

**Soproni Egyetem
Erdőmérnöki Kar
Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola**

Horváth Eszter:

A biológiai védekezés lehetőségei *Cetonia aurata*, *Melolontha melolontha* és *M. hippocastani* fajok pajorjai ellen *Beauveria* gombatörzsek alkalmazásával.

Doktori (PhD) értekezés

Témavezetők:

Prof. dr. Lakatos Ferenc

Dr. Tuba Katalin

.....

.....

Sopron, 2023.

A biológiai védekezés lehetőségei *Cetonia aurata*, *Melolontha melolontha* és *M. hippocastani* fajok pajorjai ellen *Beauveria* gombatörzsek alkalmazásával.

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta:

Horváth Eszter

Készült a Soproni Egyetem

Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola

Az Erdőgazdálkodás Biológiai Alapjai programja keretében

Témavezető(k): Prof. dr. Lakatos Ferenc

Dr. Tuba Katalin

Az értekezés témavezetőként elfogadásra javasolt: igen / nem _____
témavezető(k) aláírása

A komplex vizsga időpontja: 20 ____ év _____ hónap ____ nap

A komplex vizsga eredménye _____ %

Az értekezés bírálóként elfogadásra javasolt (igen /nem)

1. bíráló: Dr. _____ igen / nem _____
(aláírás)

2. bíráló: Dr. _____ igen / nem _____
(aláírás)

Az értekezés nyilvános védésének eredménye: _____ %

Kelt Sopron, 20 ____ év _____ hónap ____ nap

a Bíráló Bizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése: _____

az EDHT elnöke

Tartalom

Kivonat.....	6
Abstract	7
1 Bevezetés.....	8
1.1 Háttér	8
1.2 Célkitűzések.....	9
1.3 Hipotéziseim.....	9
2 Szakirodalmi áttekintés	10
2.1 Cserebogárfélék.....	10
2.2 Jelentőségük.....	11
2.3 A cserebogarak elleni védekezés lehetőségei	12
2.3.1 Mechanikai védekezés.....	13
2.3.2 Kémiai védekezés.....	13
2.3.3 Biológiai védekezés.....	14
3 Anyag és módszer	29
3.1 Cserebogár káradatok elemzése.....	29
3.2 1.kísérlet – <i>Beauveria</i> fajok törzseinek növekedési erély vizsgálata laboratóriumi körülmények között.....	29
3.3 2. kísérlet- A gyakorlatban használt vegyszerek hatásának vizsgálata a <i>Beauveria</i> fajok törzseinek növekedésére laboratóriumi körülmények között.....	30
3.4 3.kísérlet- <i>Beauveria</i> fajok törzseinek hatásvizsgálata <i>Melolontha</i> és <i>Cetonia</i> pajorokra laboratóriumi körülmények között	33
3.5 4.kísérlet- <i>Beauveria</i> gombatörzs hatásának vizsgálata <i>Cetonia aurata</i> pajorokra különböző közegekben és hőmérsékleteken, félüzemi körülmények között	34
3.6 Statisztikai kiértékelés (ANOVA)	35
4 Eredmények és értékelésük	37
4.1 Cserebogár káradatok elemzése.....	37
4.2 1. kísérlet– <i>Beauveria</i> fajok törzseinek növekedési erély vizsgálata laboratóriumi körülmények között.....	41
4.3 2. kísérlet- A gyakorlatban használt vegyszerek hatásának vizsgálata a <i>Beauveria</i> fajok törzseinek növekedésére laboratóriumi körülmények között.....	45
4.3.1 Kontroll telepek.....	45
4.3.2 Taifun 360-nal kezelt minták	48
4.3.3 Basudinnal kezelt minták	53
4.3.4 Vegesol eReS- sel kezelt minták	56
4.3.5 Topazzal kezelt minták.....	59
4.4 3. kísérlet- <i>Beauveria</i> fajok törzseinek hatásvizsgálata <i>Melolontha</i> és <i>Cetonia</i> pajorokra laboratóriumi körülmények között	64

4.5	4. kísérlet- <i>Beauveria</i> gombatörzs hatásának vizsgálata <i>Cetonia aurata</i> pajorokra különböző közegekben és hőmérsékleteken, félézemi körülmények között	69
5	Megvitatás	78
5.1	1. kísérlet- <i>Beauveria</i> fajok törzseinek növekedési erély vizsgálata laboratóriumi körülmények között.....	78
5.2	2. kísérlet- A gyakorlatban használt vegyszerek hatásának vizsgálata a <i>Beauveria</i> fajok törzseinek növekedésére laboratóriumi körülmények között.....	78
5.3	3. kísérlet- <i>Beauveria</i> fajok törzseinek hatásvizsgálata <i>Melolontha</i> és <i>Cetonia</i> pajorokra laboratóriumi körülmények között	79
5.4	4. kísérlet- <i>Beauveria</i> gombatörzs hatásának vizsgálata <i>Cetonia aurata</i> pajorokra különböző közegekben és hőmérsékleteken, félézemi körülmények között	80
6	Javaslatok	81
7	Hipotézisek - tézisek	82
8	Összefoglalás.....	84
9	Köszönetnyilvánítás	85
10	Irodalomjegyzék.....	86

Kivonat

A *Beauveria bassiana* és a *B. brongniartii* entomopatogén gombafajok törzseit vizsgáltuk különböző szempontok szerint, *Melolontha melolontha*, *M. hippocastani* és *Cetonia aurata* pajorokon. A gombák növekedése szempontjából laboratóriumi körülmények között végzett vizsgálat alapján a *B. bassiana* gyorsabb, erőteljesebb növekedésre képes közepes: 20-21°C körüli hőmérsékleten, ezért a tavasz végi-nyári kezelésekhöz ezen faj törzsei javasoltak.

A gyakorlatban használt diazinon, illetve glifozát hatóanyagú rovar- és gyomirtó szerek egyidejű alkalmazása a vizsgált *Beauveria* törzsekkel javasolható, hiszen többnyire semleges vagy egymást segítő hatást mutatott ki a vizsgálat. Penkonazol vagy kén hatóanyagú gombaölő szerek esetében viszont az azonos területre való kijuttatás nem célravezető, mert ezekben az esetekben a gomba hatását gátolta mindkét hatóanyag. Amennyiben mégis elkerülhetetlen a gombaölő szer használata, inkább a kén hatóanyagú szereket kell előnyben részesíteni.

Egy harmadik vizsgálatban gombaszuszpenziós kezelést alkalmaztunk *Melolontha melolontha*, *M. hippocastani* és *Cetonia aurata* pajorokon. Az eredmények azt mutatják, hogy a *Beauveria bassiana* és *B. brongniartii* fajok vizsgált törzseinek csak a *Melolontha* fajokra van közvetlen hatása, viszont közvetett hatás ezeknél és a *C. aurata* fajnál is kimutatható. Ez bizonyítja, hogy e két gombafaj vizsgált törzsei *Melolontha* fajspecifikusak.

Félüzemi kísérlet során megerősítést nyert a gombatörzsek fajspecifikussága, ugyanis sem a közeg, sem a hőmérséklet változtatásával nem sikerült elérni, hogy a gomba *C. aurata* pajorokon letális mértékben fel tudjon szaporodni.

Abstract

The possibilities of biological control against *Cetonia aurata*, *Melolontha melolontha* and *M. hippocastani* grubs using *Beauveria* fungi

Impacts of *Beauveria bassiana* and *B. brongniartii* enthomopathogenic fungi were studied on *Melolontha melolontha*, *M. hippocastani* and *Cetonia aurata* grubs, evaluating the results from different perspectives. Focusing on the growth of the fungi under laboratory conditions the results showed that *B. bassiana* grew faster and more vigorously given the 20-21°C temperature, so the strain of this species is recommended for the late spring – early summer treatments.

The use of insecticides and herbicides containing diazinon or glyphosate as active agent together with the tested *Beauveria* strains can be recommended, as their interactions were either neutral or positive in most cases. Parallel usage of the fungi and fungicides with active agent penkonazol or sulphur on the same plot is not effective, as both agents had negative, blocking effect on them. If simultaneous application is inevitable, the ones with sulphur as active agent are a better choice.

In a third experiment, 1400 ml distilled water and 10 ml fungi suspension was applied on *Melolontha melolontha*, *M. hippocastani* and *Cetonia aurata* grubs. The results show that the tested phyla of *Beauveria bassiana* and *B. brongniartii* species have direct effect only on *Melolontha* grubs, but indirect effect was detected on *C. aurata* grubs as well. This proves that these phyla are species specific to *Melolontha*.

As an outcome of a pilot experiment, the species specificity gained reinforcement, as neither the change of the medium, nor the alteration of temperature resulted in direct lethal effect on *C. aurata* grubs.

1 Bevezetés

1.1 Háttér

Európa és Magyarország, de mondhatjuk, hogy az egész világ erdő- és mezőgazdálkodására jelentős hatással vannak a cserebogarak. A *Melolonthinae* (Rendszertani besorolásuk a doktori munkafolyamat során változott és még mindig nincs nyugvóponton.) család fajai föld alatt és felett is évszázadok óta különösen komoly károkat okoznak különösen a fiatal egyedeken. A problémát tovább fokozza az utóbbi évtizedekben felerősödött klímaváltozás is. A család két faja; a májusi és az erdei cserebogár (*Melolontha melolontha* és *Melolontha hippocastani*) a fő kártevők, populációjuk a klímaváltozás hatására számukra kedvező időjárási körülményeknek köszönhetően egyre növekszik. Az Alföldön, homokos talajon gyakori még a kalló cserebogár (*Polyphilla fullo*), a keleti cserebogár (*Anoxia orientalis*) és a pusztai cserebogár (*Anoxia pilosa*). Ezen fajok mellett sokszor előkerülnek a rózsabogár fajok, leggyakrabban a *Cetonia aurata*, melynek pajorjai laikus szemmel nehezen elkülöníthetők a *Melolontha* pajoroktól, így sok esetben téves diagnózis születik és ennek folytán nem megfelelő, gyakran felesleges és hatástalan kezelések kerülnek lefolytatásra. A pajorok és a nemzők ellen is számos védekezési mód ismert, melyek alkalmazása leginkább a bogár rejtett életmódja miatt, de fejlődésmenetének és biológiájának összetettsége okán is nagy odafigyelést igényel. A kémiai és mechanikai védekezés helyét egyre inkább a biológiai védekezési eljárások veszik át napjainkban. Ennek oka egyrészt a fokozódó környezettudatosság, a vegyszerek klímaváltozást gyorsító hatásának felismerése, másrészt az alkalmazott vegyszerek rövid és hosszú távú, immár egyre gyakrabban érzékelhető negatív hatásai a nem célszervezetekre, köztük az emberre és a beporzókra, illetve egyéb hasznos élőlényekre is. A biológiai védekezés előtérbe kerülésével új módszerek és hatóanyagok használata és vizsgálata vált szükségessé. A *Beauveria* tartalmú termésközelítő szerek felhasználásával kapcsolatban több kísérlet és kezelés is történt, melyek eredményei változatos képet mutatnak. A rovarpatogén gombák kijuttatása viszont önmagában általában nem elegendő, hiszen egyéb kár- és kórokozók ellen is védekezni kell a csemetekertekben, erdészeti és mezőgazdasági kultúrákban. A cserebogárpajorok által leginkább kedvelt és károsított kultúrákban használt szerek hatóanyagainak *Beauveria* fajokra gyakorolt hatását azonban nem ismerjük eléggé.

Ezen hiányos ismeretanyag bővítését célozza a jelen dolgozat, melyben több szemszögből is górcső alá kerül a probléma.

1.2 Célkitűzések

A cserebogár-pajorok elleni védekezés hazánkban egyre kevésbé megoldott a vegyszeres növényvédelem visszaszorulásával, egyes hatóanyagok használatának korlátozásával, illetve kivonásával. Éppen ezért indokolt alternatív védekezési módok (biológiai, esetleg kombinált) kidolgozása, előzetes vizsgálata és használata. Magyarországon eddig a *Beauveria bassiana* faj törzseit használták csak az erdészeti gyakorlatban, gyenge eredménnyel. A *B. brongniartii* készítmények (ART) első hazai kipróbálásának tekinthető ez a dolgozat. Amennyiben értékelhető és a *B. bassiana*-nál jobb eredményt adnak a kísérletek, a BORA törzsekhez használt infrastruktúra ezek kijuttatására is alkalmas, a gyakorlatban jó hatásfokkal alkalmazható szert kapunk. Ezek kiderítése érdekében elsőként a használt gombatörzsek optimális körülmények között mutatott növekedési ütemét vizsgáljuk, melynek megállapítása fontos ahhoz, hogy eldönthessük, melyikkel érdemes terepen is foglalkozni. Majd a gombatörzseket használati alapon kiválasztott rovar-, gyom- és gombaölőszerekkel kezelve, szintén a növekedés ütemét vizsgáljuk, ebből már a szerek *Beauveriára* gyakorolt hatása is látható. A következő lépés a célfaj(ok)on való kipróbálás, elsőként laboratóriumi körülmények között, majd pedig egy félüzemi kísérletben, ahol már a külső tényezők, így a hőmérséklet és a közeg változnak. Ezen kísérletektől remélek jobb rálátást és pontosítást a *Beauveria* tartalmú termésközelítő szerek használatával, használatának körülményeivel és a vele egyidőben alkalmazható egyéb szerek körével kapcsolatban.

1.3 Hipotéziseim

1. Azonos, állandó és ideális körülmények között a *Beauveria bassiana* és a *Beauveria brongniartii* entomopatogén gombafajok törzsei azonos ütemű növekedésre képesek.
2. A gyakorlatban használt növényvédő és termésközelítő szerek *Beauveriával* történő együttes alkalmazása esetén a gombaölő hatóanyaggal rendelkező szerek gátolják a gombatörzsek növekedését és így a hatékonyságukat is.
3. Azonos, állandó és ideális körülmények között a *Beauveria bassiana* és *Beauveria brongniartii* fajok törzsei a laikusok által könnyen összetéveszthető *Cetonia aurata*, *Melolontha melolontha* és *Melolontha hippocastani* pajorok közül inkább a *Melolontha* fajokra nézve patogének.
4. A *Beauveria bassiana* és *Beauveria brongniartii* fajok törzseinek *Cetonia aurata* faj pajorjaira gyakorolt hatását befolyásolja a talajtípus és a hőmérséklet.

2 Szakirodalmi áttekintés

2.1 Cserebogárfélék

A Föld több mint 4000 cserebogár-alakúakhoz tartozó faja közül a Kárpát-medencében 81 faj fordul elő. Ezen fajok elterjedési területe és környezeti igénye jelentősen különbözik (ÁDÁM, 2003). Általánosságban elmondható, hogy az imágók viszonylag közismertek, többnyire nappali bogarak. Magyarországon a *M. melolontha* és a *M. hippocastani* közül a májusi cserebogár a gyakoribb és jelentősebb. Országunkban hét törzséből három van jelen. Mivel a rovar fejlődési ciklusa három, egyes magasabban fekvő területeken négy éves, a három jelen lévő törzsnek köszönhetően minden évben várható az országban valahol rajzás. A májusi cserebogár kártételére a magasabban fekvő területeken, az erdei cserebogáréra leginkább az alföldi tölgyesekben kell számítani (HOMONNAY és HOMONNAYNÉ, 1970; ENKERLI és mtsai., 2008.; net 1.; net 2.).

A májusi és az erdei cserebogár kártételét hasonlóságuk miatt nem lehet elkülöníteni. Az erdőtelepítések és erdőfelújítások sikertelenségének sokszor a cserebogár az oka.

Életmódjuk és elterjedési területük majdnem azonos, azzal a különbséggel, hogy míg a májusi cserebogár síkságon, dombvidéken, hegyvidéken, kötött és laza talajon is megtalálható, ahol erdős a terület, addig az erdei cserebogár a száraz, laza homokos talajokat részesíti előnyben (ÁDÁM, 2003. net 1.). Ennek megfelelően Közép-Európában elterjedt. A Magyarországon megtalálható három májusi cserebogár törzs elterjedési területei az 1 ábrán láthatók (ENKERLI, 2008.).



1. ábra: Cserebogár törzsek elterjedési területei Magyarországon (HOMONNAY, 1973.)

