Metarhizium anisopliae* (Metsch.). *Sci. Bull. Ser. F Biotechnol* 22, 42–49.
- Ferreira, J.M., Soares, F.E.D.F., 2023. Entomopathogenic fungi hydrolytic enzymes: A new approach to biocontrol? *Journal of Natural Pesticide Research* 3, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.napere.2023.100020>
- Fischl, G., 2000. A biológiai növényvédelem alapjai növénykórokozók, kártevő állatok és gyomnövények ellen. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest.
- Giuseppe, M., Patrizia, B., Elia, M.B., 2016. R: A language and environment for statistical computing. *Open Journal of Statistics* 6.
- Green, V.S., Stott, D.E., Diack, M., 2006. Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: Optimization for soil samples. *Soil Biology and Biochemistry* 38, 693–701. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.06.020>

- Herlemann, D.P., Labrenz, M., Jürgens, K., Bertilsson, S., Waniek, J.J., Andersson, A.F., 2011. Transitions in bacterial communities along the 2000 km salinity gradient of the Baltic Sea. *ISME J* 5, 1571–1579. <https://doi.org/10.1038/ismej.2011.41>
- Hilfred, H., Leen, M., Griepink, F.C., Ester, A., 2006. Biology, control and luring of the cockchafer, *Melolontha melolontha*: literature report on biology, life cycle and pest incidence, current control possibilities and pheromones. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*, Lelystad.
- Horaczek, A., Viernstein, H., 2004. Comparison of three commonly used drying technologies with respect to activity and longevity of aerial conidia of *Beauveria brongniartii* and *Metarhizium anisopliae*. *Biological Control* 31, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.04.016>
- Hou, F., Zhang, L., Xie, B., Dong, S., Zhang, H., Li, A., Wang, Q., 2015. Effect of plastic mulching on the photosynthetic capacity, endogenous hormones and root yield of summer-sown sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) in Northern China. *Acta Physiol Plant* 37, 164. <https://doi.org/10.1007/s11738-015-1912-x>
- Hussain, A., Rizwan-ul-Haq, M., Al-Ayedh, H., Al-Jabr, A., 2014. Mycoinsecticides: Potential and Future Perspective. *FNA* 6, 45–53. <https://doi.org/10.2174/2212798406666140613113905>
- Igwe, K.C., Osipitan, A.A., Afolabi, C.G., Lawal, O.I., 2023. Assessment of insect pests of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) and control with botanicals. *International Journal of Pest Management* 69, 315–323. <https://doi.org/10.1080/09670874.2021.1918357>
- Jaber, L.R., Ownley, B.H., 2018. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biological Control* 116, 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.01.018>
- Jackson, D.M., Bohac, J.R., Dalip, K.M., Lawrence, J., Clarke-Harris, D., McComie, L., Gore, J., McGlashan, D., Chung, P., Edwards, S., Tolin, S., Edwards, C., 2002. INTEGRATED PEST MANAGEMENT OF SWEETPOTATO IN THE CARIBBEAN. *Acta Hortic.* 143–154. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.583.16>
- Jackson, M.A., Dunlap, C.A., Jaronski, S.T., 2010. Ecological considerations in producing and formulating fungal entomopathogens for use in insect biocontrol. *BioControl* 55, 129–145. <https://doi.org/10.1007/s10526-009-9240-y>
- Jansson, R.K., Raman, K.V. (Eds.), 1991. Sweet potato pest management: a global perspective, *Studies in insect biology*. Westview Press, Boulder.
- Jaronski, S.T., 2010. Ecological factors in the inundative use of fungal entomopathogens. *BioControl* 55, 159–185. <https://doi.org/10.1007/s10526-009-9248-3>
- Jenser, G., Mészáros, Z., Sáringer, G., 2003. A szántóföldi és kertészeti növények kártevői: Káros és hasznos állatok. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest.
- Karuri, H.W., Olago, D., Neilson, R., Mararo, E., Villinger, J., 2017. A survey of root knot nematodes and resistance to *Meloidogyne incognita* in sweet potato varieties from Kenyan fields. *Crop Protection* 92, 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.10.020>
- Katiski Da Costa Stuart, A., Lee Furuie, J., Aparecida Cassilha Zawadneak, M., Chapaval Pimentel, I., 2020. Increased mortality of the European pepper moth *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera:Crambidae) using entomopathogenic fungal consortia. *Journal of Invertebrate Pathology* 177, 107503. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107503>
- Kepler, R.M., Humber, R.A., Bischoff, J.F., Rehner, S.A., 2014. Clarification of generic and species boundaries for *Metarhizium* and related fungi through multigene phylogenetics. *Mycologia* 106, 811–829. <https://doi.org/10.3852/13-319>
- Kepler, R.M., Maul, J.E., Rehner, S.A., 2017. Managing the plant microbiome for biocontrol fungi: examples from Hypocreales. *Current Opinion in Microbiology* 37, 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2017.03.006>