Egyéb Magyarországon található, a cserebogárfélékhez tartozó károsítók (net 2.):

- Kalló cserebogár (*Polyphilla fullo*): homokos talajon károsít gyümölcsfákat, szőlőt, tölgyeket, napraforgót, nyírfát, fenyőt
- Keleti cserebogár (*Anoxia orientalis*): homokos talajon károsít
- Pusztai cserebogár (*Anoxia pilosa*): homokos talajon károsít erdeifenyőt
- Áprilisi vörhenyes cserebogár (*Holochelus aequinoctialis*): kötött talajon, sík- és dombvidéken károsítja a szántóföldi növényeket
- Tavaszvégi cserebogár (*Rhizotrogus aestivus*): kötött talajon, sík- és dombvidéken károsítja a lágyszárú növényeket
- Sárga cserebogár (*Amphimallon solstitiale*): laza és közép-kötött talajokon károsít
- Fináncbogár (*Anomala vitis*): főleg szőlőben okoz jelentős károkat
- Kis fináncbogár (*Anomala dubia*)

2.2 Jelentőségük

A nemző nagysága *M. melolontha* esetében 25-33 mm, *M. hippocastani* esetében 22-28 mm. Előbbi előtora fekete, farfedője háromszög alakú; utóbbié sötétbarna, farfedőjének vége csepp alakú, vastagodó, míg a szárnyfedő mindkét fajnál vörösesbarna színű. Az álca has felé görbülő pajor (LAKATOS és SZABÓ, 2002). A nőtény a földbe rakja petéit, melyek 3 éves fejlődésük során a föld alatt jelentős károkat okoznak. Álca alakban telelnek kétszer (L1 és L2 stádium), a harmadik év nyarának közepétől (L3 stádium) mélyebbre húzódik bábozódni, majd az ősz folyamán kifejlődik a bogár, mely a következő tavasszal kirepül (LAKATOS és SZABÓ, 2002). A *Melolonthinae* alcsaládba tartozó fajok mindegyikének lárvái – melyeket pajornak nevezünk – földalatti fejlődésük első évében még nem károsítanak, ebben az időszakban apró talajrészecskékkel, humusszal táplálkoznak. A következő években sorra térnek át a lágyszárúak, majd a fásszárúak finom gyökereire, lárvakoruk utolsó évében pedig a fás gyökerek kérgét is teljesen lerágják. A lárva a gyökeret elrágja, hámozza, gödrös mélyedéseket készít bennük. Lényegében bármit elfogyasztanak, de jobban kedvelik a nedvdús, vastag, puha növényi részeket. Rágáskéjük kanyargós vagy foltos (BOGNÁR és HUZIÁN, 1979). Elsősorban a lágyszárúak gyökereit, mint pl. a sárgarépa, káposzta- és salátafélék, valamint fásszárú fajok közül főként a kőrist, juhart, nyírfát, s csak másodsorban rágják a tölgyek, bükk, gyertyán és fenyőfélék gyökérzetét. A diófélék, az akác és a bálványfa gyökerei viszonylag biztonságban vannak aromásságuk miatt. A csírázó makkot is megrágják. A csemetekertekben különösen érzékeny károkat tudnak okozni, mivel a gyommentesen tartott táblákban a csemeték gyökerén kívül más táplálékot nem találnak (VARGA és MOLNÁR, 2013) Rágásukkal a másodlagosan

károsító kórokozóknak is utat nyitnak. (HOMONNAY és HOMONNAYNÉ, 1970) A pajorok polifágok, táplálkozásuk során alkalmazkodtak a különböző tápértékű növények fogyasztásához (SUKOVATA és mtsai., 2015).

Lárva állapotban okozzák a legnagyobb kárt, ha tömegesen vannak jelen nem ritka, hogy idős fák pusztulnak el pajorrágás következtében (GYÖRFI, 1954).

A kifejlett bogarak április-májusban bújnak elő, ekkor van a rajzás, melynek kivételével nap közben ritkán lehet velük találkozni (ENKERLI, 2008; net 1.). Éppen ezért a nemzők elleni védekezés is ebben az időszakban aktuális. Elsősorban friss hajtásokkal, levelekkel táplálkoznak, a leveleket karéjosra rágják, meglehetősen pazarló módon táplálkoznak. Tömegszaporodás esetén tarrágást is okozhatnak (net 2.). A pajorokhoz hasonlóan a bogarak is polifágok, tápnövényeik között szerepelnek lombos és tűlevelű fák, cserjefajok és lágyszárú növények is. Kedvenc tápnövényeik a tölgyek (*Quercus*) de megrágnak az *Acer*, *Populus*, *Salix*, *Carpinus*, *Fagus*, *Castanea*, *Betula*, *Larix*, valamint a gyümölcsfa – főleg a csonthéjas, ezek közül is a *Prunus* fajokat. *Robinia*, *Ulmus* és *Fraxinus* fajokon nem jellemző az imágók károsítása (net 1., VARGA és MOLNÁR, 2013).

A rajzás kezdete után kb. egy héttel alakul ki az egyenlő ivararány, ami erdővédelmi szempontból fontos információ (BOGNÁR és HUZSIÁN, 1979).

2.3 A cserebogarak elleni védekezés lehetőségei

A védekezés sikerességéhez elengedhetetlen a rovar biológiájának ismerete és megjelenésének (rajzásának, gradációjának, károsításának) előrejelzése, illetve a kritikus ökológiai tényezők, valamint a törzsek rajzási éveinek és elterjedési területeinek ismerete mellett a lárvák és imágók populációinak változásait is figyelemmel kell követni (VARGA és MOLNÁR, 2013). Ezek ismerete alapján az imágók rajzásmegfigyelése tervezhető, a szignalizáció főleg fénycsapdával, de kísérleti szinten feromoncsapdával is elvégezhető. A cserebogarak esetében, mivel jól repülnek a fényre, egyszerű és hatékony módszer a fénycsapdázás (JÁRFÁS, 1977). A csapdák jelentős számú egyed fogására alkalmasak, így gyéríthetjük is a bogarakat (net 2.). A rajzás intenzitására az őszi talajvizsgálatok során kiásott L3-as pajorok mennyiségéből lehet következtetni (VARGA és MOLNÁR, 2013).

A biogazdaságok számára különösen nagy veszélyt jelentenek a *Melolontha* fajok. Az ilyen gazdálkodási mód esetén kifejezetten fontos a biológiai védekezés hatékonysága.

Niemczyk és munkatársai (2017) a *Melolontha* fajok előfordulását vizsgálták a környezeti tényezők függvényében, mint az állomány elhelyezkedése, nyitottsága, kora, fafajösszetétele, koronazáródás,

és az aljnövényzet fedettsége. Eredményeik alapján a szegélyterületeken nagyobb az előfordulás valószínűsége, főként igaz ez a nyílt területekkel határos szegélyekre.

2.3.1 Mechanikai védekezés

A magyar erdészeti szakirodalom első írása, ami a cserebogarak elleni védekezésről is szól, 1867-es keltezésű. Ebben szerepel az erdőszélek beterítése marhatrágyával a rajzás idején, majd rajzás végeztével ennek felszedése és megsemmisítése (ISMERETLEN, 1867) Ebből az időből való a peterakás megfigyelése és a nőstény által készített lyukak kiásása és a peték elpusztítása is (VARGA és MOLNÁR, 2013).

Minden egyéb mechanikai védekezési mód közül a rovarok gyűjtése bizonyult a leghatékonyabbnak. Egy 1891-es forrás pl. a Hajdúböszörményben elrendelt gyűjtés során 3 nap alatt 22 ezer liter cserebogár begyűjtéséről számol be (mek). Ratkovszky (1894; 1895) több alkalommal is sikeres pajorgyűjtő akcióról ír Sopron vármegyében, ahol a gyűjtött pajorokért pénz is járt.

Károsított növény esetén annak azonnali kiásását és megsemmisítését javasolják, valamint az irodalomban megjelent a bogarak fényre való reagálásának kihasználása is; részben az erdő szélén történő tűzrakás, részben pedig egy kezdetleges fénycsapda említésével, melynél egy bádoglemezt megvilágítottak, alá pedig szurokkal teli zsákot helyeztek (ISMERETLEN, 1868; 1887).

Woreta (2015) hangsúlyozza a talajművelés és a késői ültetés fontosságát, míg Tartanus és munkatársai (2017) a peterakás fizikai korlátozására a talaj fehér agrotexittel való takarását javasolják, illetve az imágók begyűjtéséhez fénycsapdák használatát. Ezek a módszerek természetesen inkább a mezőgazdasági, mint az erdészeti kultúrákban megvalósíthatóak.

Bio eperültetvényen *Melolontha* fajokat fogtak be és vizsgáltak. A bogarakat fénycsapdával vagy a fáról való lerázással gyűjtötték össze. A 4 m magasan lévő csapdák több egyedet fogtak, mint a 2 m-en lévők. Különböző előveteményekkel próbálkoztak a pajorok számának csökkentése érdekében és arra jutottak, hogy a hajdina mustárral vagy valamilyen hüvelyessel kombinálva megfelelő elővetemény a cél eléréséhez. Pajorkárra fogékony növény esetében, amilyen az eper is, mindenképpen vetésforgót javasolnak. (MALUSÁ és mtsai., 2020)

2.3.2 Kémiai védekezés

A kémiai védekezés első hazai ismert említése 1891-ből való. Ekkor egy pajorfertőzött csemetekertet kezeltek naftalinnal, melynek hatása gyors volt és tartós pajormentességet biztosított. A kijuttatott dózis 100 kg/ha volt. (ISMERETLEN, 1981) További kísérleteket végeztek kainittal (LONKAY, 1902),

benzinnel (VADAS, 1904), szénkénegezéssel (PÉCH, 1895; HIBBJÁN, 1897; HANGAY, 1900) és egyéb különféle kémiai szerekkel, de egyik sem bizonyult elég hatásosnak. A leggyakoribb probléma a perzselés, a rövid hatástartam és az egyéb szervezetekre gyakorolt negatív hatás volt.

Az 50-es években HCH-t (hexaklór-ciklohexán) és DDT-t (diklórdifenil-triklór-etán) tartalmazó készítményeket is bevetettek a cserebogarak elleni védekezésben. A hatásuk kielégítő volt, de mivel a klórozott szénhidrogének nem ürülnek ki, hanem felhalmozódnak az élőlények szöveteiben és így az egészségre ártalmasak, ezeket a szereket kb. 20 éves pályafutás után a 60-as évek vége felé be is tiltották (GYÖRFI, 1960). A továbbiakban klórozott szénhidrogént lindán hatóanyaggal 1999-ig használhattak (PETHŐ és OCSKÓ, 2003)

Ezeket a szerves foszforsav-észter hatóanyagú készítmények váltották fel, melyek felszívódóak és nem perzselik a gyökereket kijuttatáskor. Hatástartamuk rövidebb ugyan, de nem halmozódnak fel, hanem felszívódnak. Sajnálatos módon azonban a melegvérűekre ezek is letális hatással voltak. (KOLONITS, 1971)

1984 óta eredményesen alkalmazzák a Decis ULV készítményt szegélypermetezésre a kifejlett bogarak ellen. A kezelést üzemi méretekben is sikeresen hajtják végre, a földi és a légi kijuttatás is hatékony. (JAKAB és mtsai., 1984)

A Zalaerdő Zrt. Nagykanizsai Erdészeténél sikeresen alkalmazzák a csöves technológiát, melynek lényege, hogy csöves ültetéssel a gyökérszónába való állandó beavatkozási lehetőséget alakítsanak ki. Évente többszöri rendszeres visszatéréssel kezelik a csemeték gyökérszónáját, így biztosítva nem csak a pajormentességet, de más károsítók és kórokozók elleni védekezés lehetőségét is. (BABICS és VÍZVÁRI, 2006) Ez a módszer egyébként megkönnyíti és lokálissá teszi nem csak a kémiai, hanem a biológiai védekezésben használt szerek kijuttatását is.

Indiában a *Melolontha indica* ellen kísérleteztek chlorpyrifos, imidacloprid, clothianidin, thiamethoxam, bifenthrin és chlorantraniliprole hatóanyagokkal mezőgazdasági kultúrákban. A magok kezelésekor a chlorantraniliprole 18.5 SC (2.5 ml/kg) és a chlorpyrifos 20 EC (5 ml/kg) bizonyult a legjobbnak 56.67 and 46.67% hatékonysággal. (RANA és mtsai., 2020)

2.3.3 Biológiai védekezés

A cserebogaraknak sok természetes ellensége van, többször próbálkoztak ezek betelepítésével, kíméletével a fokozottan fertőzött területeken. A kifejlett bogarat fogyasztja róka, nyest, denevérek, mókus, seregély, sirályok és vetési varjú, kisebb mértékben fácánok és gébicsek is. A pajorok fő fogyasztói pedig a vaddisznó, házi disznó, vakond, sünn, borz, madarak közül pedig a seregély, bíbic, búbos banka, sirályok, csóka, szarka és a varjak. A gerinceseken kívül parazita darazsak, entomofág

rovarok, egysejtűek, fonalférgek, baktériumok és gombák (pl. *Botrytis* és *Beauveria* fajok) is tizedelik. (SZONTAGH, 1980; BODOR, 1984; HOMONNAY és HOMONNAYNÉ, 1990)

Az egyik első magyar cikk, amely a cserebogárpajorok elleni entomopatogén gombával való védekezéssel foglalkozik, 1892-ből való. Ebben a *Botrytis tenella* gombafaj kísérleti alkalmazásáról írnak, a mintákat díjtalanul bocsájtották a vállalkozó kedvű gazdálkodók rendelkezésére és kérték a beszámolót az eredményről. A kémcsövekben lévő, fehér penésszel borított burgonyaszeletek két féle alkalmazási módját írja le a cikk: a közvetlen módszer esetében a kapott mintát 15-20 részre osztva 10-15 cm mélyen a talajba javasolja leásni, míg a közvetett módszernél a mintával előzőleg kiásott pajorokat javasol megfertőzni, majd ezeket a talajba visszaásni, mintegy fertőzési gócpontokat kialakítva ezzel.

A pajorok betegségeinek terjesztésével is próbálkoztak korábban, nem sok eredménnyel. A nemzők ellen a *Bacillus thuringiensis* készítményeket és a kitinszintézis gátlókat tartják eredményesnek (VARGA ÉS SZIDONYA, 2002).

Egy vizsgálatban kimutatták, hogy a tanninok kedvezőtlen hatással vannak a pajorokra, ezért tannin tartalmú gyökérrel rendelkező fajokat (itt főként lágyszárú fajokat és *Pinusok*) vizsgáltak, hogy vajon fel lehet-e őket használni a biológiai védekezésben (SUKOVATA, 2015). Egy másik vizsgálatban szintén a különböző fajok (ez esetben csak fásszárúak) gyökerének a pajorokra gyakorolt hatását vizsgálták és arra a következtetésre jutottak, hogy az L1-es pajorok a legérzékenyebbek a táplálék összetételére, illetve hogy az enyves éger (*Alnus glutinosa*) gyökerének fogyasztása a legkedvezőtlenebb a *Melolontha* pajorok fejlődésére. A kísérletben a következő fajokot vizsgálták: *Quercus petraea*, *Quercus robur*, *Fagus sylvatica*, *Betula pendula*, *Larix decidua*, *Alnus glutinosa*, *Pinus sylvestris*. (WORETA és SUKOVATA, 2014).

A steril hím technika alkalmazásával is kísérleteztek, melynek eredménye képpen arra jutottak, hogy ezzel a módszerrel a pajorok mennyisége 1/16-ra csökkenthető (HORBER, 1963; JERMY és NAGY, 1967).

A rovar biológiáját és életmódját figyelembe véve a XX. század első felében az erdőfelújításban is kidolgoztak új módszereket, melyek azon alapultak, hogy a bogár zárt erdőben nem, vagy csak kevésbé petézik. A korabeli erdővédelmi utasítások a talaj árnyalását és a folyamatos erdőborítást biztosító szálerdő-gazdálkodást javasolják. Komolyabb csapadékmennyiség hullása utáni talajműveléssel a pajorok egy része kiforgatható, ily módon elérhetővé válnak természetes ellenségeik számára, de össze is gyűjthetők. Az imágók számára kedvelt tápnövényeikből rajzóhelyek létesítését és árnyalásmentes erdőfoltok kialakítását javasolták, amely helyeken így eredményesebben végezhető irtás. A csemetekertek védelmét pedig vándoroltatással és a sorközökbe a célnövénynél a pajorok által jobban kedvelt növények ültetésével igyekeztek megoldani. (HARACSI, 1944)

2.3.3.1 *Beauveria* fajok felhasználása a biológiai védekezésben

1835-ben Agostino Bassi de Lodi, 'a rovarpatológia atyja' 25 év kutatás és kísérletezés után publikálta felfedezését, miszerint Franciaországban és Olaszországban a XVI. és XVII. században a selyemhernyók között pusztító muscardine betegség okozója egy fertőző élő szervezet, melyet utóbb gombaként azonosítottak, amit aztán róla is neveztek el. (net 3.)

A *Beauveria* fajok aszexuálisan szaporodó kozmopolita, entomopatogén gombák, melyek egytől egyig rovarpatogének, teleomorfiái a *Cordyceps* fajok. Konídiumtartóik és telepeik fehér színűek, egysejtű konídiumokkal, melyek aprók és hidrofóbbok. Általában a talajban található meg, ahol célszervezeteik is élnek. A selyemhernyók muscardine betegsége miatt a legszélesebb körben ismert faj a *B. bassiana*, melyet a *B. brongniartii*val együtt, mint mezőgazdaságilag fontos fajokat több biológiai védekezésben használt rovarirtó szer hatóanyagaként is számontartják.