- Kergunteuil, A., Bakhtiari, M., Formenti, L., Xiao, Z., Defosse, E., Rasmann, S., 2016. Biological Control beneath the Feet: A Review of Crop Protection against Insect Root Herbivores. *Insects* 7, 70. <https://doi.org/10.3390/insects7040070>
- Kósa, M.E., Balog, A., 2016. Mikoriza gomba (*Rhizophagus irregularis*) hatása a számoça vegetatív fejlődsére és betegségekkel szembeni ellenállóságára. Marosvásárhely. <https://doi.org/Magyar>
- Lee, I.H., Shim, D., Jeong, J.C., Sung, Y.W., Nam, K.J., Yang, J.-W., Ha, J., Lee, J.J., Kim, Y.-H., 2019. Transcriptome analysis of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*)-resistant and susceptible sweetpotato cultivars. *Planta* 249, 431–444. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-3001-z>
- Li, X., Skillman, V., Dung, J., Frost, K., 2022. Legacy effects of fumigation on soil bacterial and fungal communities and their response to metam sodium application. *Environmental Microbiome* 17, 59. <https://doi.org/10.1186/s40793-022-00454-w>
- Liao, X., O'Brien, T.R., Fang, W., St. Leger, R.J., 2014. The plant beneficial effects of *Metarhizium* species correlate with their association with roots. *Appl Microbiol Biotechnol* 98, 7089–7096. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5788-2>
- Mascarin, G.M., Lopes, R.B., Delalibera, Í., Fernandes, É.K.K., Luz, C., Faria, M., 2019. Current status and perspectives of fungal entomopathogens used for microbial control of arthropod pests in Brazil. *Journal of Invertebrate Pathology* 165, 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.01.001>
- McGuire, A.V., Northfield, T.D., 2020. Tropical Occurrence and Agricultural Importance of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Front. Sustain. Food Syst.* 4, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00006>
- Mello, A.F.S., Silva, G., De Sousa, R.L., Barbosa, A.V.S., Nakasu, E.Y.T., Silva, G.O., Biscaia, D., Pinheiro, J.B., 2022. Sweetpotato Genotypes ‘CIP BRS Nuti’ and ‘Canadense’ Are Resistant to *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, and *M. enterolobii*. *Plant Disease* 106, 1238–1243. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-21-1194-RE>
- Meyling, N.V., Eilenberg, J., 2007. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: Potential for conservation biological control. *Biological Control* 43, 145–155. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.07.007>
- Milosavljević, I., Esser, A.D., Crowder, D.W., 2016. Effects of environmental and agronomic factors on soil-dwelling pest communities in cereal crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 225, 192–198. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.006>
- Mongkolsamrit, S., Khonsanit, A., Thanakitpipattana, D., Tسانathai, K., Noisripoom, W., Lamlertthon, S., Himaman, W., Houbraken, J., Samson, R.A., Luangsa-ard, J., 2020. Revisiting *Metarhizium* and the description of new species from Thailand. *Studies in Mycology* 95, 171–251. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2020.04.001>
- Nottingham, S.F., Kays, S.J., 2002. SWEETPOTATO WEEVIL CONTROL. *Acta Hortic.* 155–161. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.583.17>
- Okonya, J.S., Mwanga, R.O., Syndikus, K., Kroschel, J., 2014. Insect pests of sweetpotato in Uganda: farmers’ perceptions of their importance and control practices. *SpringerPlus* 3, 303. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-303>
- Oloka, B.M., Da Silva Pereira, G., Amankwaah, V.A., Mollinari, M., Pecota, K.V., Yada, B., Olukolu, B.A., Zeng, Z.-B., Craig Yenchó, G., 2021. Discovery of a major QTL for root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) resistance in cultivated sweetpotato (*Ipomoea batatas*). *Theor Appl Genet* 134, 1945–1955. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03797-z>
- Osunlola, Oluremi Solomon, Fawole, B., 2015. Evaluation of Animal Dungs and Organomineral Fertilizer for the Control of *Meloidogyne incognita* on Sweet Potato. *International Journal of Agronomy* 2015, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2015/725363>

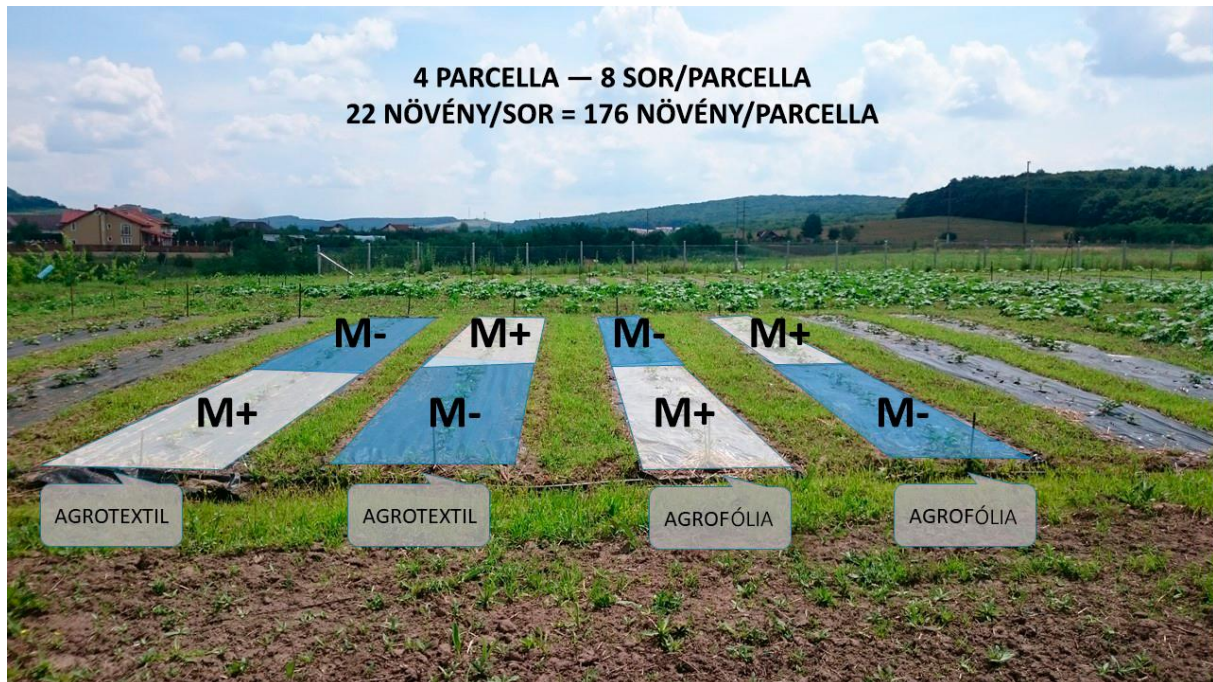
- Osunlola, O S, Fawole, B., 2015. Pathogenicity of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 2 6, 47–53.
- Patel, R., Mitra, B., Vinchurkar, M., Adami, A., Patkar, R., Giacomozzi, F., Lorenzelli, L., Baghini, M.S., 2023. Plant pathogenicity and associated/related detection systems. A review. *Talanta* 251, 123808. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.123808>
- Randall P., G., 2021. Sweet Potato & Irish Potato Insects. Clemson Cooperative Ex.
- Rápó, E., Posta, K., Suciu, M., Szép, R., Tonk, S., 2019. Adsorptive Removal of Remazol Brilliant Violet-5R Dye from Aqueous Solutions using Calcined Eggshell as Biosorbent. *ACSi* 66, 648–658. <https://doi.org/10.17344/acsi.2019.5079>
- Rápó, E., Szép, R., Keresztesi, Á., Suciu, M., Tonk, S., 2018. Adsorptive Removal of Cationic and Anionic Dyes from Aqueous Solutions by Using Eggshell Household Waste as Biosorbent. *ACSi* 65, 709–717. <https://doi.org/10.17344/acsi.2018.4401>
- Reinbacher, L., Bacher, S., Praprotnik, E., Grabenweger, G., 2021. Standard non-target tests for risk assessment of plant protection products are unsuitable for entomopathogenic fungi—a proposal for a new protocol. *J Soils Sediments* 21, 2357–2368. <https://doi.org/10.1007/s11368-021-02919-w>
- Roditakis, E., Simoglou, K., Baixeras, J., Avtzis, D., 2019. First report of *Duponchelia fovealis* (Lep.: Crambidae) as a pest of sweet potato. *Biodiversity, Evolution and Systematics (Part I* 4.
- Rognes, T., Flouri, T., Nichols, B., Quince, C., Mahé, F., 2016. VSEARCH: a versatile open source tool for metagenomics. *PeerJ* 4, e2584. <https://doi.org/10.7717/peerj.2584>
- Rolston, L.H., Clark, C.A., Cannon, J.M., Randle, W.M., Riley, E.G., Wilson, P.W., Robbins, M.L., 1987. Beauregard' Sweet Potato. *horts* 22, 1338–1339. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.22.6.1338>
- Schloss, P.D., 2020. Reintroducing mothur: 10 Years Later. *Appl Environ Microbiol* 86, e02343-19. <https://doi.org/10.1128/AEM.02343-19>
- Shah, P.A., Pell, J.K., 2003. Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Appl Microbiol Biotechnol* 61, 413–423. <https://doi.org/10.1007/s00253-003-1240-8>
- Sharma, N., Allardyce, B., Rajkhowa, R., Adholeya, A., Agrawal, R., 2022. A Substantial Role of Agro-Textiles in Agricultural Applications. *Front. Plant Sci.* 13, 895740. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.895740>
- Skinner, M., Parker, B.L., Kim, J.S., 2014. Role of Entomopathogenic Fungi in Integrated Pest Management, in: *Integrated Pest Management*. Elsevier, pp. 169–191. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398529-3.00011-7>
- Story, R.N., Hammond, A.M., Fuxa, J.R., 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* 24. <https://doi.org/10.1093/amt/24.1.E90>
- Sung, Y.W., Lee, I.H., Shim, D., Lee, K.-L., Nam, K.J., Yang, J.-W., Lee, J.J., Kwak, S.-S., Kim, Y.-H., 2019. Transcriptomic changes in sweetpotato peroxidases in response to infection with the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Mol Biol Rep* 46, 4555–4564. <https://doi.org/10.1007/s11033-019-04911-7>
- Um, M., Galadima, I., Gambo, F., Zakaria, D., n.d. A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops. *Journal of Entomology and Zoology Studies*.
- Vega, F.E., Blackwell, M., 2005. *Insect-fungal associations: ecology and evolution*. Oxford university press, New York.
- Vega, F.E., Goettel, M.S., Blackwell, M., Chandler, D., Jackson, M.A., Keller, S., Koike, M., Maniania, N.K., Monzón, A., Ownley, B.H., Pell, J.K., Rangel, D.E.N., Roy, H.E., 2009.

- Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. *Fungal Ecology* 2, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2009.05.001>
- Vidal, S., Jaber, L.R., 2015. Entomopathogenic fungi as endophytes: plant–endophyte–herbivore interactions and prospects for use in biological control. *Current Science* 109, 46–54.
- Webb, S.E., 2002. Insect Management for Sweet Potatoes. *EDIS* 2002. <https://doi.org/10.32473/edis-ig159-2002>
- Wien, H.C., Minotti, P.L., Grubinger, V.P., 1993. Polyethylene Mulch Stimulates Early Root Growth and Nutrient Uptake of Transplanted Tomatoes. *JASHS* 118, 207–211. <https://doi.org/10.21273/JASHS.118.2.207>
- Yang, N.-W., Li, A.-L., Wan, F.-H., Liu, W.-X., Johnson, D., 2010. Effects of plant essential oils on immature and adult sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. *Crop Protection* 29, 1200–1207. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.006>
- Yang, Y., Shi, C., Wang, Z., Wang, C., Liu, H., 2014. Effects of plastic film mulching on arable layer soil temperature, moisture and yield of sweet potato. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* 22.
- Yigezu Wendimu, G., 2021. Biology, Taxonomy, and Management of the Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) in Sweet Potato. *Advances in Agriculture* 2021, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2021/8820211>
- Yoder, J.A., Pekins, P.J., Nelson, B.W., Randazzo, C.R., Siemon, B.P., 2017. SUSCEPTIBILITY OF WINTER TICK LARVAE AND EGGS TO ENTOMOPATHOGENIC FUNGI - *BEAUVERIA BASSIANA*, *BEAUVERIA CALEDONICA*, *METARHIZIUM ANISOPLIAE*, AND *SCOPULARIOPSIS BREVICAULIS*. *ALCES* VOL. 53.
- Zimmermann, G., 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Biocontrol Science and Technology* 17, 879–920. <https://doi.org/10.1080/09583150701593963>