A *B. bassiana* több rovarkártevő agresszív parazitája. Mint minden rovarpatogén gomba, a *Beauveria* is a környezeti szélsőségeknek ellenálló spórákat termel. A bakteriális és vírusos fertőzésektől eltérően a gomba kontakt módon hat, a spórák közvetlenül a rovar bőrén keresztül fertőznek. Megfelelő hőmérséklet és nedvesség esetén a spóra kicsírázik. A spórából növő gombafonal a kutikulát megtámadó és feloldó enzimeket termel, ezáltal utat nyitva a rovar testébe. A gomba átjárja az állat testét, belsejében beauvericin nevű toxint termel, ami legyengíti a gazda immunrendszerét és elvonja a tápanyagokat a gazdatestből. (Az oosporein leginkább az áldozat pusztulása után funkcionál, visszaszorítva a baktériumokat, hogy a teljes gazdatest a gomba tápláléka lehessen, így be tudja fejezni az életciklusát. (FAN és mtsai., 2017)). Egy fertőzött rovar elpusztításához a gombának 3-5 napra van szüksége. Mielőtt még elpusztulna, egy fertőzött hím egyed átadhatja a gombát párosodás során. A rovar pusztulása után a gomba antibiotikumot (oosporeint) termel, ami képessé teszi a bélrendszerben lévő baktériumok legyőzésére. Lényegében az egész testüreget a gomba tölti ki. Amikor a körülmények kedvezőek, a gomba kinő a test lágyabb részein keresztül és fehér penészgyepet alkot annak felszínén. A telepek általában lassú növekedésűek, kezdetben fehérek, majd gyakran sárgás, rózsaszínesre változnak. (ZIMMERMANN, 2007)

A rovarpatogén *Beauveria* fajokkal már rég óta kísérleteznek az egész világon. A legkorábbi ilyen vizsgálatot Kínában végezték az édesburgonya zsizsik (*Cylas formicarius*) ellen 1956-ban. *Lepidoptera* rendhez tartozó célfajjal (*Dendrolimus punctatus*) nem sokkal később; 1958-ban kísérleteztek üzemi körülmények között, 82%-os (!) hatékonysággal (LI, 2007). Ezt követően más fajok elleni védekezési lehetőségként is vizsgálták, de a paletta napjainkig is folyamatosan bővül.

Természetes környezetben Finnországban a vizsgált talajminták 19,8%-ában kimutattak valamilyen *Beauveria* fajt (VÄNNINEN, 1996.). Shin és munkatársai (2013) pedig gyakrabban kimutatták a gombát természetes, háborítatlan erdőtalajon, mint művelt földben.

Törökországban is foglalkoztak az elmúlt években a *Melolontha* fajok entomopatogénjeivel, mivel ott is kezd előtérbe kerülni a biológiai védekezés, a *Melolontha* fajok pedig egyre nagyobb mennyiségben vannak jelen és károsítanak (YAMAN, M., 2019).

Tölgy csipkésposzka (*Corythucha arcuata*) ellen is kísérleteztek entomopatogén gombák 10 törzsével Törökországban, melyek közül 4 törzs *Beauveria* volt. Laboratóriumi körülmények között kezelték a faj nimfáit és kifejlett egyedeit is és a használt gombafajok közül a *B. bassiana* KTU-24 jelölésű törzse okozta a legmagasabb mortalitást mindkét esetben; 14 nap után 80%, illetve 90%, eredménnyel, emelt dózisonál 100%.-os hatékonysággal. A mikózis is ennél a törzsnél volt a legmagasabb; a nimfák esetében 77%, a kifejlett egyedek között pedig 83% (SÖNMEZ és mtsai., 2016). A biológiai védekezés eredményességét növelheti, ha egyszerre több mikroorganizmussal kezelünk, de a gombafajok között segítő és gátló hatás is előfordulhat, így néha a kevesebb több. Ezt támasztja alá egy 2017-es kísérlet, melyben *B. bassiana* és *B. brongniartii* fajokat alkalmaztak in vitro, hogy hogyan viselkednek együtt és külön-külön. Az utóbbi specifikusabbnak bizonyult és mivel más-más az ökológiai optimuma a két gombának, egyes táptalajok az egyiket, míg mások a másik fajt támogatták (CANFORA és mtsai., 2017).

A két entomopatogén gombafaj (*B. bassiana* és *B. brongniartii*) virulenciáját és talajban való megmaradási képességét Lengyelország délkeleti részén, két bio eperültetvényen is vizsgálták. Mindkét helyszínen podzolos, de eltérő pH-jú talajon. A két gombafaj egyszerre való kijuttatásával is kísérleteztek, de sem a mindkét gombával való beoltás, sem pedig a vegyített szuszpenzióval történő beoltás nem befolyásolta a talaj természetes gomba- és baktériumellátottságát. A gombák *Melolontha* fajokra gyakorolt hatása független volt attól, hogy melyik fajt használták, illetve hogy egy vagy két fajjal oltották-e be a talajt. Leginkább a környezeti és klimatikus tényezők befolyásolták a hatékonyságot. (TARTANUS és mtsai., 2017)

Szintén bio eperültetvényen *Melolontha* fajokat kezeltek különböző életfázisokban. Itt is vizsgálták a *B. bassiana* és a *B. brongniartii* gombák hatását a pajorokra. Ebben a vizsgálatban is arra jutottak, hogy mindkét használt gombatorzs csökkentette a pajorok kártételét, de az eredmény függött a környezeti, mezőgazdasági faktoroktól és attól, hogy milyen formában használták őket. (MALUSÁ és mtsai., 2020)

A *Deuteromycetes* osztályba sorolt *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecylomyces* és *Verticillium* nemzetségekbe tartozó fajokból már számos inzekticid készítményt állítottak elő, melyekben maga a rovarpatogén gomba az „aktív hatóanyag”. A jelenlegi készítmények sikeres alkalmazásának szintén

előfeltétele a viszonylag magas hőmérséklet és relatív páratartalom, ezért elsősorban üvegházi vagy talajlakó kártevők ellen és olyan szabadföldi kultúrákban (pl. cukornád) engedélyezték őket, ahol ez biztosított. (POLGÁR, 1999)

A *Beauveria* törzsek hatékonyságát paraszexuális keresztezéssel fokozták. Kifejlesztették az egyes törzsek azonosítására alkalmas, DNS-mintázatra alapuló technikát, amely egyrészt lehetővé teszi a kísérletek során a környezetbe kijuttatott inokulum sorsának a nyomonkövetését, másrészt az esetleges szabadalmaztatás során (és később) lehetőséget teremtenek a készítményben szereplő törzs egyértelmű azonosítására (RIBA és mtsai., 1998).

Indiában a *Melolonthidae* rend több mint 1000 faja ismert és több mint 40 faja károsít széles körben. Természetes módon fertőződnek gombával, baktériumokkal és nematodákkal, ezek közül az entomopatogén gombákat, főleg a *Beauveria* és a *Metarhizium* fajokat használják ellenük széles körben. Gyömbér, cukornád és rizsföldeken értek el velük jó eredményeket. (CHANDEL és mtsai., 2019)

Korábbi talaj pH vizsgálatok alapján (GALANI, 1988; INGLIS és mtsai., 2001; PADMAVATHI és mtsai., 2003; SANZHIMITUPOVA, 1980; SHARMA és mtsai., 1992), ez az abiotikus faktor jelentős mértékben befolyásolja az entomopatogén gombafajok túlélését, terjedését és fertőzőképességét. Medo és Cagaň (2011) vizsgálata szerint, ezek a gombák a semleges vagy az alkáli pH-t kedvelik és leggyakrabban alföldi talajokon található meg. 2019-ben Lengyelországban szintén talaj pH-val kapcsolatos vizsgálatot végeztek Niemczyk és munkatársai. Arra jutottak, hogy nemcsak a *Beauveria*, hanem a *Melolontha* fajok előfordulása is talaj pH függő. A kísérletbe vont területek 80%-án jelen volt a rovar és a gomba is és érzékenynek bizonyultak a talaj pH értékére. Mindegyikük a semlegest (pH7) vagy az alkálit (pH7+) kedveli, a savas, 3-as pH mindegyik vizsgált gombatörzsre káros. Természetesen a talajtípus is fontos tényező (NIEMCZYK és mtsai., 2019). A talajtípuson kívül a különböző területek használati módja is befolyásolja a *Beauveria* – és egyéb entomopatogén gombafajok – előfordulását és hatékonyságának mértékét (TKACZUK és mtsai., 2014; GORCZYCA és mtsai., 2018; GONZÁLEZ-BACA és mtsai., 2019).

A *Beauveria brongniartii*t tartják a *Melolontha* fő természetes ellenségének, mivel minden fejlődési fázisban meg tudja támadni. A kifejlett példányokat blasztospórákkal fertőzik meg, melyeket a párási és peterakási helyre is magukkal visznek, így megfertőzve a többi egyed (és lárváikat is.) A másik kezelési módszer, amely a lárvákat célozza a talajba történő bejuttatás, ennek leghatékonyabb módja a fertőzött árpaszemek talajba juttatása. Mindkét módszer hosszútávú hatással bír, de a gomba túléléséhez és terjedéséhez megfelelő mennyiségű nedvességre van szükség, amely szabad területen nem mindig áll rendelkezésre. Szintén fontos, hogy megfelelő mélységbe (minimum 5 cm-re) kerüljön a gomba, az UV sugárzás általi inaktivációt megelőzendő. A hatás nem azonnali, de 3-4

generációt is érint. A magas pajorfertőzöttség gyorsítja a gomba hatásának megjelenését (HUNTING és mtsai., 2006). A *M. melolontha* pajorok körében a legmagasabb mortalitást a *B. brongniartii* törzsekkel való kezelés okozta Fátu és munkatársai (2018) szerint is.

Cincérek ellen is használták a *Beauveria brongniartii*t, mely vizsgálat során különböző felszaporítási módszerekkel kísérleteztek, nyers rostú anyagon sikerült nagy mennyiségben felszaporítani a gombát és ezeket a kultúrákat több mint 400 napig sikeresen el is tárolták lezárt polietilén zsákokban, 5°C-on a fertőzési képesség megtartásával (HIGUCHI és mtsai., 1997).

A *Beauveria brongniartii*t felhasználták a *Dendrolimus tabulaeformis* ellen is oly módon, hogy konídiumból kultúrákat hoztak létre, melyeket a gomba másodlagos metabolitjaival gazdagítottak. Az eredmények azt mutatták, hogy a lárvák pusztulása szoros kapcsolatban áll a konídiumkoncentrációval és a gomba metabolitjainak koncentrációjával. Az adatok alapján elmondható, hogy a *B. brongniartii* olyan másodlagos anyagcsere termékeket hoz létre, melyek gátolják a *D. tabulaeformis* immunrendszerének működését, így utat engedve a gombának, amely elpusztítja. A konídiumos szuszpenzió toxikus a rovar lárváira nézve (FAN és mtsai., 2012).

Zhou és munkatársai *M. hippocastani mongolica* L1, L2, L3 stádiumú lárváin és imágón kísérleteztek a *B. brongniartii*val. L1 fázisban 93,3% körüli, L2 fázisban 66,7% körüli volt a citotoxicitás, ami jelentős és igen jó eredmény, viszont L3 stádiumban ez már csak 25,1% volt, míg imágó állapotban csupán 2,77%. A pusztulás aránya és a hőmérséklet között szoros összefüggés mutatkozott L2 stádiumban, a 12-20 °C környezet kedvezett a gombának. Tehát a *M. hippocastani mongolica* ellen fiatalabb korban eredményesen alkalmazható a gomba, főleg közepes (10-20°C) hőmérsékleten (ZHOU és mtsai., 2020).

A hőmérséklet és a gomba kapcsolatára korábban is születtek vizsgálati eredmények.

Nagy Britanniában, Worcestershire-ben kifejlett *Scolytus multistriatus* egyedekből izoláltak *Beauveria bassianát*. A faj lárváit a gomba spóráiból készített szuszpenzióval kezelték és azt találták, hogy a kezelt lárvák mortalitása jelentősen magasabb volt, mint a kezeletleneké, illetve az oltáshoz használt inokulum mennyiségével egyenes arányban nőtt az elhullás mennyisége is. Az összes kezelt lárva elpusztult. A pusztulás mértékét 5°C -os hőmérsékleti lépcsőben mérték 5-30°C -ig terjedő skálán. A leggyorsabban 25°C-on hullottak el a lárvák, ezen a hőmérsékleten pusztult el a minta 98%-a, míg a leglassúbb halálozást 5°C-on tapasztalták. (BARSON, 1977.)

Szintén a hőmérséklet hatását vizsgálták a *Beauveria bassiana* 65 törzsének növekedésére Fargues és munkatársai (1997). Általánosságban a gomba széles hőmérsékleti skálán tudott növekedni; 8-35°C -ig. A maximum hőmérsékleti küszöbérték 50 törzsnél 35-37°C, 12 törzsnél 32-35°C, 1 törzsnél pedig 30-32°C volt. A minimum hőmérsékleti küszöbérték minden vizsgált gombatorzs esetében 8°C

alatt volt. A relatív növekedést jelentősen befolyásolta a hőmérséklet, az optimális hőmérséklet általában 25-28°C között alakult (FARGUES és mtsai., 1997).

A 15 és 35°C közötti állandó hőmérséklet jelentős hatással van a *B. bassiana* csírázására és vegetatív növekedésére egyaránt egy 1998-as kísérlet szerint. A leggyorsabb csírázás 25-32°C között, míg a leggyorsabb növekedés 30°C-on volt megfigyelhető. Annak ellenére, hogy a hőmérséklet befolyásolta a konídiumok csírázását, lényegében minden hőmérsékleten elérték a 97-100% -ot (JAMES és mtsai., 1998).

Egy újabb vizsgálatban laboratóriumi körülmények között figyelték meg a hőmérséklet hatását két *Beauveria bassiana* törzsre, különös tekintettel a csírázásra, a sugár irányú növekedésre és a patogenitásra. 15°C hőmérsékleten mindhárom vizsgált tényező alacsony volt, az optimum számukra 25-30°C között volt tapasztalható (EKESI és mtsai., 1999).

Másik kísérlet során a *Beauveria bassiana* három törzsének virulenciáját vizsgálták laborban a paradicsom poratkára (*Tetranychus evansi*). A hőmérséklet hatását is vizsgálták a csírázásra, radiális növekedésre és virulenciára tekintettel két törzs esetében. Mindegyik törzs letális hatással volt a felnőtt nőnemű egyedekre és a hőmérséklet hatása is szignifikánsan megmutatkozott. A legjobban 25-30°C-on csíráztak a gombák, míg a sugár irányú növekedésnek leginkább a 30°C kedvezett. Mindegyik törzs növekedett és csírázott minden vizsgált hőmérsékleten, de ezek erélye változó volt. A virulencia is változott a hőmérséklet függvényében (BUGEME és mtsai., 2008).

Ausztriában 2000-ben regisztrálták a *B. brongniartii*t, mint szelektív és virulens mikrobiális szert a *M. melolontha* és a *M. hippocastani* ellen. A célszervezeten kívül semmilyen más élőlényre nem jelent veszélyt, így hatásos és biztonságos szerként tartják nyilván. Az elmúlt évtizedekben több nagyterületű kísérletet is végeztek vele Ausztriában, Svájcban és Olaszországban is. (KELLER, 2000) 1985-ben és 1988-ban is kísérleteztek a *Beauveria brongniartii* által megfertőzött nőstény cserebogarak kijuttatásával rajzási időben, illetve helikopterrel blasztospórákat juttattak ki 26 rajzóhelynek használt erdőszegélyre. A kezelés eredményeképpen a nemzönkénti utódarány 5,09-ről 2,15-re csökkent. A kezelést füves területekre is kiterjesztették. A következő generáció esetében megnövekedett fertőzöttséget mutattak ki és a kezelést követő 6., illetve 9. évben a területek nagyrészen 50%-kal, egy kisebb részén pedig több, mint 80%-kal csökkent a populáció sűrűsége. Két kezelt területen a gomba jelenléte ellenére magas maradt ez az érték (KELLER és mtsai., 1997).

Svájcban 1991 és 1997 között sok farmer használt *Beauveria brongniartii*t. 166 kezelt mező és 62 kezelt gyümölcsös közül az egyes kantonokban 17-59% közötti volt a sikeresség aránya, míg a legmagasabb sikertelenségi arány 31% volt. Ez utóbbi többnyire a késői kezelés, a hibás kijuttatás, a túl száraz talaj, a túl nagy lejtés vagy a köves talaj számlájára írható (KELLER, 2000).

Kelet-, Észak- és Dél-Tirolban 24 éven keresztül alkalmazták a Melocont® - Pilzgerste *Beauveria brongniartii* alapú növényvédőszer. A kezeléseket követő negyedik évben a kezelt területek 41%-ában kimutatható volt a gomba jelenléte, akár egyszeri kezelést követően is. Az egyik területen a használt gombatorzs még az utolsó kezelés után 15 évvel is kimutatható volt. Az eredmények azt mutatják, hogy a kívánt hatás eléréséhez a kezeléseket ismételni kell, valamint hogy az intenzív kezelések ellenére is megjelennek egyéb *Beauveria* fajok és törzsek is a területen (MAYERHOFER és mtsai., 2015).