12. Melléklet

12.1. Szabadföldi kísérlet

1. Melléklet – a szabadföldi kísérlet vázlat ábrája, ahol P=parcella, S=sor, K+=komposzt hozzáadása, K-=komposzt hiánya, Fol=agrofólia, Text=agrotextil, M+=*Metarhizium anisopliae* kezelés, M-= *Metarhizium anisopliae* kezelés nélkül



2. Melléklet – Szabadföldi vizsgálatok elhelyezkedése agrotextil és agrofólia takarással.



3. Melléklet – Szabadföldi vizsgálatok szegélyhatás elemzései.

Minden adat

	M+K-Fol	M-K-Fol	M+K-Fol	M-K-Fol
M+K-Fol		0.09417	0.5802	0.08233
M-K-Fol	0.565		0.02305	0.8488
M+K-Fol	1	0.1383		0.02169
M-K-Fol	0.494	1	0.1301	

Szegély nélkül

	M+K-Fol	M-K-Fol	M+K-Fol	M-K-Fol
M+K-Fol		0.01013	0.6653	0.2855
M-K-Fol	0.06077		0.0167	0.1851
M+K-Fol	1	0.1002		0.4562
M-K-Fol	1	1	1	

Csak szegély

	M+K-Fol	M-K-Fol	M+K-Fol	M-K-Fol
M+K-Fol		0.7021	0.2233	0.1713
M-K-Fol	1		0.3849	0.07606
M+K-Fol	1	1		0.01433
M-K-Fol	1	0.4564	0.08601	

4. Melléklet - Szabadszíni vizsgálatok blokkhatás vizsgálatai.

Minden adat

	M+K-Text	M-K-Text	M+K-Text	M-K-Text
M+K-Text		0.07725	0.3005	0.1736
M-K-Text	0.07725		0.5111	0.6807
M+K-Text	0.3005	0.5111		0.7929
M-K-Text	0.1736	0.6807	0.7929	

Szegély nélkül

	M+K-Text	M-K-Text	M+K-Text	M-K-Text
M+K-Text		0.9857	0.4723	0.9857
M-K-Text	0.9857		0.4723	0.9857
M+K-Text	0.4723	0.4723		0.4723
M-K-Text	0.9857	0.9857	0.4723	

Csak szegély

	M+K-Text	M-K-Text	M+K-Text	M-K-Text
M+K-Text		0.02164	0.05813	0.0723
M-K-Text	0.02164		0.8469	0.599
M+K-Text	0.05813	0.8469		0.7976
M-K-Text	0.0723	0.599	0.7976	

5. Melléklet – Szabadszíni vizsgálatok blokk és szegélyhatás együttes vizsgálatai.

Minden adat

	M+K+Fol	M-K+Fol	M+K+Fol	M-K+Fol
M+K+Fol		0.5845	0.5314	0.1254
M-K+Fol	0.5845		0.9868	0.3097
M+K+Fol	0.5314	0.9868		0.2656
M-K+Fol	0.1254	0.3097	0.2656	

Szegély nélkül

	M+K+Fol	M-K+Fol	M+K+Fol	M-K+Fol
M+K+Fol		0.9869	0.7748	0.2067
M-K+Fol	0.9869		0.719	0.1611
M+K+Fol	0.7748	0.719		0.06458
M-K+Fol	0.2067	0.1611	0.06458	

Csak szegély

	M+K+Fol	M-K+Fol	M+K+Fol	M-K+Fol
--	---------	---------	---------	---------

M+K+Fol		0.452	0.1999	0.5022
M-K+Fol	0.452		0.7298	0.9874
M+K+Fol	0.1999	0.7298		0.7635
M-K+Fol	0.5022	0.9874	0.7635	

Minden adat

	M+K+Text	M-K+Text	M+K+Text	M-K+Text
M+K+Text		0.9613	0.5774	0.3803
M-K+Text	0.9613		0.5807	0.3027
M+K+Text	0.5774	0.5807		0.1135
M-K+Text	0.3803	0.3027	0.1135	

Szegély nélkül

	M+K+Text	M-K+Text	M+K+Text	M-K+Text
M+K+Text		0.8527	0.3999	0.9343
M-K+Text	0.8527		0.482	0.7515
M+K+Text	0.3999	0.482		0.3023
M-K+Text	0.9343	0.7515	0.3023	

Csak szegély

	M+K+Text	M-K+Text	M+K+Text	M-K+Text
M+K+Text		0.9174	0.9862	0.2837
M-K+Text	0.9174		0.9325	0.2832
M+K+Text	0.9862	0.9325		0.2225
M-K+Text	0.2837	0.2832	0.2225	

6. Melléklet – Szegély és blokkhatások statisztikai értékei.

Minden
adat

	M+K-Fol	M-K-Fol	M+K-Fol	M-K-Fol	M+K+Fol	M-K+Fol	M+K+Fol	M-K+Fol
M+K-Fol		0.09417	0.5802	0.08233	0.683	0.8714	0.8383	0.2182
M-K-Fol	1		0.02305	0.8488	0.05103	0.1533	0.1136	0.7205
M+K-Fol	1	0.6453		0.02169	0.9296	0.4837	0.422	0.07283
M-K-Fol	1	1	0.6072		0.04683	0.1326	0.09696	0.6068
M+K+Fol	1	1	1	1		0.5845	0.5314	0.1254
M-K+Fol	1	1	1	1	1		0.9868	0.3097
M+K+Fol	1	1	1	1	1	1		0.2656
M-K+Fol	1	1	1	1	1	1	1	