A biotikus és abiotikus talajtényezők hatását vizsgálták Svájcban a *Beauveria brongniartii*-ra, miután az év különböző szakjaiban kezelést végeztek vele. A május-augusztusi kezeléseknak volt hatása, míg az október-novemberi kezeléseknak semmi eredménye nem volt a kontroll területekhez képest. A 20-25 °C közötti talajhőmérséklet és a magas agyagtartalom pozitívan befolyásolta a *B. brongniartii* megjelenését és elszaporodását, míg a 27 °C feletti hőmérséklet már gátolta ezeket. Szintén: 22 °C -os hőmérsékleten jobb eredményt lehet elérni, mint 12 °C -on, de ez a különbség 2 hónap múltán már nem volt kimutatható, ami azt jelzi, hogy a növekedés üteme lassabb az optimálisnál alacsonyabb hőmérsékleten. Arra jutottak, hogy az agyagtartalom nem befolyásolta a gomba növekedését (KESSLER és mtsai., 2003).

1985 és 1992 között több *M. melolontha* által fertőzött területet kezeltek *B. brongniartii*-val, majd 1998-99-ben mintát vettek a kezelt talajokból és a talált gombát genetikai analízisnek vetették alá. 14 év után is kimutatható volt a gombafaj, amellyel a kezelést végezték mindegyik mintában (ENKERLI és mtsai., 2004).

Svájcban vizsgálták a *B. brongniartii*-t *M. melolontha* ellen 16 hónappal a kezelés után. Ha eltűnt a *M. melolontha*, közel 90%-kal csökkent a gombafonalak jelenléte a talajban, de még mindig kimutatható volt. Ahol még volt pajor, ott tovább megmaradtak a gombafonalak. A gombával való kezelés maximum 75%-os fertőzési arányt ért el a rovar populációjában. 46%-os rovarlétszám-csökkenés után kezdett csökkenni a gomba mennyisége is. A célfaj eltűnése utáni gyors csökkenés a gomba mennyiségében azt erősíti meg, hogy ez az entomopatogén nagyon fajspecifikus és aszaprofitikus szaporodása valószínűtlen (KESSLER és mtsai., 2004).

Egyes vizsgálatok alapján a búza a legjobb szilárd táptalaj a *B. bassiana* számára. Egy 2017-es kísérletben a gomba 5 hét után fejtette ki legjobban a hatását és *M. melolontha* ellen 30% körüli mortalitást eredményezett (CHALAŇSKA és mtsai., 2017).

A nagy fenyőormányos (*Hylobius abietis*) a frissen ültetett fenyőfélék fontos kártevője. *B. bassiana*-val fertőzött vivőanyaggal (25 mm átmérőjű, AMEP20 törzssel fertőzött minták) kísérleteztek petri csészében laborban, félüzemi és üzemi körülmények között Szlovákiában. Mindhárom esetben bizonyítható volt a *B. bassiana* fertőzés és a rovarok pusztulása. 14 nap után a

petri csészékben a mortalitás átlagosan 47% volt. A félüzemi kísérletnél a *H. abietis* egyedek pusztulását bizonyíthatóan befolyásolta, hogy volt-e fertőzött vivőanyag vagy sem. Az üzemi kísérlet esetén azt találták, hogy 4 héttel a fertőzött minták kihelyezése után az elpusztult fenyőormányosok száma magasabb volt a kezelt, mint a kontroll területeken, illetve a legjobb eredményt a fogófákra kihelyezett minták adták (58%), ezt követte 48%-kal az attraktánsal együtt kihelyezett minta, de még az önmagában kihelyezett minták is 35%-os mortalitást eredményeztek. A vizsgálat alapján a fertőzött vivőanyag hatékony és használható a kísérletbe vont rovarfaj ellen (LALÍK és mtsai., 2021). A *B. bassiana* fertőzőképes a pálmafűró ormányosbogár (*Rhynchophorus ferrugineus*) petékkel, lárvákkal és a kifejlett egyedekkel szemben is. Ez derült ki laboratóriumi és félüzemi kísérletek eredménye képpen. Laborvizsgálatok alapján arra jutottak, hogy általában a peték a legellenállóbbak. A félüzemi kísérletek esetén a hatékonyság nemcsak a mortalitási adatok alapján derült ki, hanem abból is, hogy a mesterségesen megfertőzött egyedek szexuális úton is átadták a fertőzést az ellenkező nemnek. Ráadásul a gombával történő kezelés hatására akár 62,6 %-kal is csökkent a termékenység, a kikelt peték aránya pedig 32,8 %-kal csökkent a kezelt hím és/vagy nőstény egyedek esetében. A kezelt szülőktől származó petékből kikelt lárvák közötti halandóság pedig 30-35% volt, így összességében 78 %-os utódcsökkenést tudtak elérni a kezeléssel (DEMBILIO és mtsai., 2010).

Paradicsom és gyapot magokat kezelték *Beauveria bassianával*, amely kezelés védelmet biztosított a fejlődő palántáknak a *Rhizoctonia solani* és a *Phytophthora myriophyllum* ellen, de a hatékonyság függött a jelenlévő *Beauveria* mennyiségétől. Minél több konídium került egy magra, annál nagyobb arányban volt kimutatható a *B. bassiana* a növény szöveteiben. A gyapotban a gombával történő kezelés során a *B. bassiana* hifái a gyapot hámszövetébe behatolva, majd a paliszád parenchimába és a mezofil levélszövetekbe is bejutva szisztémikus rezisztanciát idéztek elő a növényben a *Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearummal* szemben (OWNLEY és mtsai., 2008).

Ips typographus (betűzőszű) ellen is használták a *Beauveria bassianat*, mivel ez a szűfaj általában olyan erdőterületeken él, ahol a kémiai védekezés korlátozott vagy tiltott, így kénytelenek voltak biológiai megoldáshoz folyamodni. A gomba használatával 92-99%-os mortalitást tudtak elérni (MUDRON és mtsai., 2013).

Amerikában sikeresen alkalmazták a *Beauveria bassianat* kullancs ellen, de a tökéletes megoldás, ami sokáig tárolható formulációt, hatékony kijuttatást és hosszú távú hatékonyságot jelent, még várat magára. Az európai fajok esetében 3 héten belül egyébként 100%-os mortalitást mértek; *Ixodes ricinus* (közönséges kullancs) és *Dermacentor reticulatus* (díszes tehénkullancs) esetében, míg a *Rhipicephalus sanguineus* (barna kullancs) esetében 4 héten belül több, mint 90%-os elhullást tapasztaltak. A *Dermacentor albipictus* (téli kullancs) lárvája esetében viszont csak 30-41% pusztult el 3 hét alatt (SULLIVAN és mtsai., 2022).

Kolumbiában a *Hypothenemus hampei* (kávészú) ellen is használják a *Beauveria bassiana*-t. 11 gombatorzset vizsgáltak virulencia szempontjából és arra jutottak, hogy a törzsek külön-külön igen hatékonyak és virulensek (57,5-89,9%), míg közösen alkalmazva őket a hasonló genetikájú törzsek nem befolyásolták egymást, de a különböző genetikájú törzsek antagonisztikus vagy szinergisztikus interakcióba léptek egymással (CRUZ és mtsai., 2006).

A paprika, uborka és padlizsán esetében a levéltetvek a fő kártevők. Ellenük is lehetséges a biológiai védekezés *Beauveria bassiana*-val. A vizsgálat során 47 gombakultúra szűrletének vizsgálata történt, melyekben a másodlagos anyagcsere termékeket vizsgálták, hogy milyen hatással vannak a levéltetvekre. A burgonya dextrózozos szűrlet mutatta a legnagyobb hatékonyságot (78%-os mortalitás) a *Myzus persicae*-vel (zöld őszibarack levéltetű) szemben 3 nappal a kezelés után (KIM és mtsai., 2013).

Egy újabb vizsgálatban *Beauveria bassiana* (Bals.) és *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) használtak *Polyphylla fullo* ellen. A kártevő lárvájára mindkettő hatással volt, az L1 és L2 stádiumokat könnyebben fertőzte mindkettő, mint az L3 stádiumban lévőket. A mortalitás minden esetben a gombák konídium-koncentrációjától és a kezelés óta eltelt időtől függött. A *B. bassiana* hatásosabb volt, mint a *M. anisopliae*. Míg előbbi a fiatalabb lárvák esetében 79%-os, az idősebbek esetében 71,6%-os mortalitást eredményezett, az utóbbinál ezek az értékek 70,2% és 61,8% voltak. Összességében mindkét gombafajról elmondható, hogy eredményesen használható a *P. fullo* elleni biológiai védekezésben (ERLER és ATES, 2015).

A következő vizsgálat elsődleges célja a *Beauveria bassiana* használatának lehetőségének felmérése a *Naupactus cervinus* (Fuller rózsabogár) ellen kiviültetvényen. Ez a kártevő komoly problémát jelent az új-zélandi kiviipar számára. A rovar lárvája hónapokig a földben fejlődik, ezért erre a fejlődési állapotra esett a választás kezelés szempontjából. Főként a *B. bassiana* hatását vizsgálták, de végeztek kísérletet *B. brongniartii* és *Metarhizium anisopliae* fajokkal is. Mindhárom gombafaj esetén kimutatták a virulenciát, azonban változó mértékben. Az L4 és L5 stádiumban lévő lárvákat könnyebb volt megfertőzni, mint az L3 stádiumban lévőket és a száraz talaj is könnyítette a fertőzést. A *B. bassiana* minden esetben jobban megmaradt a talajokban, mint a többi gomba (MANDER, 2006).

B. bassiana-val kísérleteztek Új Zélandon *Pinus radiata* védelmében. Két féle módszert alkalmaztak, az egyik a magkezelés, a másik pedig a gyökerek bemártása volt. Természetes állapotú, illetve lemosott, sterilizált gyökerek is voltak a minták között. A gomba mindegyik kezelési módszer esetén sikeresen megtelepedett a csemetéken, viszont 9 hónap elteltével a 30 vizsgált mintából csak 1 db-on volt kimutatható (BROWNBRIDGE és mtsai., 2012).

Kína teaültetvényeinek leveleit jelentősen károsítja az *Ectropis obliqua*. Sok rovarölőszerre rezisztens, de a *Beauveria bassiana* megoldást jelenthet. Lárva állapotban kezelik a rovar a cél

érdekében. A vizsgálatban a lárvákat genetikailag vizsgálták a gombával való kezelés után. 249 immunitással összefüggő génmódosulást is megfigyeltek a kezelés után. Több, mint a kezelt L5 lárvák 97%-a 60 órán belül elpusztult, a fehér tenyésztőgyep 4 nap múlva volt megfigyelhető, további 3 nap elteltével a teljes testet beborította (LONG és mtsai., 2022).

Napjainkban is folynak *Beauveria* fajok bevonásával biológiai védekezés célú vizsgálatok a világ különböző pontjain.

A csirkék tojástermelését befolyásoló *Dermanyssus gallinae* (madártetűatka) elleni védekezéshez kísérleteztek *B. bassianá*val Park és mtsai. (2023). A gomba által kiváltott immunválaszt vizsgálták 50%-os elhullásnál és immunválasz mellett fizikai elváltozást is tapasztaltak, melyet egyértelműen a gomba általi kezelés idézett elő. Az atkák megerősítették kutikulájukat a gomba elleni védekezés képpen (Park és mtsai., 2023).

A több gombában, így a *Beauveria bassianá*ban is kimutatott kitin deacetyláz (CDA) vizsgálták egy friss kutatásban kabócákon, különös figyelemmel az enzim jelenlétének a gomba növekedésére gyakorolt hatására. Azt találták, hogy az enzim eltávolításával vagy megrongálásával a gomba konídiumképződése gátlódott, illetve a fertőzőképesség is jelentősen: 56,65-58,45%-kal romlott (Liu és mtsai., 2023).

A szub-szaharai Afrikában, Kamerunban igencsak komoly károkat okozó bolhabogár, (*Nisotra uniformis*) ellen leginkább szintetikus kemikáliákkal védekeznek. Éppen ezért laborvizsgálatokat folytattak egy mikrobiális megoldás kifejlesztésére, melyben *B. bassiana* és *Metarhizium anisopliae* gombatorzsekkal kísérleteztek, 25±1 °C-on, 70-80% páratartalomnál. Az eredmények a kezelés után 4 órával 0,5%-tól a kezelés után 24 órával 100%-ig változtak. A *Methariziummal* jobb eredményeket értek el, de a *Beauveria* sem sokkal maradt el tőle (Bapfubusa Niyibizia és mtsai., 2023).

Nem célszervezetekre való hatás

A *Beauveria brongniartii* hatását a *Poecilus versicolor* (smaragd zöld gyászfutó) fajra, mint a *Melolontha melolontha* potenciális ellenségére vizsgálták. Három *B. brongniartii* formuláció használatával vizsgálták; Melocont-Pilzgerste, Melocont-WP és Melocont-WG. Mindegyik szer jelentősen növelte a mortalitást a célfaj (*M. melolontha*) L3 lárvái esetében, de a nem célfajra egyiknél sem mutattak ki semmilyen negatív hatást. Minden esetre kicsi, de statisztikailag jelentős különbségeket figyeltek meg a *P. versicolor*nál a gomba alkalmazása után; a rovar fejlődési ideje L1-től kifejllett állapotig 6,8%-kal (4 nappal) csökkent. L3 *P. versicolor* lárvákat tettek *B. brongniartii* által fertőzött és elpusztított *M. melolontha* tetemek mellé, melyeket előbbieket elfogyasztottak, vagy csak érintkezésbe kerültek velük és szintén semmilyen negatív hatással nem volt rájuk. Az

eredmények alapján elmondható, hogy a *P. versicolor* tekintetében a *B. brongniartii* elhanyagolható kockázatot jelent (TRAUGOTT és mtsai., 2005).

Napjainkban igencsak előtérbe került a méhek biztonsága, ezzel kapcsolatban is folytak vizsgálatok *Beauveria bassiana*-val. Egy 4 hetes nyári kísérlet során a gombával fertőzött „külsős” méheket engedtek szabadon a kasok közelében, feltételezve, hogy ezek bejutása esetén az egész kaptár fertőződik majd. Ha a méhek a kaptártól 1,2 km-es távolságon belül találkoztak fertőzött egyeddel, 29,3-31,7%-ban fertőződtek meg a más méhek. A méhek a kaptárt stabilan 35 °C hőmérsékleten tartották, így a bejutó fertőzött egyedben sem tudott a gomba hatást kifejteni, mivel a számára optimális hőmérséklet 25 °C. A vizsgálat során aktív fertőzésre utaló jelet, kidobott fertőzött hullát egyik kolóniában sem találtak, a mortalitás sem emelkedett. S bár a gomba a méhekre nem veszélytelen, a kolóniák a kaptár magas hőmérsékleten tartásával biztosítani tudják a fertőzésmentességet (PENG és mtsai., 2020).

Más rovarölő szerekkel való együttes alkalmazás

A biológiai védekezés és e gombafajok használata az erdővédelemben a vegyszeres kezelésekkel ellentétben tartamos, rovarölő szerekkel kombinálva kettős hatás érhető el.

A *Beauveria* tartalmú készítményeket nem javasolt összekeverni gombaölő szerekkel. A gomba kijuttatását követően 24 órán belül gombaölő szer használata szintén nem célszerű. A *Beauveria* tartalmú készítmények kémiai és biológiai rovarölő szerekkel való együttes használata nagy körültekintést és előzetes vizsgálatokat igényel, mivel sok közülük gátló hatással van a gombára. Ezzel kapcsolatos vizsgálatokat többnyire *Beauveria bassiana* fajjal végeztek.

A *Beauveria bassiana* krumplibogár (*Leptinotarsa decemlineata*) elleni felhasználását és a vele egyidőben használt egyéb szerek egymásra való hatását több alkalommal is vizsgálták. Egyes vizsgálatok alapján az ajánlott és széles körben használt fungicidek és inzekticidek mindegyike gátolta a gomba növekedését, legkevésbé ezek közül a permetrin hatóanyagú rovarölőszer (CLARK és mtsai., 1982).

Egy másik vizsgálatban 6 *Beauveria bassiana* törzs és 13 rovarölőszer bevonásával végeztek vizsgálatot, hogy megfelelő kombinációt találjanak a burgonyabogár ellen, itt legkevésbé a xilén alapú emulzióképző formulációk voltak a gombával együttműködőek. A por alakúak gyakran segítettek a gombapopulációkat, a piretroidok pedig minden esetben gátolták. (ANDERSON és ROBERTS, 1983)

Egy harmadik vizsgálat alapján a gomba és a rovarölőszer mindegyikének együttes használata minden esetben hatékonyabb volt, mint külön-külön (ANDERSON és mtsai., 1989). Szintén krumplibogár ellen 6 gombaölőszer (klórtalonil, maneb, tiofanát metil, mankoceb, metalaxil

mankoceb és zineb hatóanyagokkal) és 2 herbicid (dikvát és glufozunát-ammónium hatóanyaggal) alkalmazását vizsgálták *Beauveria bassiana*val egyidejűleg. A dikvát kivételével mindegyik gátolta a micéliumok növekedését és a sporulációt is, az előbbi viszont semmilyen észlelhető hatással nem volt a gombára, de a kifejlett bogarak esetében együttesen 50-76,6% elhullást okoztak (TODOROVA és mtsai., 1998).