Szegély
nélkül

	M+K-Fol	M-K-Fol	M+K-Fol	M-K-Fol	M+K+Fol	M-K+Fol	M+K+Fol	M-K+Fol
M+K-Fol		0.01013	0.6653	0.2855	0.7748	0.719	0.9866	0.06458
M-K-Fol	0.2836		0.0167	0.1851	0.05478	0.03165	0.01013	0.3118
M+K-Fol	1	0.4676		0.4562	0.9617	0.9875	0.6653	0.1207
M-K-Fol	1	1	1		0.516	0.4867	0.2855	0.5909
M+K+Fol	1	1	1	1		0.9869	0.7748	0.2067
M-K+Fol	1	0.8863	1	1	1		0.719	0.1611
M+K+Fol	1	0.2836	1	1	1	1		0.06458
M-K+Fol	1	1	1	1	1	1	1	

Szegéllyel

	M+K-Fol	M-K-Fol	M+K-Fol	M-K-Fol	M+K+Fol	M-K+Fol	M+K+Fol	M-K+Fol
M+K-Fol		0.7021	0.2233	0.1713	0.3532	0.9151	0.8217	0.9262
M-K-Fol	1		0.3849	0.07606	0.574	0.8166	0.4939	0.8384
M+K-Fol	1	1		0.01433	0.769	0.3029	0.1111	0.3556
M-K-Fol	1	1	0.4014		0.02669	0.1651	0.1783	0.2208
M+K+Fol	1	1	1	0.7474		0.452	0.1999	0.5022
M-K+Fol	1	1	1	1	1		0.7298	0.9874
M+K+Fol	1	1	1	1	1	1		0.7635
M-K+Fol	1	1	1	1	1	1	1	

Minden adat

	M+K-Text	M-K-Text	M+K-Text	M-K-Text	M+K+Text	M-K+Text	M+K+Text	M-K+Text
M+K-Text		0.07725	0.3005	0.1736	0.415	0.4039	0.7456	0.07725
M-K-Text	1		0.5111	0.6807	0.3803	0.3027	0.1135	0.9956
M+K-Text	1	1		0.7929	0.837	0.7783	0.4265	0.5111
M-K-Text	1	1	1		0.6284	0.5532	0.2553	0.6807
M+K+Text	1	1	1	1		0.9613	0.5774	0.3803
M-K+Text	1	1	1	1	1		0.5807	0.3027
M+K+Text	1	1	1	1	1	1		0.1135
M-K+Text	1	1	1	1	1	1	1	

Szegely nélkül

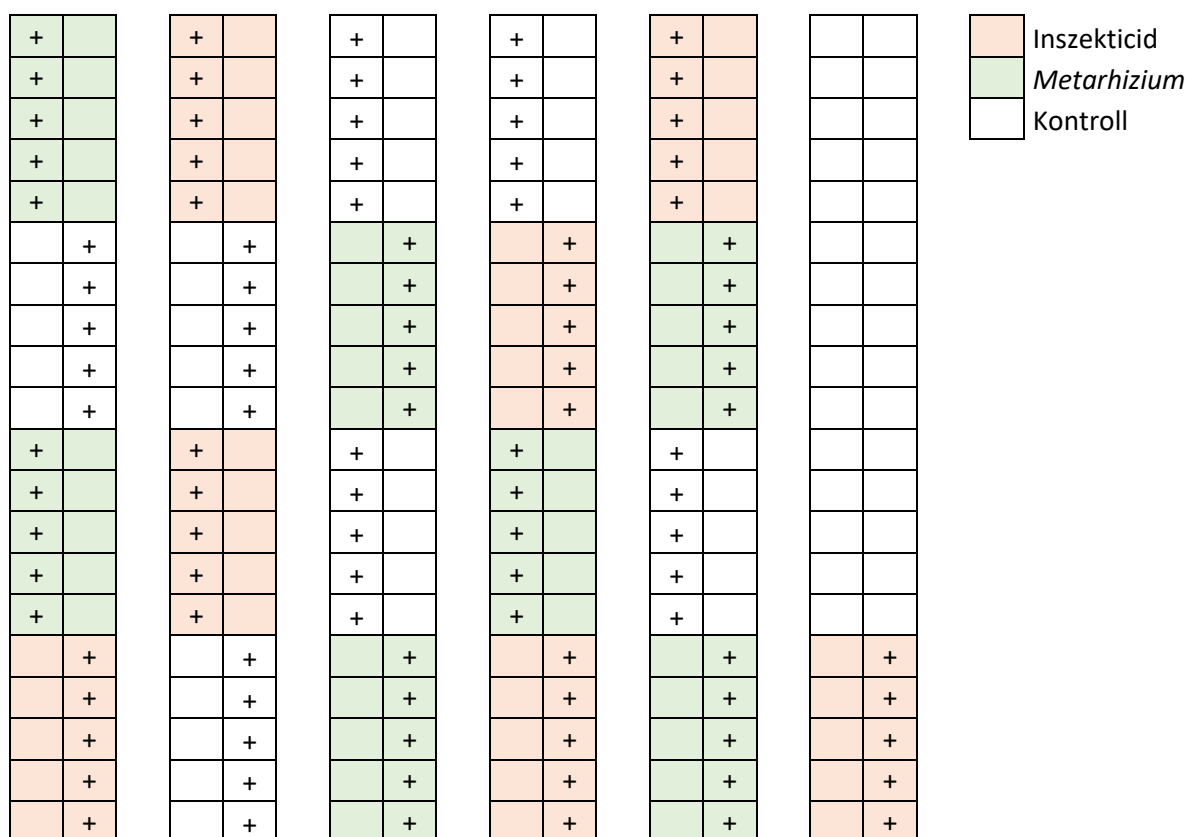
	M+K-Text	M-K-Text	M+K-Text	M-K-Text	M+K+Text	M-K+Text	M+K+Text	M-K+Text
M+K-Text		0.9857	0.4723	0.9857	0.6906	0.821	0.6682	0.5875
M-K-Text	1		0.4723	0.9857	0.6906	0.821	0.6682	0.5875
M+K-Text	1	1		0.4723	0.2735	0.3234	0.7585	0.196
M-K-Text	1	1	1		0.6906	0.821	0.6682	0.5875
M+K+Text	1	1	1	1		0.8527	0.3999	0.9343
M-K+Text	1	1	1	1	1		0.482	0.7515
M+K+Text	1	1	1	1	1	1		0.3023
M-K+Text	1	1	1	1	1	1	1	