További vizsgálatok során a *Beauveria bassiana* mellett imidakloprid és kiromazin hatóanyagokkal kísérleteztek. A táplálékul szolgáló leveleket kezelték a gombával és valamelyik rovarölőszerral, majd L2 stádiumú lárvákkal etették meg. Itt az imidakloprid esetében együttműködést figyeltek meg. Amikor a gombával közvetlenül lefújták őket és a leveleket csak vegyszerrel kezelték, az imidakloprid akkor is szinergisztikus hatást mutatott a *Beauveriával*. Amikor azonban a gombával történő közvetlen lefújás után 24 órával kapták a kezelt leveleket, a szinergikus hatás már az imidakloprid esetében sem volt kimutatható, de ha fordítva történt, tehát először kapták a vegyszerrel kezelt leveleket és 24 óra múlva a gombát, akkor szintén együttműködtek. Mindkét rovarölőszer megnyújtotta az L2 állapotot, de csak az imidakloprid esetén volt szinergisztikus kapcsolat a gombával (FURLONG és GRODEN, 2001).

Olmert és Kenneth (1974) 9 gombaölőszer és 14 rovar- és atkaölőszer in vitro hatását vizsgálta *Beauveria bassiana*ra, mérgezett agarlemez módszer alkalmazásával, mely első sorban a konídiumok csírázását akadályozta. Mindegyik vegyszert az ajánlott kijuttatási dózisban használták a kísérlet során. A gombaölő szerek közül a benomil és a maneb mutatta a legnagyobb gátló hatást, ezzel azt mutatva, hogy a gombával való együttes alkalmazásuk veszélyeztetné annak üzemi használatát. A réz-oxiklorid és a dinokap kevésbé volt ártalmas, a binapakril pedig semmilyen hatással nem volt a *B. bassiana*ra. A dakonil kis mértékben toxikusnak bizonyult. A rovarölőszerek közül csak a nátrium-fluoroszilikát gátolta a csírázást (OLMERT és KENNETH, 1974).

Megint más vizsgálat során négy, a kereskedelemben használt burgonya levélbetegségek elleni gombaölő szer hatását vizsgálták in vitro és üzemi körülmények között a *Beauveria bassiana* spóráinak életképességére. A mankoceb lényegesen csökkentette a gomba túlélését laboratóriumi és üzemi körülmények között egyaránt. A metiram kicsivel gyengébb gátlónak bizonyult in vitro, de üzemi körülmények között a kontrollal egyformán teljesített. A klorotalonil és a metalaxil nem volt ártalmas a spórák túlélésére (LORIA és mtsai., 1983.).

Kilenc gombaölőszer hatását vizsgálták in vitro a *Beauveria bassiana* entomopatogén gomba csírázására Majchrowicz és munkatársai (1993). A zineb+réz-oxiklorid, valamint a mankoceb hatóanyag teljes mértékben gátolta a csírázást, a triadimefon, a réz-oxiklorid, a metalaxil, a kén, a kén+nitrotál-izopropil és a himexazol hatása kis mértékben elmaradt tőlük. Általában a fungisztázis 15°C-on erősebb volt, mint 25°C-on és a gátló hatások egyenes arányosságban voltak az aktív

hatóanyag mennyiségével (Az ajánlott kijuttatási mennyiséggel, annak tízszeresével és tized részével kísérleteztek.) (MAJCHROWICZ és mtsai., 1993).

A 2000-es évek elején *Beauveria bassiana* esetében a fungicid-rezisztanciát mérték, illetve szelekcióval igyekeztek ennek növelését, majd a virulencia stabilitását elérni. Ennek érdekében direkt gombaölőszerekkel kezeltek hat vad és egy mesterségesen előállított gombatorzset és a pekándió kultúrákban a pekánzsizsik (*Curculio caryae*) ellen leginkább használt gombaölőszerek hatóanyagaival kezelték őket (dodin, fenbukonazol, trifeniltin-hidroxid). A kísérlet mérsékelt sikerrel zárult (SAPHIRO-ILAN és mtsai., 2002).

Egy brazil kávéültetvényen a tiametoxam, a ciflutrin, a deltametrin, az alfa-cipermetrin, a triazofosz, a klórpirifosz, a fenpropartin és az endoszulfán hatóanyagok fungitoxikus hatását vizsgálták a *Beauveria bassiana* esetében. Három koncentrációt alkalmaztak; az ajánlott kijuttatási mennyiséget, annak felét, illetve dupláját. 0,5x és 1x koncentrációnál az alfa-cipermetrin, a tiametoxam és a ciflutrin gátolta legkevésbé a gombát, a százalékos értékek alapján az első kettő használata javasolt kávéültetvényeken a kávészú (*Hypothenemus hampei*) ellen, mivel ez a kettő kompatibilis a *Beauveria bassiana*val (DE OLIVEIRA és mtsai., 2003).

Íránban a tarlósáska (*Chorthippus brunneus*) ellen alkalmazott rovarölőszerek és a *Beauveria bassiana* kölcsönhatását vizsgálták. Az alkalmazott hatóanyagok: flufenoxuron, imidakloprid, mitraz, teflubenzuron, fuzalon és endoszulfám volt. Ezek közül a flufenoxuron 96% feletti arányban, erősen gátolta a konídiumok csírázását, az imidakloprid alig, kevesebb mint 27%-ban gátolta, a többi hatóanyag pedig több, mint 85%-ban csökkentette azt. A gomba vegetatív növekedését 70-95%-ban gátolták a szerek az imidakloprid kivételével, mely esetében a kontrolltól alig volt eltérés. A sporuláció vizsgálatánál hasonló eredmény született; az imidakloprid kivételével mindegyik 78-100%-ban gátolta azt. A legerősebb gátlást minden esetben a flufenoxuronnál figyelték meg. Az eredmények azt mutatják, hogy a vizsgált szerek közül az imidakloprid kompatibilis a *B. bassiana*val (ALIZADEH és mtsai., 2007).

Indiában 12 gyapotültetvényeken használt rovarölőszer és a *B. bassiana* kapcsolatát vizsgálták laboratóriumi körülmények között. Eredményeik alapján a klórpirifosz veszélytelen a gombára nézve (AMUTHA és mtsai., 2010).

Challa és Sanivada (2014) 3 rovarölőszer (quinolfosz, monokrotofosz, cipermetrin) és 3 gombaölőszer (karbendazim, réz oxiklorid és mankoceb) *B. bassiana*ra gyakorolt hatását vizsgálta 30 gombatorzset esetében. A konídiumok csírázására a mankoceb kivételével egyik sem volt hatással, a micéliumnövekedésre a réz oxiklorid kivételével mindegyik negatív hatással volt, de ez még serkentette is. A mankoceb mindegyik törzs esetében gátolta a micéliumok növekedését (CHALLA és SANIVADA, 2014).

Ismét csak *Beauveria bassiana* fajon kísérletezett Celar és Kos (2016.) fungicidekkel (fluazinam, propineb, réz(II)-hidroxid, metiram, klorotalonil és mankoceb) és herbicidekkel (izoxaflutol, fluazifop-P-butil, flurokloridon, pendimetalin és proszulfokarb). A micéliumnövekedést, a sporulációt és a konídiumok csírázását vizsgálták. A micéliumnövekedést 15 és 25 °C-on, 100, 75, 50, 25, 12.5, 6.25 és 0%-os javasolt dózissal mindegyik peszticid esetében. Mindegyik használt szernek volt gátló hatása a *B. bassiana* nézve. A legerősebb gátló hatást herbicidek közül a flurokloridon és a proszulfokarb, míg peszticidek közül a fluazinam és a réz(II)-hidroxid fejtették ki, a legkevésbé gátló hatást pedig az izoxaflutol és a klorotalonil. A kontrollhoz képest mindegyik használt peszticid jelentősen gátolta a sporulációt és a konídiumok csírázását, legjelentősebb mértékben (99-100%) a réz(II)-hidroxid. Összességében a *B. bassiana* leginkább csak az izoxaflutol, fluazifop-P-butil és a klorotalonil hatóanyagú szerekkel használandó együtt terepen, mivel ezek kevésbé gátolták a gomba növekedését (CELAR és KOS, 2016).

A *Bemisia tabaci* (molytetű) szintén ismert kártevő, mind saját érdemeit tekintve, mind az általa terjesztett betegségek által. In vitro kísérleteztek a *Beauveria bassiana* és rovar-, illetve gombaölőszerek együttes használatával ellene. Laboratóriumi és szabadföldi vizsgálatok alapján a peszticidek és a *B. bassiana* együttes alkalmazása működőképes a *B. tabaci* nimfák és kifejlett egyedek ellen (WARI és mtsai., 2020).

Ausztráliában a makadámdió termelésben használt 10 peszticid és a *B. bassiana* egymásra gyakorolt hatását vizsgálták in vitro. A triklórfon, az acefát, az indoxakarb és a spinetoram együttműködött a gombával, a beta ciflutrin és a methidation viszont nem. Ez utóbbi esetekben lehetséges, hogy ez nem is a konkrét hatóanyag hatása, hanem a formulációban használt vivőanyagé. Erős toxicitást csak a diazinon mutatott a gombára nézve, míg a két vizsgált gombaölő szer mindegyike (karbendazim és piraklosztrobin) toxikus volt rá nézve (KHUN és mtsai., 2020).

Gabonacsuklyásszú (*Rhyzopertha dominica*) kukorica-kislisztbogár (*Tribolium castaneum*), gabonazsuzsok (*Sitophilus granaries*) és koprabogár (*Trogoderma granarium*) kártevőkön kísérleteztek spinetoram hatóanyagú, részben szintetikus rovarölő szer és *B. bassiana* szerekkel, laboratóriumi és üzemi körülmények között is. A vizsgálatban az egyik csoportot egy dózis *B. bassiana*-val, egy másikat 1 dózis spinetoram hatóanyaggal, egy harmadikat dupla dózis spinetorammal, további csoportokat pedig ezek kombinációjával (B.b.+ spine1; B.b.+spine2) került alkalmazásra és a 20, 25, illetve 30°C-on mért eredményeket értékelték. A legnagyobb mortalitást minden esetben a B.b.+spine2 kombináció okozta, a legjobb eredményt mindegyik kezelés 30°C-on mutatta. A *R. dominica* volt a legérzékenyebb a kezelésekre. Összességében megállapították, hogy mindegyik vizsgált hőmérsékleti tartományban eredményesen alkalmazható a két szer együttesen (Wakil és mtsai., 2023).

3 Anyag és módszer

A dolgozat megírásához egy adatelemzést és 4 különböző, mégis egymással összefüggő kísérletet végeztünk el.

3.1 Cserebogár káradatok elemzése

Az adatelemzéshez az Országos Erdőkár Nyilvántartó Rendszer (NFK EFO, SOE ERTI) 2013-2022 közötti cserebogár káradatok adattábláit használtam.

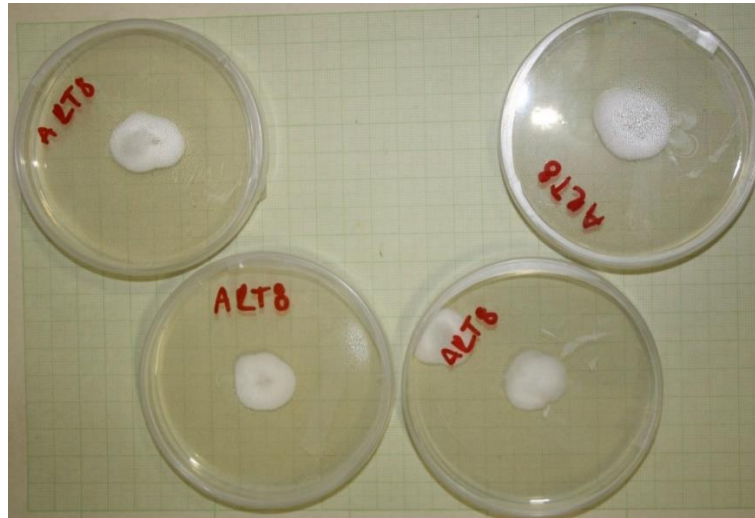
3.2 1. kísérlet – *Beauveria* fajok törzseinek növekedési erély vizsgálata laboratóriumi körülmények között

Az első kísérletet a Soproni Egyetem Erdővédelmi Intézetének kórtani laboratóriumában végeztük el 2015.11.18. és 2016.01.06 között. A labor felszereltsége megfelelő a reprodukálható körülmények biztosítására; mint az állandó hőmérséklet ($22\pm 1^\circ\text{C}$) és fénynek való kitettség. A mintákat természetes fényviszonyok között tartottuk, takarás nélkül, ami esetünkben napi 10-11 óra fénynek való kitettséget jelent.

A biológiai védekezésben cserebogár pajorok ellen használt *Beauveria bassiana* rovarpatogén gomba egy törzsét (BORA jelöléssel) és *Beauveria brongniartii* szintén rovarpatogén gomba négy törzsét (ART8, ART64, ART315 és ART2829 jelöléssel) választottuk ki. PDA (potato dextrose agar) táptalajt készítettünk, majd a kiválasztott gombatörzseket egyenként négyszeres ismétléssel erre a steril közegre oltottuk petri csészében. A petri csészéket lezártuk és laboratóriumban, azonos körülmények között tároltuk.

A kísérlet időtartama 2 hónap volt. A gombatörzsek táptalajra történő helyezésétől számított egy hónap elteltével történt az első, további egy hónap elteltével a második mérés. A második alkalom után már nem lett volna értelme további ellenőrzésnek, mert egyes telepek kitöltötték a rendelkezésre álló teret és a további mérések hiteltelenné tették volna a vizsgálatot.

A mérések során a petri csészék mindegyikéről fényképet készítettünk úgy, hogy milliméterpapírra helyeztük őket (2. ábra). A számolásokat ezen méretskála alapján végeztük el.



2. ábra: Petri csészék milliméterpapíron

3.3 2. kísérlet- A gyakorlatban használt vegyszerek hatásának vizsgálata a *Beauveria* fajok törzseinek növekedésére laboratóriumi körülmények között

A második kísérletet szintén a Soproni Egyetem Erdővédelmi Intézetének kórtani laboratóriumában végeztük el, kihasználva a lehetőséget a reprodukálható körülmények biztosítására; mint az állandó hőmérséklet ($22\pm 1^\circ\text{C}$), fénynek való kitettség (A mintákat itt is természetes fényviszonyok között tartottuk, takarás nélkül, ami ugyancsak 10-11 óra fénynek való kitettséget jelent.) és a kiszámolt anyagmennyiségek precíz kiadagolása. A kísérletet 2017.10.25. és 2017.11.15. között végeztük el.

A fent említett két rovarpatogén gombafaj négy törzsével dolgoztunk, melyeket hasonló jelöléssel láttunk el, mint a korábbi kísérlet során; *Beauveria bassiana* (BORA jelöléssel) és *Beauveria brongniartii* (ART8, ART64, ART315 jelöléssel). A gombatörzseket petri csészében steril, PDA táptalajra oltottuk törzsenként 15 ismétléssel, majd 2 hét után lepermeteztük a telepeket 4 kiválasztott vegyszerrel, törzsenként 3-3 ismétléssel és 3 kontroll mintával. A vizsgálathoz olyan vegyszereket választottunk, amelyek általában használatban voltak az erdőgazdaságoknál. Cél volt, hogy különböző hatóanyagú szerek legyenek és legyen köztük gyomirtó, rővarölő és gombaölő hatású is, hogy nagyobb spektrumot tudjon lefedni a vizsgálat. A használt vegyszerek és a kísérlet szempontjából fontos tulajdonságaik az 1. táblázatban láthatók:

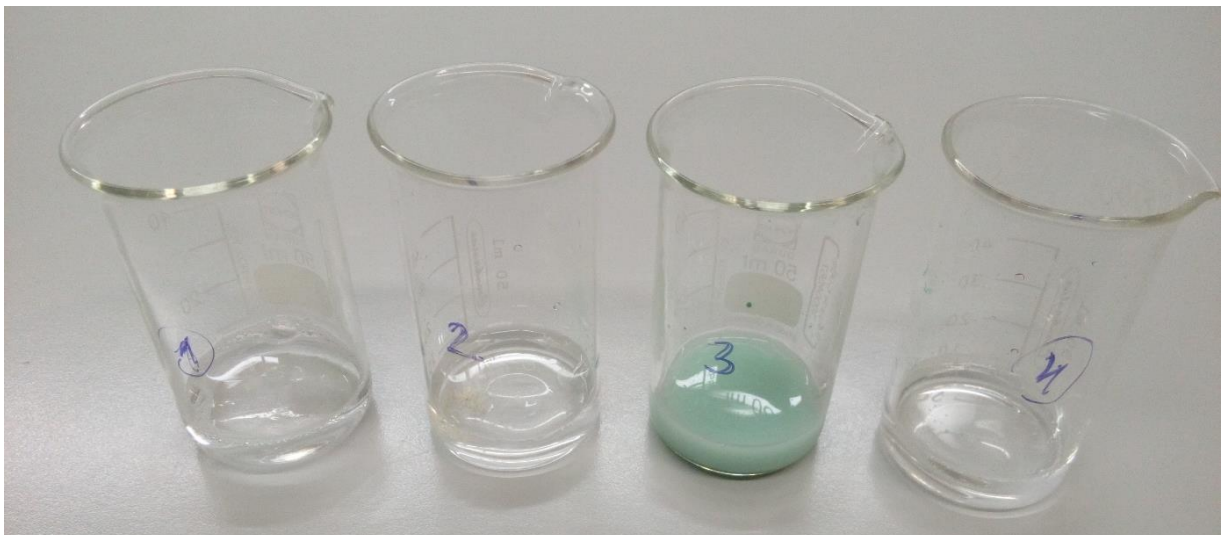
1.táblázat: A permetezéshez használt vegyszerek fő tulajdonságai

név	hatóanyag	Célcsoport	Hatásmechanizmus
Taifun 360	360 g/l glifozát	Gyomirtó	Kontakt
Basudin	5% diazinon	Rovarölő, talajfertőtlenítő	Kontakt
Vegesol eReS	23% m/m kén	Gombaölő	Kontakt
Topaz	10% penkonazol	Gombaölő	Felszívódó

Mind a 4 szerből oldatot készítettünk az ajánlott kijuttatási mennyiség alapján, melyet először kiszámoltunk egy petri csésze területére (63,6 cm²) vetítve, majd a perzselést megakadályozandó, desztillált vízzel elegyítettük a 2. táblázat szerint.