Szegéllyel

	M+K-Text	M-K-Text	M+K-Text	M-K-Text	M+K+Text	M-K+Text	M+K+Text	M-K+Text
M+K-Text		0.02164	0.05813	0.0723	0.4609	0.3534	0.3823	0.06501
M-K-Text	0.6059		0.8469	0.599	0.1368	0.1225	0.08454	0.7201
M+K-Text	1	1		0.7976	0.2495	0.2442	0.1903	0.9042
M-K-Text	1	1	1		0.3205	0.326	0.2584	0.9036
M+K+Text	1	1	1	1		0.9174	0.9862	0.2837
M-K+Text	1	1	1	1	1		0.9325	0.2832
M+K+Text	1	1	1	1	1	1		0.2225
M-K+Text	1	1	1	1	1	1	1	

12.2. Tenyészedényes kísérlet

7. Melléklet – A tenyészedényes kísérlet blokkjainak és ismétléseinek vázlati ábrája



8. Melléklet – tenyészedényes kísérlet fóliasátorban a növények kiültetése után.



9. Melléklet - tenyészedényes kísérlet fóliasátorban a vegetáció kezdetén.



10. Melléklet - tenyészedényes kísérlet fóliasátorban a vegetáció végén.



11. Melléklet - A 16S rRNS gén amplikon szekvenálási adataiból számított baktériumfajok száma (sobs, ACE és Chao-1) és diverzitási indexek (inverz Simpson és Shannon-Weaver). KI - a kontroll P+, KII - a kontroll P-, MI - a *Metarhizium* P+, MII - a *Metarhizium* P-, VI- a rovarölőszer P+, VII- a rovarölőszer P- kezelést jelenti.

Minta	Szekvenciák száma	Lefedettség	sobs	ACE	Chao-1	inv. Simpson	Shannon-Weaver
KII_1	23 548	0.985	2476	2632	2545	489	6.96
KII_2	43 528	0.948	3423	4335	4080	524	7.24
KII_3	37 745	0.962	2835	3435	3251	364	6.91
KI_1	29 118	0.969	3092	3491	3324	700	7.25
KI_2	19 791	0.994	2585	2624	2593	595	7.13
KI_3	26 241	0.979	2574	2810	2702	484	6.99
MII_1	39 091	0.956	3123	3836	3622	555	7.14
MII_2	39 288	0.956	3132	3851	3638	528	7.16
MII_3	46 541	0.949	3173	4105	3865	289	6.94
MI_1	54 173	0.944	3283	4355	4129	494	7.13
MI_2	47 644	0.951	3195	4063	3878	486	7.15

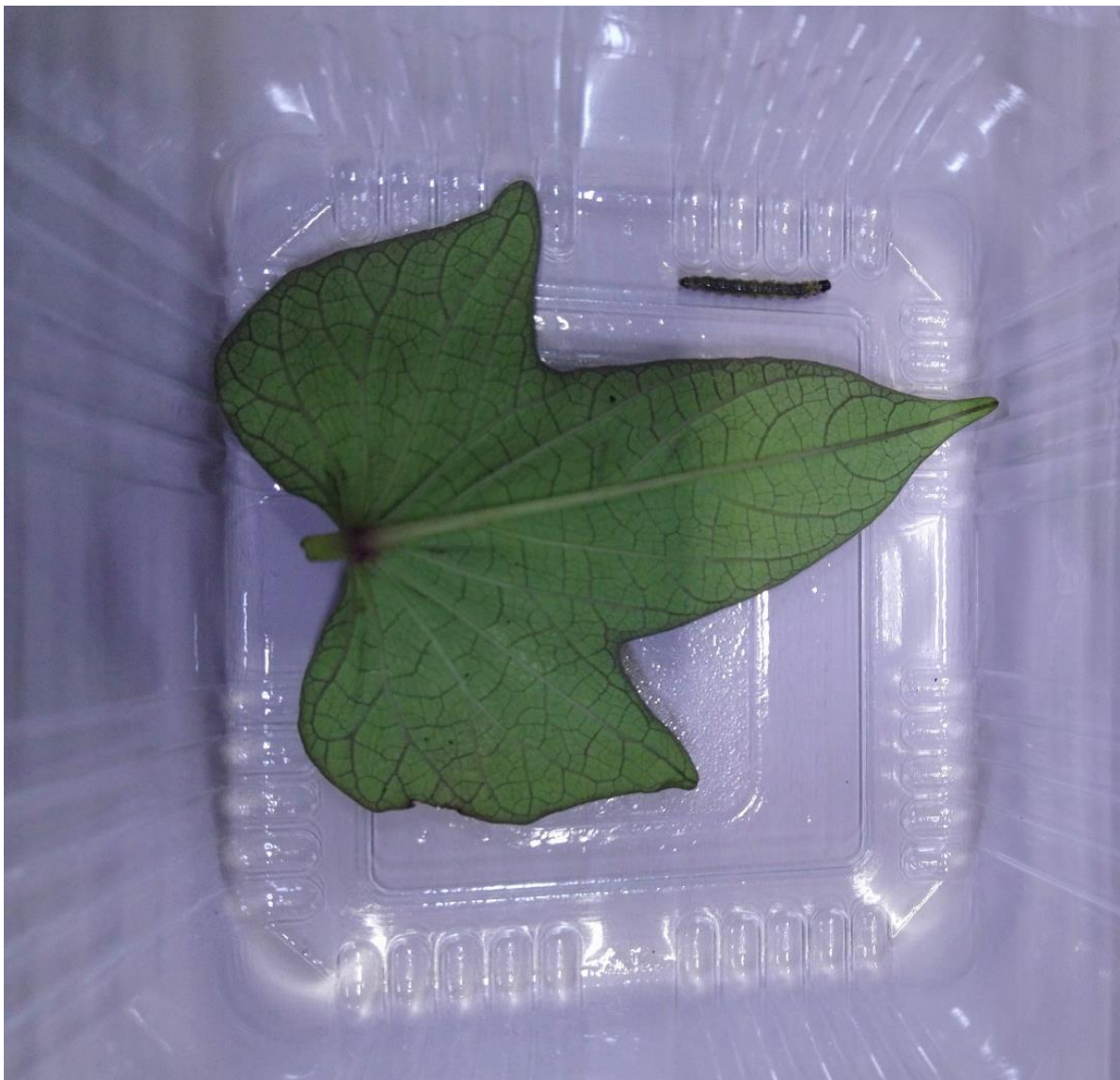
MI_3	48 376	0.943	3407	4506	4227	482	7.16
VII_1	44 907	0.952	3078	3952	3730	564	7.11
VII_2	36 406	0.964	2877	3408	3241	503	7.05
VII_3	39 339	0.960	2990	3635	3455	570	7.13
VI_1	44 735	0.958	2645	3433	3219	150	6.54
VI_2	32 558	0.969	2659	3107	2947	375	6.93
VI_3	44 192	0.958	2809	3535	3347	193	6.80

12.3. Laboratóriumi kísérlet a pontuszi tűzmoly lárvájával

12. Melléklet – A laboratóriumi vizsgálat beállítása.



13. Melléklet – A kísérlet folyamata, a lárvák és a tápnövény elhelyezésével.



14. Melléklet - A batáta talajából kimutatott fontosabb baktérium taxonok.

taxon	total	KII 1	KII 2	KII 3	KI 1	KI 2
Bacteria	69722 1	2354 8	4352 8	3774 5	2911 8	1979 1
Acidobacteria	68790	2328	3914	4481	3248	2125
Actinobacteria	41950	1475	2780	7424	1577	1433
AncK6	2	0	0	2	0	0
Armatimonadetes	3346	89	243	132	225	53
Atribacteria	113	0	19	0	23	0
BRC1	689	17	46	13	35	13
Bacteria_unclassified	7176	238	524	258	385	284
Bacteroidetes	61920	1761	4184	2068	2396	1246
Calditrichaeota	2	2	0	0	0	0
Chlamydiae	3436	95	200	103	145	86
Chloroflexi	46896	1975	3035	3208	2470	1357
Cyanobacteria	509	5	29	19	14	12
Dadabacteria	179	13	41	2	12	2
Deinococcus-Thermus	260	3	48	4	22	16
Dependentiae	723	21	18	30	22	16
Elusimicrobia	1984	87	114	98	63	31
Entothaeonellaeota	145	6	7	49	6	5
Epsilonbacteraeota	22	0	11	0	0	5
FBP	107	3	4	2	4	2
FCPU426	941	22	116	12	35	14
Fibrobacteres	1014	26	53	25	48	8
Firmicutes	1540	66	323	130	54	68
GAL15	4	0	0	0	0	2
Gemmatimonadetes	23016	1469	1950	1543	1052	664
Halanaerobaeota	17	0	8	0	0	0
Hydrogenedentes	1423	28	88	37	85	38
Kiritimatiellaeota	221	9	13	0	12	5
Latescibacteria	6876	343	408	276	452	220
Lentisphaerae	120	1	12	2	11	8
Margulisbacteria	89	0	16	0	2	0
Nitrospirae	2342	115	167	211	130	124
Omnitrophicaeota	630	20	24	43	32	26
PAUC34f	2	0	0	0	0	0
Patescibacteria	54788	1325	2714	1809	2117	1235
Planctomycetes	80580	2516	4740	3550	3512	2367
Proteobacteria	24657 5	8239	1536 9	9225	9695	7471
Rokubacteria	3115	246	191	563	168	189
Spirochaetes	1204	49	120	46	43	28
Synergistetes	10	0	10	0	0	0
TA06	41	0	3	0	13	0
Tenericutes	14	8	0	0	0	0
Thermotogae	9	0	9	0	0	0
Verrucomicrobia	31727	867	1811	2310	875	576
WOR-1	2	0	0	0	0	0
WPS-2	80	0	0	0	0	2
WS2	1063	25	84	29	79	23
WS4	11	3	2	2	0	0
Zixibacteria	1518	53	80	39	56	37

15. Melléklet - Talajminta abszorbancia mérések a biológiai aktivitás során.

K 1			
Talajmintak abszorbanciai	A1	0.408	
	A2	0.342	
	A3	0.413	
Enzimaktivitas (U), $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$	U1	3.515006	
	U2	2.722689	
	U3	3.57503	
		3.270908	átlag
			szóras, standard deviencia, STDEV
		0.475719	
K 2			
Talajmintak abszorbanciai	A1	0.094	
	A2	0.131	
	A3	0.097	
Enzimaktivitas (U), $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$	U1	-0.2545	
	U2	0.189676	
	U3	-0.21849	
		-0.09444	átlag
			szóras, standard deviencia, STDEV
		0.246708	
VI 1			
Talajmintak abszorbanciai	A1	0.349	
	A2	0.349	
	A3	0.378	
Enzimaktivitas (U), $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$	U1	2.806723	
	U2	2.806723	
	U3	3.154862	
		2.922769	átlag