2.táblázat: Felhasznált szermennyiségek

név	ajánlott kijuttatási mennyiség	mennyiség/petri csésze	oldatban	
			szer	víz
Taifun 360	5 l/ha	3,2 µl	64 µl	6,4 ml
Basudin	35 kg/ha	22,4 µg	448 µg	6,4 ml
Vegesol eReS	5 l/ha	3,2 µl	64 µl	6,4 ml
Topaz	0,5 l/ha	0,32 µl	0,64 µl	6,4 ml



3. ábra: Vegyszeres oldatok; 1 – Taifun 360, 2 – Basudin, 3 – Vegesol eReS, 4 – Topaz

Az oldatokból az egyes petri csészékbe 320 µl mennyiséget juttattunk pipetta segítségével (3. ábra). Minden gombatorzs esetében szerenként 3-3 mintát kezeltünk és 3 kontroll mintát hagytunk. A petri csészéket ezeknek megfelelően számoztuk:

1-3: Taifun 360-nal kezelt

4-6: Basudinnal kezelt

7-9: Vegesol eReS-sel kezelt

10-12: Topazzal kezelt

13-15: Kontroll

A vegyszeres kezelést követően 7 nap múlva történt az ellenőrzés.

A petri csészék mindegyikéről fényképet készítettünk úgy, hogy milliméterpapírra helyeztük őket. A számolásokat ezen méretskála alapján végeztük el. Egyes esetekben (a 60 petri csésze közül összesen 9-ben) penész is megjelent a mintákban (4-6. ábra), ezek közül 7 gombatelep mérését nem végeztük el, mert az adat torzította volna az eredményt, a penész ugyanis blokkolta a gombatelep növekedését, így nem kaptunk volna reális eredményt. A penészesedés és a kezeléshez használt szer között nem találtunk összefüggést. A fertőzés valószínűleg ezért alakulhatott ki, mert a kijuttatás során használt fúvóka fertőtlenítése nem volt tökéletes.



4. ábra



5. ábra



6. ábra

4-6. ábrák: Penészes gombatelepek

3.4 3. kísérlet- *Beauveria* fajok törzseinek hatásvizsgálata *Melolontha* és *Cetonia* pajorokra laboratóriumi körülmények között

A harmadik kísérlet szintén a Soproni Egyetemen, az Erdővédelmi Intézetben került lefolytatásra 2015.11.06. és 2016.04.13. között. A rendelkezésre álló eszközök segítségével a reprodukálhatóságot itt is biztosítani tudtuk ($18\pm 1^\circ\text{C}$ állandó hőmérséklet, állandó fény mennyiség, precíz szerkiadagolás). Továbbra is az eddig alkalmazott két rovarpatogén gombafaj 4 törzsét használtuk a kísérlethez, a jelölések kiegészültek a kezelt pajorok feltüntetésével (*Melolontha melolontha* - M.m., *Melolontha hippocastani* - M.h., *Cetonia aurata* - C.a.)

A kísérlet időtartama 5 hónap volt. Magas humusztartalmú virágföldet töltöttünk 0,4 l úrtartalmú műanyag poharakba, majd 1400 ml desztillált víz és 10 ml gombaszuszpenzió keverékéből minden pohárba 5000 μl -t permeteztünk 2000 μl desztillált víz kíséretében. A kezeléseket a 3. táblázat szerint végeztük el.

3.Táblázat: Minták mennyisége a harmadik kísérletben

	M.m.	M.h.	C.a.	Pajor nélküli
BORA-val kezelt	17 db	17 db	34 db	17 db
ART64-gyel kezelt	17 db	17 db	34 db	17 db
ART315-tel kezelt	17 db	17 db	34 db	17 db
ART2829-cel kezelt	17 db	17db	34 db	17 db
Kezeletlen kontroll	17 db	17 db	17 db	17 db

A mintákat 17 poharanként zárható műanyag ládában tároltuk és havonta ellenőriztük a pajorok állapotát. Az elpusztult pajorokat eltávolítottuk a ládákból és egy külön ládában helyeztük el őket.

3.5 4. kísérlet- *Beauveria* gombatörzs hatásának vizsgálata *Cetonia aurata* pajorokra különböző közegekben és hőmérsékleteken, félüzemi körülmények között

Az utolsó kísérletet félüzemi körülmények között végeztük el. Itt csak részben volt cél az állandó hőmérséklet biztosítása. A kísérlet lefolytatására 2021.12.11. és 2022.04.29. között került sor.

L2-es *Cetonia aurata* pajorokkal és az eddig leghatékonyabbnak és legellenállóbbnak bizonyult ART64 jelölésű gombatörzs szuszpenziójával dolgoztunk. A Soproni Egyetem Erdővédelmi Intézetének laborjából kölcsönkapott eszközök segítségével pontosan ki tudtuk mérni a szükséges anyagmennyiségeket és a kijuttatás is megoldott volt.

A kísérlet során 60 db 0,5 l-es műanyag pohárba virágföldet, másik 60 db pohárba homokot töltöttünk, mindegyikbe 1 db *Cetonia aurata* pajort helyeztünk, majd 30-30 mintát kezeltünk. A 3. kísérlettel megegyezően (1400 ml desztillált víz és 10 ml gombaszuszpenzió keverékéből minden pohárba 5000 µl-t permeteztünk 2000 µl desztillált víz kíséretében) (7. ábra). A homokos mintákba 1-1 szelet krumplit tettünk tápanyag utánpótlás céljából. A mintákat zárható tetejű műanyag ládába helyeztük, ládánként 10 virágföldes és 10 homokos mintát. Így 3 kezelt és 3 kontroll ládánk lett, melyeket a következő képpen helyeztünk el:

- 1 kezelt és 1 kontroll láda a gyümölcsösben leásva a földbe, a teteje földdel takarva; a hőmérséklet változó, a kinti viszonyoknak megfelelő ($< 10\text{ °C}$), ez látható a 8. és 9. ábrákon
- 1 kezelt és 1 kontroll láda fűtetlen helyiségben, $16-18\text{ °C}$ ($\sim 17\text{ °C}$) hőmérsékleten
- 1 kezelt és 1 kontroll láda fűtött helyiségben $23-25\text{ °C}$ ($\sim 24\text{ °C}$) hőmérsékleten

A kísérlet időtartama 6 hónap volt, a mintákat másfél havonta ellenőriztük, az elhullott egyedeket eltávolítottuk.



7.ábra: gombaszuszpenzió



8. ábra: kezelt minták



9. ábra: a ládák elhelyezése

3.6 Statisztikai kiértékelés

A kezelések hatásait az egyes gombatelepek növekedésére egytényezős varianciaanalízis (ANOVA=Analysis Of Variance) statisztikai módszer segítségével vizsgáltuk.

A varianciaanalízis a t-próbák általánosítása több független csoport esetére. Három vagy több csoport középértékeit (átlagait) hasonlítja össze azok varianciáinak elemzésével. Kiindulópontja az F-próba, ami az átlagok eltérésére a csoportok közötti varianciát veti össze a random ingadozást leíró csoportokon belüli varianciával. A variancia, vagy más néven szórásnégyzet megmutatja, hogy egy változó értéke milyen mértékben szóródik az átlagérték körül. Arra keressük tehát a választ, hogy a csoportátlagok között van-e szignifikáns különbség. A nullhipotézisünk az, hogy a csoportátlagok között nincs szignifikáns különbség. Amennyiben a teszt eredménye szignifikáns (azaz a csoportátlagok legalább 2 csoport esetében különböznek, ez az ún. alternatív hipotézis), utólagos páros összehasonlításokat, ún. post-hoc tesztekkel kell egy következő lépésben elvégeznünk annak kiderítésére, hogy konkrétan mely csoportpárok különböznek egymástól. Erre ugyanis az ANOVA önmagában nem ad választ.

A varianciaanalízisnek és a post hoc teszteknek is több típusa létezik, amelyeket a kísérleti elrendezésünknek megfelelően kell kiválasztani. Jelen dolgozat egyik részében 5 kezelési csoportot elemeztünk statisztikailag, és egy tényező, a kezelés hatását vizsgáltuk egy nem kezelt (kontroll) csoporthoz képest, így egytényezős varianciaanalízist, majd - amennyiben ennek eredménye szignifikáns volt - Dunnett post hoc tesztet alkalmaztunk. Ez a post hoc teszt kifejezetten arra lett kifejlesztve, hogy egy adott – jellemzően kontroll - csoporttal hasonlítsa össze a többi csoportot.

Azon esetekben, ahol nem kontroll és kezelt csoportokat hasonlítottunk össze, a Tukey HSD (=Honest Significant Difference) post hoc tesztet alkalmaztuk, mert ez a statisztikában egy széles körben használt és általánosan elfogadott, megbízható eredményeket adó post hoc teszt.

A varianciaanalízisnek két fontos alkalmazhatósági feltétele van, az egyik a változók értékeinek normál eloszlása minden csoportban, a másik a varianciák homogenitása, vagyis minden minta szóródása körülbelül ugyanakkora kell legyen.

Annak kiderítésére, hogy a különböző fejlődési fázisok gyakorisága és az alkalmazott hőmérséklet között lehet-e összefüggés, korrelációanalízist végeztünk. Ilyenkor kapcsolatot keresünk két vagy több kvantitatív (numerikus) változó között. Korreláció alatt monoton lineáris összefüggést értünk, mely lehet pozitív, vagy negatív. Mérészáma a korrelációs együttható (r), melynek előjele a kapcsolat irányát mutatja meg, a nagysága (0-1 közötti szám) pedig az együtt járás szorosságát, az összefüggés erejét mutatja.

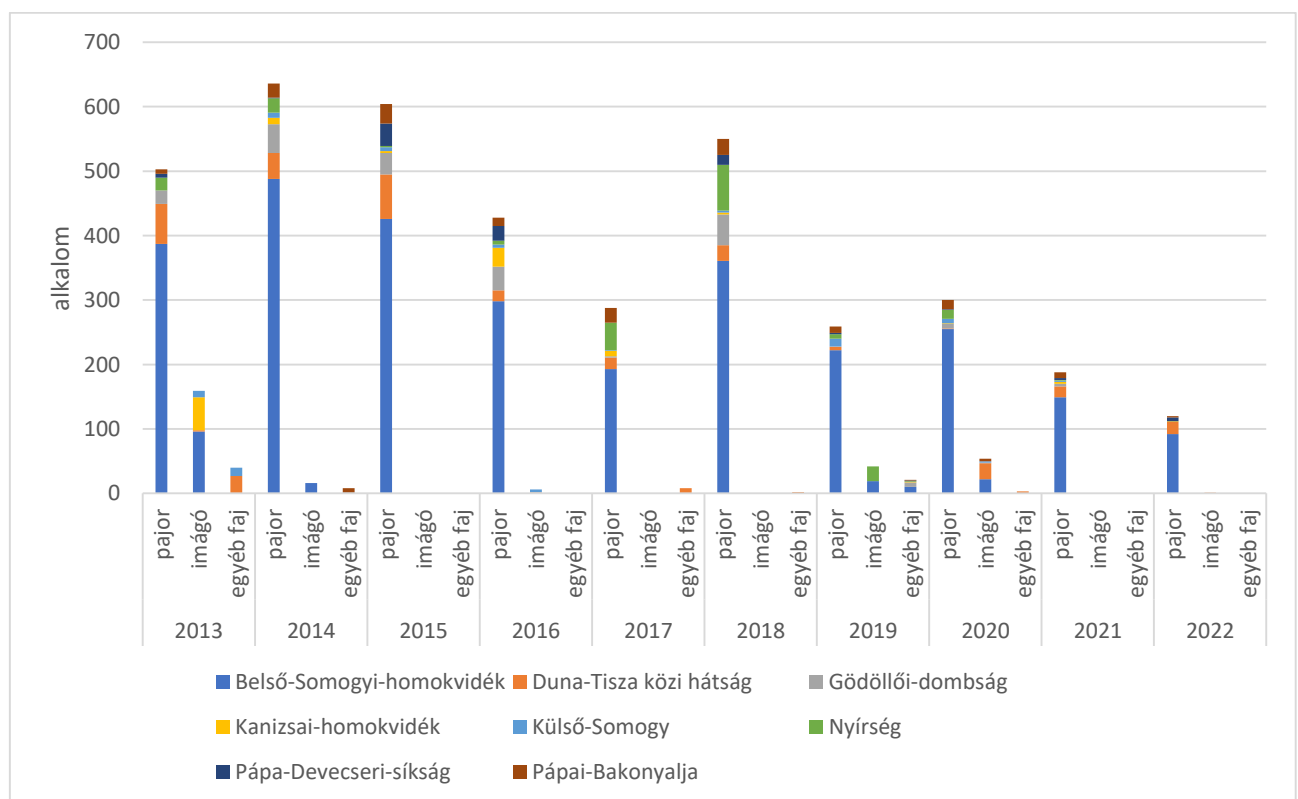
A Spearman korreláció egy fajta rang korreláció (Rank Correlation), amely azt mutatja meg, hogy milyen mértékben határozza meg az egyik változó nagysága a másik változó nagyságát, valamint megmutatja az összefüggés irányát és erősségét is. Ok-okozati összefüggések feltárására nem alkalmas. Ez az összefüggés-vizsgálat a nem paraméteres eljárások közé tartozik, nem feltétele a normális eloszlás, minél nagyobb számú a minta, annál pontosabb értéket ad. Mérőszáma a korrelációs együttható, melyet „r” jelöl. Ennek értéke -1 és +1 közé esik. Minél közelebb van ez az érték valamelyik szélsőértékhez, az összefüggés annál erősebb, míg 0 érték esetén nincs összefüggés a vizsgált elemek között. A pozitív előjelű korrelációs együttható egyenes arányosságot, a negatív előjelű fordított arányosságot jelent.

4 Eredmények és értékelésük

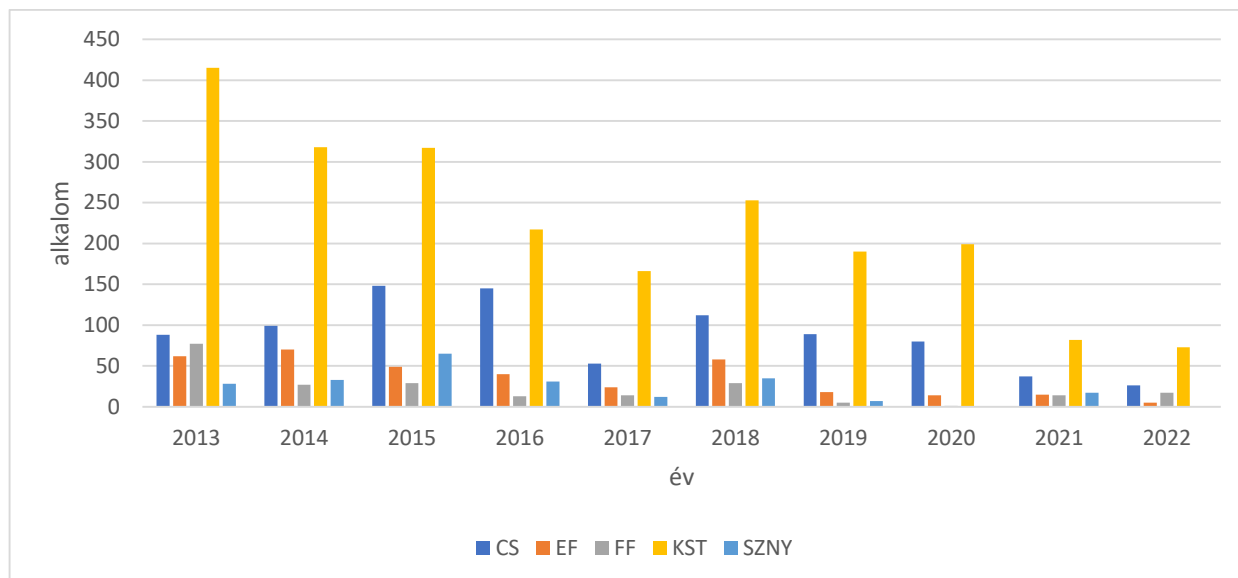
4.1 Cserebogár káradatok elemzése

A kapott adattáblák alapján elmondható, hogy szinte kizárólag a homokos területekről jelentettek cserebogár kártételt 2013-2022 között, 10-100% káreréllyel, akár pajor, akár erdei- vagy májusi cserebogár imágója, akár egyéb cserebogárfaj által okozott kárról van is szó. Ez megegyezik a szakirodalmi adatokkal, miszerint a *Melolontha* fajok előfordulása leginkább homokos területeken jellemző.

A 10 év során 8 olyan erdészeti táj volt, ahonnan minden évben jelentős mennyiségű cserebogár-kártételt jelentettek, ezek eloszlása a 10. ábrán látható. Az ábráról leolvasható, hogy mind a tíz évben a Belső-Somogyi-homokvidékről jelentették a legtöbb erdőrészből a cserebogarak kártételét, a többi erdészeti táj jóval elmaradt tőle. Mindegyik erdészeti tájon túlnyomó többségben pajorkár volt, az imágó általi kártétel 2013-ban, illetve 2019-2020-ban jelentkezett mérhető, de igazából nem erdőgazdálkodást veszélyeztető mértékben. Egyéb, az erdei- és a májusi cserebogártól eltérő cserebogárfaj általi károkozást elenyésző esetben jelentettek, volt olyan év, amikor egyáltalán nem volt ilyen adat. A pajorok károkozásának ciklikussága jól nyomonkövethető a 10. ábrán; 2014-ben, majd négy év múlva; 2018-ban is van egy csúcs. Ez összeegyeztethető a bogár életciklusával is.



10. ábra: Évenkénti cserebogár-kárformák a leggyakoribb jelentési helyeken



11. ábra: Az öt leggyakrabban jelentett fafaj, melynek állományában cserebogár-, vagy pajorkártételt észleltek, évekre bontva

A 11. ábrán láthatók a cserebogár-kártétellel leginkább érintett fafajok évekre bontva az elmúlt tíz évben. Mindegyik évben a kocsányos tölgy fafajú állományból jelentettek legtöbbször cserebogárkárt, ezt követte a csertölgy, majd a legtöbb esetben az erdeifenyő következett, kivéve 2013-ban, amikor a harmadik helyen a feketefenyő végzett, illetve 2015-ben, amikor a szürkenyár. A 2013-as eredményhez hozzájárulhatott a feketefenyő-pusztulás, ami legyengítette a fenyőket és így fogékonyabbak lettek minden egyéb károsítóra és kórokozóra is. Az öt fafaj mindegyike elviseli a száraz, meleg, homokos termőhelyet – a szürkenyár tág termőhelytűrészű fafaj lévén a száraz és a nedves termőhelyeket is, illetve a kocsányos tölgy alapvetően magas vízigénye ellenére a tág tűrőképessége miatt ugyancsak megtalálható ezeken a termőhelyeken is. Ez szintén megegyezik a szakirodalmi adatokkal.

A pajorkár és az állomány jellemzői között Spearman-féle rangkorrelációval kerestünk összefüggéseket, melynek eredmény a 4. táblázatban látható.

4. táblázat: Spearman-féle rangkorreláció eredményei a pajorkára és az állomány jellemzőire vonatkozóan a 2013-2022-es OENYR cserebogár-káradatok alapján
(Eükat=egészségügyi kategória, K_Kárter=kárterület, TSZFM =tengerszint feletti magasság)

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet29)								
MD pairwise deleted								
Marked correlations are significant at p <,05000								
Variable	Eükat	Gyakoriság	Kárerély	K_Kárter	Jav_ter	TSZFM_kód	Záródás %	Kor
Eükat	1,000000	-0,015575	0,974592	0,079860	0,129422	0,101447	0,029949	0,027887
Gyakoriság	-0,015575	1,000000	0,002217	0,299809	0,292387	-0,191263	0,012772	0,013100
Kárerély	0,974592	-0,002217	1,000000	0,095397	0,138784	0,107233	0,025119	0,043668
K_Kárter	-0,079860	-0,299809	0,095397	1,000000	1,000000	0,037914	0,118792	0,051258
Jav_ter	-0,129422	-0,292387	0,138784	1,000000	1,000000	-0,015481	0,137517	0,038102
TSZFM_kód	0,101447	-0,191263	0,107233	0,037914	0,015481	1,000000	0,022671	0,154023
Záródás %	-0,029949	0,012772	0,025119	0,118792	0,137517	0,022671	1,000000	0,262551
Kor	-0,027887	0,013100	0,043668	0,051258	0,038102	0,154023	0,262551	1,000000

A 4. táblázat adatai alapján szignifikáns egyenesen arányos összefüggés állapítható meg az egészségügyi kategória és a kárerély (0,974592), valamint a tengerszint feletti magasság és a kárerély (0,107233) között, szignifikáns fordított arányosság pedig a gyakoriság és a tengerszint feletti magasság (-0,191263), a kárterület és az egészségügyi kategória (-0,079860), valamint a záródás és a kárterület (-0,118792) között.

Ugyanezt a korrelációt a májusi- és az erdei cserebogár imágója által okozott kárra is alkalmaztuk, az 5. táblázatban látható eredményekkel.

5. táblázat: Spearman-féle rangkorreláció eredményei a nemzők kártételére és az állomány jellemzőire vonatkozóan a 2013-2022-es OENYR cserebogár-káradatok alapján (Eükat=egészségügyi kategória, K_Kárter=kárterület, TSZFM =tengerszint feletti magasság)

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet27)								
MD pairwise deleted								
Marked correlations are significant at p <,05000								
Variable	Eükat	Gyakoriság	Kárerély	K_Kárter	Jav_ter	TSZFM_kód	Záródás %	Kor
Eükat	1,000000	0,365781	0,838130	0,081019	0,069741	-0,305045	0,100666	-0,304535
Gyakoriság	0,365781	1,000000	0,511646	0,044192	0,062291	-0,131216	-0,090016	-0,117504
Kárerély	0,838130	0,511646	1,000000	0,140940	0,158484	-0,334434	0,085672	-0,136996
K_Kárter	0,081019	0,044192	0,140940	1,000000	1,000000	-0,243168	0,374005	-0,048082
Jav_ter	0,069741	0,062291	0,158484	1,000000	1,000000	-0,225548	0,361186	-0,044478
TSZFM_kód	-0,305045	-0,131216	-0,334434	-0,243168	-0,225548	1,000000	-0,260543	0,327059
Záródás %	0,100666	-0,090016	0,085672	0,374005	0,361186	-0,260543	1,000000	-0,222244
Kor	-0,304535	-0,117504	-0,136996	-0,048082	-0,044478	0,327059	-0,222244	1,000000

Az 5. táblázat szerint a pajorkárhoz hasonlóan az imágókár esetében is szignifikáns egyenes arányosság állapítható meg az egészségügyi kategória és a kárerély (0,838130) között, de a gyakoriság és a kárerély (0,511646), valamint a záródás és a kárterület (0,374005) között is egyenes arányosság figyelhető meg. Szignifikáns fordított arányosság pedig a tengerszint feletti magasság és a kárerély (-0,334434), valamint a tengerszint feletti magasság és a kárterület (-0,243168) között.

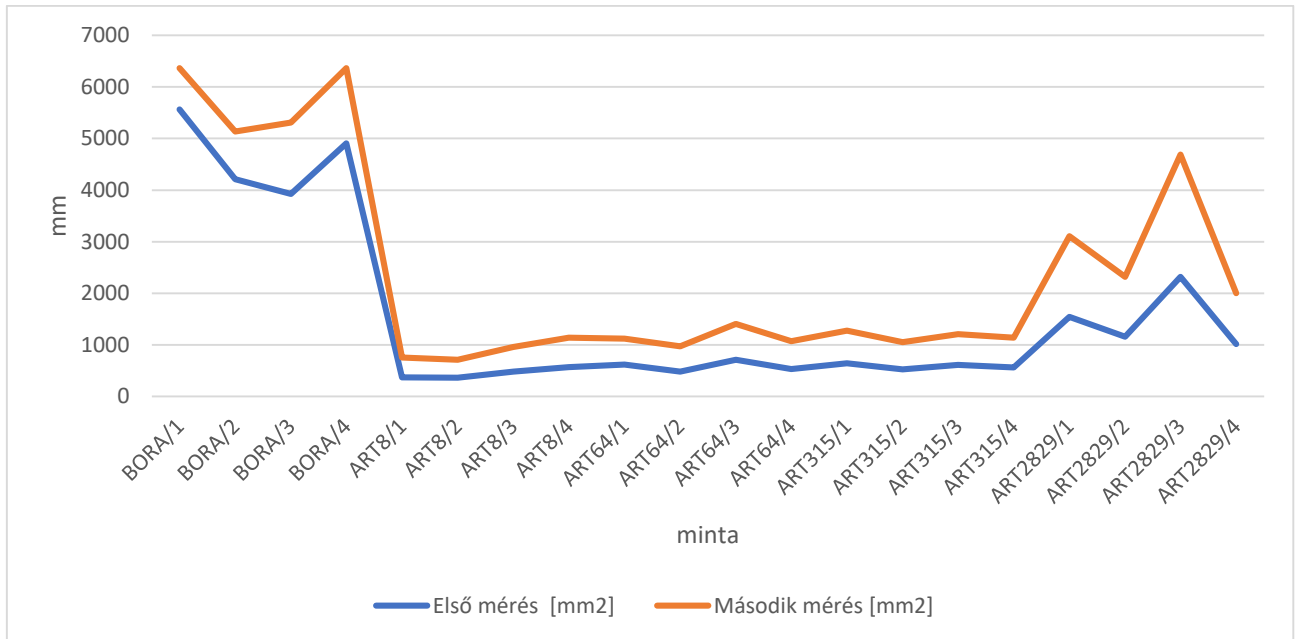
A pajor- és imágókárok előfordulása és előfordulási mutatói különböző képpen függenek a termőhelyi- és állományviszonyoktól a 4. és 5. táblázat adatai alapján. A faállomány egészségi állapotának romlásával mindkét kárforma kárerélye növekszik, de míg a tengerszint feletti magasság növekedésével a pajorkár gyakorisága csökken és kárerélye nő, az imágók esetében a kárerély is csökkenést mutat. Ezen kívül a záródás is fordított hatással van rájuk, mert míg a pajorkár kárterülete a záródás növekedésével egyenesen arányosan csökken, addig az imágókár kárterülete szignifikáns növekedést jelez.

1. kísérlet– *Beauveria* fajok törzseinek növekedési erély vizsgálata laboratóriumi körülmények között

Az első vizsgálat során a petri csészékbe applikált gombatörzseket 2 alkalommal ellenőriztük és mértük. A mérések eredményei a 6. táblázatban láthatók.

6. táblázat: A gombatörzsek növekedése

minta	mérés ideje	Első mérés [mm ²]	Átlag 1	Szórás 1	Második mérés [mm ²]	Átlag 2	Szórás 2
BORA/1		5562	4651	733,28	6362	5792,25	661,67
BORA/2		4210			5136		
BORA/3		3927			5309		
BORA/4		4905			6362		
ART8/1		372	446,25	96,68	754	890,75	198,35
ART8/2		364			711		
ART8/3		484			957		
ART8/4		566			1141		
ART64/1		617	585	100,63	1120	1143	185,14
ART64/2		480			973		
ART64/3		710			1405		
ART64/4		533			1074		
ART315/1		643	585,25	52,39	1276	1170,75	94,59
ART315/2		523			1055		
ART315/3		610			1210		
ART315/4		565			1142		
ART2829/1		1545	1509,5	585,05	3108	3029,25	1198,14
ART2829/2		1160			2319		
ART2829/3		2320			4686		
ART2829/4		1013			2004		

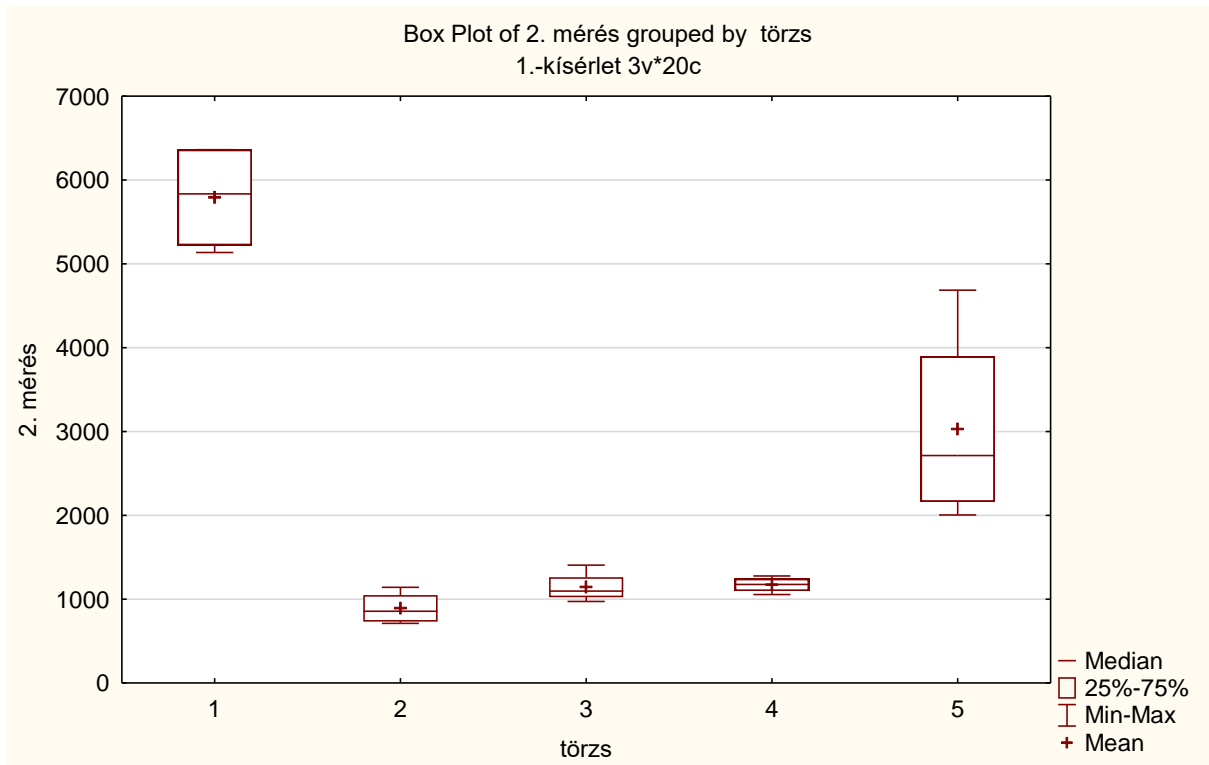


12. ábra: A gombatörzsek mérete az első és a második méréskor



13. ábra: Az első mérés során rögzített átlagos, minimális és maximális telep méretek a különböző gombatörzseknél

1 – BORA, 2 – ART8, 3 – ART64, 4 – ART315, 5 – ART2829



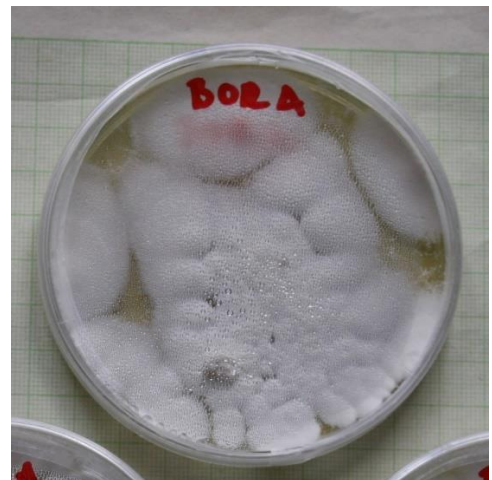
14. ábra: A második mérés során rögzített átlagos, minimális és maximális telepméretetek a különböző gombatörzseknél

1 – BORA, 2 – ART8, 3 – ART64, 4 – ART315, 5 – ART2829

A 6. táblázat adataiból látszik és a 12-14. ábrákon is szembevetendő, hogy a *Beauveria bassiana* (BORA jelöléssel) telepei már a vizsgálat elején erőteljes növekedésnek indultak, melyet az első mérésről készített 15. ábra is alátámaszt, majd a második mérés idejére már majdnem, vagy teljesen ki is töltötték a rendelkezésre álló teret (16. ábra). Az első méréskor a BORA telepei átlagosan legalább háromszor akkoraak voltak, mint a többi minta.