		0.200998	szóras, standard deviencia, STDEV
V 2			
Talajmintak abszorbancai	A1	0.375	
	A2	0.383	
	A3	0.46	
Enzimaktivitas (U), $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$	U1	3.118848	
	U2	3.214886	
	U3	4.139256	
		3.490996	átlag
			szóras, standard deviencia, STDEV
		0.563459	
MI 1			
Talajmintak abszorbancai	A1	0.434	
	A2	0.457	
	A3	0.44	
Enzimaktivitas (U), $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$	U1	3.827131	
	U2	4.103241	
	U3	3.89916	
		3.943177	átlag
			szóras, standard deviencia, STDEV
		0.143222	
M 2			
Talajmintak abszorbancai	A1	0.214	
	A2	0.226	
	A3	0.235	
Enzimaktivitas (U), $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$	U1	1.186074	
	U2	1.330132	
	U3	1.438175	
		1.318127	átlag

		0.126478	szóras, standard deviencia, STDEV
M 3			
Talajmintak abszorbancai	A1	0.449	
	A2	0.464	
	A3	0.472	
Enzimaktivitas (U), µg/g*h	U1	4.007203	
	U2	4.187275	
	U3	4.283313	
		4.159264	átlag
			szóras, standard deviencia, STDEV
		0.14017	
KI 3			
Talajmintak abszorbancai	A1	0.26	
	A2	0.244	
	A3	0.258	
Enzimaktivitas (U), µg/g*h	U1	1.738295	
	U2	1.546218	
	U3	1.714286	
		1.666267	átlag
			szóras, standard deviencia, STDEV
		0.104655	
V 3			
Talajmintak abszorbancai	A1	0.389	
	A2	0.35	
	A3	0.345	
Enzimaktivitas (U), µg/g*h	U1	3.286915	
	U2	2.818727	
	U3	2.758703	
		2.954782	átlag

		0.289197	szóras, standard deviencia, STDEV
K 1 P-			
Talajmintak abszorbancai	A1	0.146	
	A2	0.167	
	A3	0.141	
Enzimaktivitas (U), $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$	U1	0.369748	
	U2	0.621849	
	U3	0.309724	
		0.433774	átlag
			szóras, standard deviencia, STDEV
		0.16562	
M 3 P-			
Talajmintak abszorbancai	A1	0.337	
	A2	0.32	
	A3	0.341	
Enzimaktivitas (U), $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$	U1	2.662665	
	U2	2.458583	
	U3	2.710684	
		2.610644	átlag
			szóras, standard deviencia, STDEV
		0.133859	
K 3 P-			
Talajmintak abszorbancai	A1	0.34	
	A2	0.335	
	A3	0.339	
Enzimaktivitas (U), $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$	U1	2.698679	
	U2	2.638655	
	U3	2.686675	
		2.67467	átlag

		0.031762	szóras, standard deviencia, STDEV
KI 2 P-			
Talajmintak abszorbanciai	A1	0.354	
	A2	0.322	
	A3	0.347	
Enzimaktivitas (U), $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$	U1	2.866747	
	U2	2.482593	
	U3	2.782713	
		2.710684	átlag

		0.201952	szóras, standard deviencia, STDEV
M 2 P-			
Talajmintak abszorbanciai	A1	0.32	
	A2	0.316	
	A3	0.337	
Enzimaktivitas (U), $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$	U1	2.458583	
	U2	2.410564	
	U3	2.662665	
		2.510604	átlag

		0.133859	szóras, standard deviencia, STDEV
M 3 P-			
Talajmintak abszorbanciai	A1	0.296	
	A2	0.259	
	A3	0.274	
Enzimaktivitas (U), $\mu\text{g/g}\cdot\text{h}$	U1	2.170468	
	U2	1.726291	
	U3	1.906363	

		1.934374	átlag
			szóras, standard deviencia, STDEV
		0.22341	
V 1 P-			
Talajmintak abszorbancai	A1	0.374	
	A2	0.381	
	A3	0.431	
Enzimaktivitas (U), µg/g*h	U1	3.106843	
	U2	3.190876	
	U3	3.791116	
		3.362945	átlag
			szóras, standard deviencia, STDEV
		0.37318	
V 2 P-			
Talajmintak abszorbancai	A1	0.374	
	A2	0.386	
	A3	0.39	
Enzimaktivitas (U), µg/g*h	U1	3.106843	
	U2	3.2509	
	U3	3.29892	
		3.218888	átlag
			szóras, standard deviencia, STDEV
		0.09996	
V 3 P-			
Talajmintak abszorbancai	A1	0.406	
	A2	0.407	
	A3	0.409	
Enzimaktivitas (U), µg/g*h	U1	3.490996	
	U2	3.503001	
	U3	3.527011	
		3.507003	átlag

13. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, dr. Balog Adalbertnek és dr. Bálint Jánosnak, valamint dr. Tóth Ferencnek, nagy megtiszteltetés és kiváltság volt a témavezetések alatt dolgozni, munkáikban mindig segítőkészek és inspirálóak voltak. Köszönöm a rengeteg iránymutatást, a türelmet és a bizalmat, amit belém helyeztetek. A ti tanácsaitok és bátorításaitok mindig új szempontokat és megvilágításokat hoztak a munkámhoz és hozzájárultak a tudományos fejlődésemhez.

Köszönettel tartozom a Sapientia EMTE, Marvásárhelyi Kar, Kertészmérnöki Tanszékének, akik biztosították a kutatáshoz szükséges területet, eszközöket, ezáltal hozzájárultak a célom eléréséhez.

Hálával tartozom a Collegium Talentum programnak, amely több éven keresztül támogatta a kutatásomat és a tudományos fejlődésemet. Ennek a programnak köszönhetően lehetőségem nyílt a kapcsolatépítésre is.

Végezetül, köszönöm a feleségemnek, családomnak és barátaimnak, hogy támogatást nyújtottatok, bátorítottatok, nagyra értékelem a végtelen türelmet, amit az évek alatt kaptam tőletek.