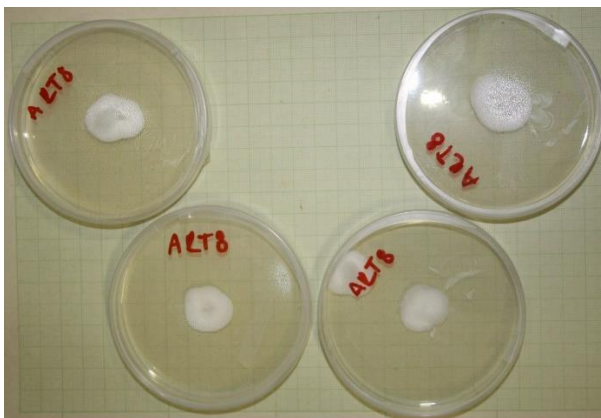
15. ábra: BORA telepek az első méréskor



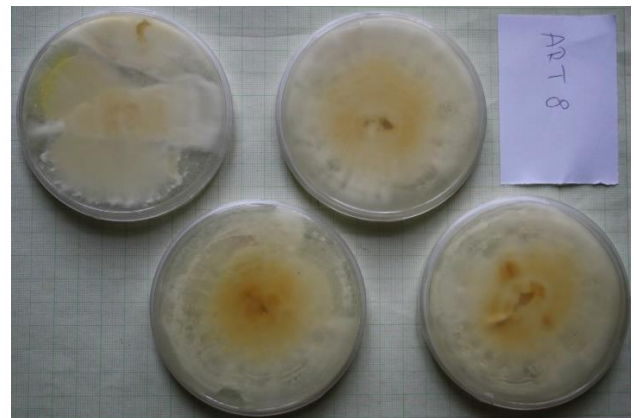
16. ábra: BORA telep a második méréskor

Később a növekedés üteme kissé lelassult, bár a 4 minta közül kettő teljesen kitöltötte a petri csészét a második mérés idejére. A BORA minták növekedési értékeinek szórása az egyedüli, amely a két mérés között nem növekedett, hanem csökkent, amely eredmény oka lehet a maximális méret elérése is. A többi négy törzs esetében a második mérés eredményeinek szórása nagyjából a duplája az első mérés kori értékek szórásának. Ez azt mutatja, hogy a BORA stabilabban produkálja a mért ütemű növekedést, esetében az átlag értelmezhető és megbízhatóbb eredményt ad. A csökkenéstől függetlenül azonban a BORA esetében számított szórásérték az ART2829 kivételével a másik három szórásértéknek többszöröse. Ez a különböző törzsek telepeinek jelentős méretbeli eltéréseiből következik. Az átlagok közötti különbség is csökkent, a BORA telepek mérete átlagosan már csak 1,9-szerese volt a sorban öt követő ART2829 jelű törzsek méretátlagának.

Az ART jelű *Beauveria brongniartii* törzsek telepeinek növekedése a két mérés között nagyjából azonos ütemben zajlott, amit a minták körülbelül duplájára növekedése jelez (17. és 18. ábra).



17. ábra: ART8 törzsek az első méréskor



18. ábra: ART8 törzsek a második méréskor

A mért értékek alapján a BORA jelzésű preparátum növekedése a legerőteljesebb és szignifikánsan eltér a többi törzstől, az adott körülmények között az első és a második mérési időpontban egyaránt, ezt egytényezős varianciaanalízis (ANOVA) és Tukey HSD post hoc teszt is bizonyította ($p < 0,001$; 7. és 8. táblázat), de figyelembe kell venni, hogy steril, laboratóriumi körülményekről van szó. A második legnagyobb növekedési eréllyel az ART2829-es törzs rendelkezett, ami szintén szignifikáns eltérést mutatott a többi törzs értékeitől. A többi három törzs az eredmények alapján egymáshoz nagyon hasonló növekedési értékkel rendelkezett.

7. táblázat: Gombatörzsek %-os növekedésének statisztikai vizsgálata - ANOVA

Univariate Tests of Significance for 2. mérés (1.-kísérlet) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	115699741	1	115699741	295,7690	0,000000
törzs	69088482	4	17272121	44,1536	0,000000
Error	5867741	15	391183		

8. táblázat: Gombatörzsek %-os növekedésének statisztikai vizsgálata – Tukey HSD

Tukey HSD test; variable 2. mérés (1.-kísérlet) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 3912E2, df = 15,000						
Cell No.	törzs	{1} 5792,3	{2} 890,75	{3} 1143,0	{4} 1170,8	{5} 3029,3
1	1- BORA		0,000150	0,000150	0,000150	0,000261
2	2- ART8	0,000150		0,977526	0,967256	0,001837
3	3- ART64	0,000150	0,977526		0,999996	0,005299
4	4- ART315	0,000150	0,967256	0,999996		0,005969
5	5- ART2829	0,000261	0,001837	0,005299	0,005969	

4.3 2. kísérlet- A gyakorlatban használt vegyszerek hatásának vizsgálata a *Beauveria* fajok törzseinek növekedésére laboratóriumi körülmények között

4.3.1 Kontroll telepek

A második kísérletnél a kontroll telepek vizsgálata az első kísérlethez hasonló, ezért elsőként ezeket a mintákat vizsgáltuk, hiszen a négy törzs növekedése sem azonos. (19-26. ábrák)

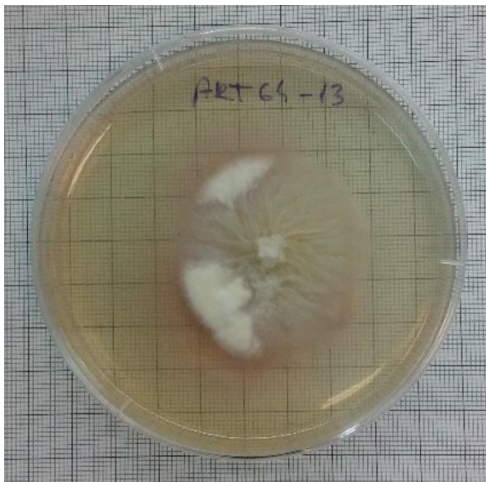
A 22. és 26. ábrákon a gombák táptalajt színező képessége nagyon szépen megmutatkozik, a megjelenő rózsaszínes szín itt elég markánsan jelentkezik.



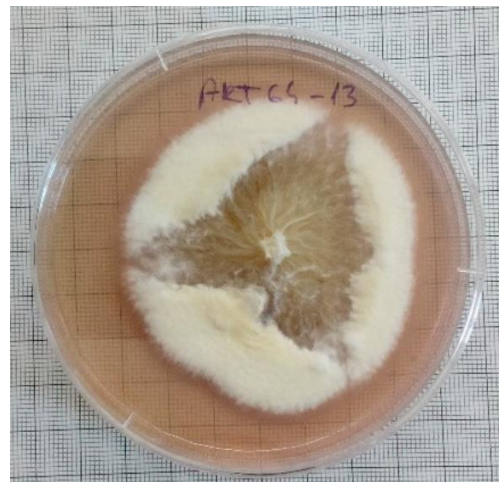
19. ábra: ART8 kontroll 2 hetesen



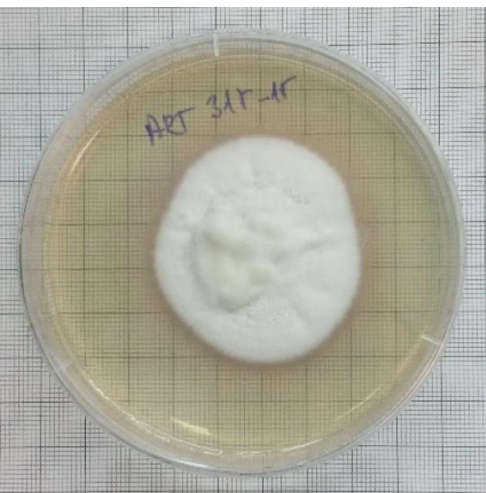
20. ábra: ART8 kontroll 3 hetesen



21. ábra: ART64 kontroll 2 hetesen



22. ábra: ART64 kontroll 3 hetesen



23. ábra: ART315 kontroll 2 hetesen



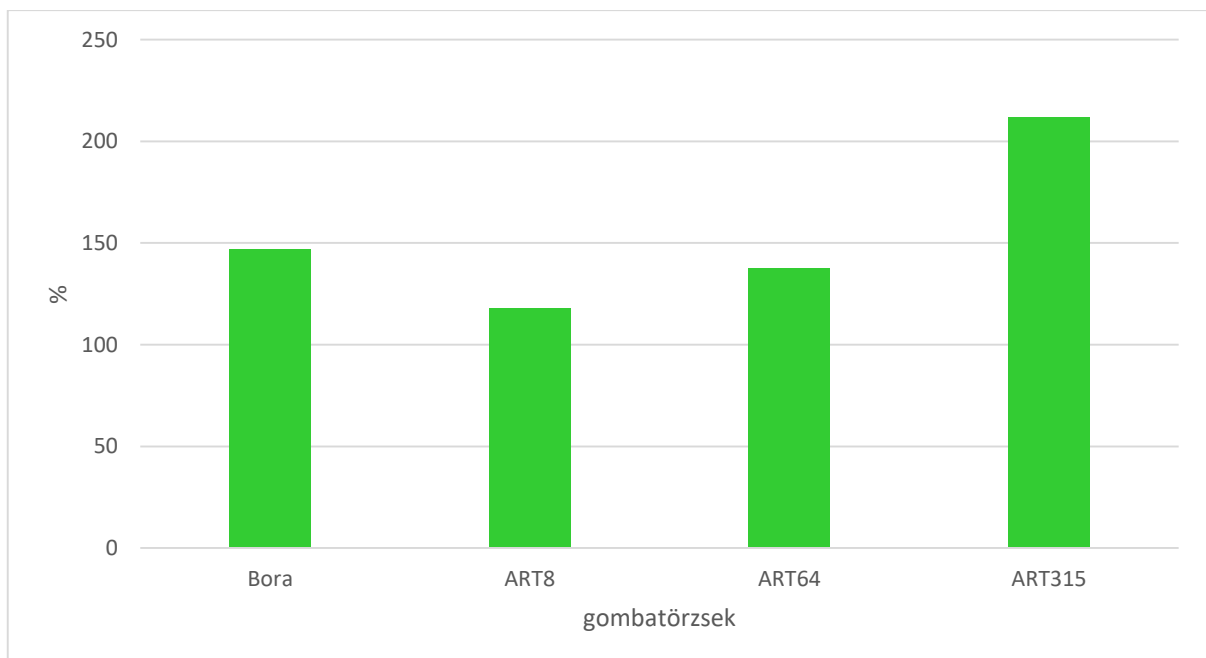
24. ábra: ART315 kontroll 3 hetesen



25. ábra: BORA kontroll 2 hetesen



26. ábra: BORA kontroll 3 hetesen

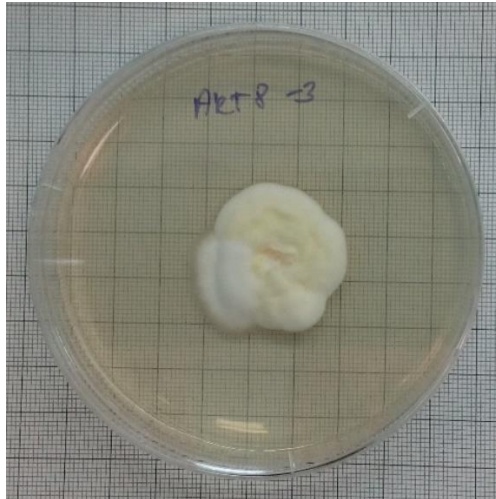


27. ábra: A kontroll minták átlagos növekedése a tenyésztés harmadik hetében

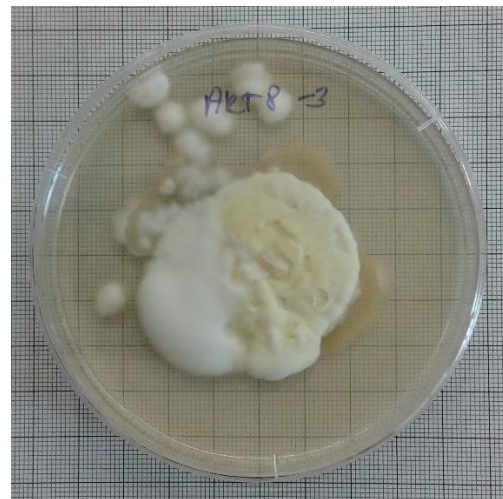
A kontroll minták, melyek fejlődése zavartalanul történhetett, törzsenként eltérő növekedést mutattak (27. ábra). Legkisebb mértékben az ART8 jelű - 117,88%-kal -, legnagyobb mértékben pedig az ART315 jelű - 211,78%-kal - növekedett. Tehát még a legkevésbé terjeszkedő törzs is átlagosan több mint duplájára nőtt az egy hét alatt (19. és 20. ábra), míg a legagresszívan terjeszkedő háromszorosánál is nagyobb méretet ért el zavartalan körülmények között (23. és 24. ábra). A képeken látszik, hogy a telepek közötti méretkülönbség már az oltás időpontjában is látható volt, de a 3 hetes ellenőrzéskor már igazán szembetűnő (20. és 24. ábra). Az előző kísérlethez képest most nem a BORA, hanem az ART315 törzs mutatta a legerőteljesebb növekedést kezelés nélkül.

4.3.2 Taifun 360-nal kezelt minták

A 28-35. ábrákon látható a különböző gombatörzsek növekedési üteme a Taifun 360-nal történt kezelés eredményeként.



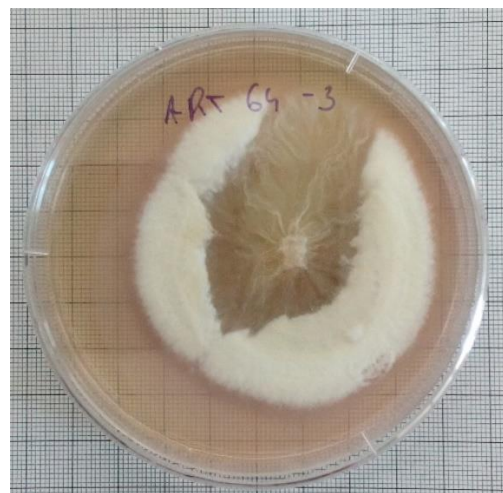
28. ábra: ART8 2 hetesen



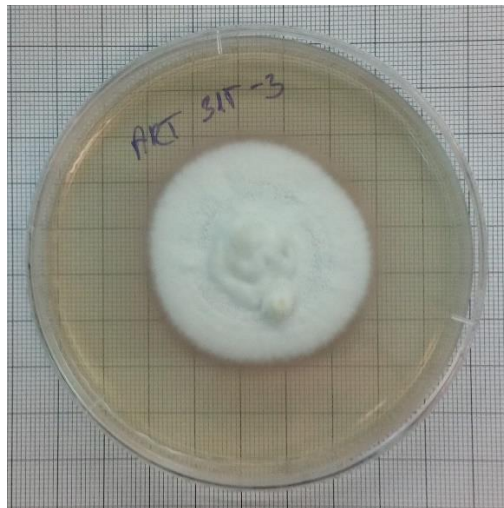
29. ábra: ART8 Taifunnal
kezelve 3 hetesen



30. ábra: ART64 2 hetesen



31. ábra: ART64 Taifunnal
kezelve 3 hetesen



32. ábra: ART315 2 hetesen



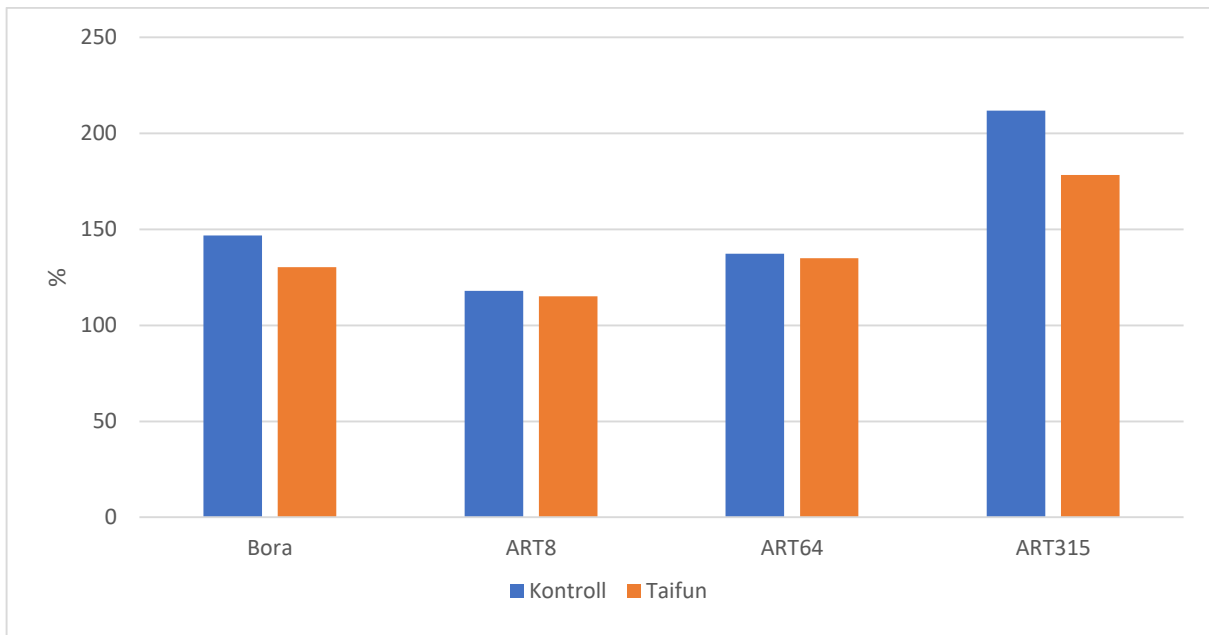
33. ábra: ART315 Taifunnal
kezelve 3 hetesen



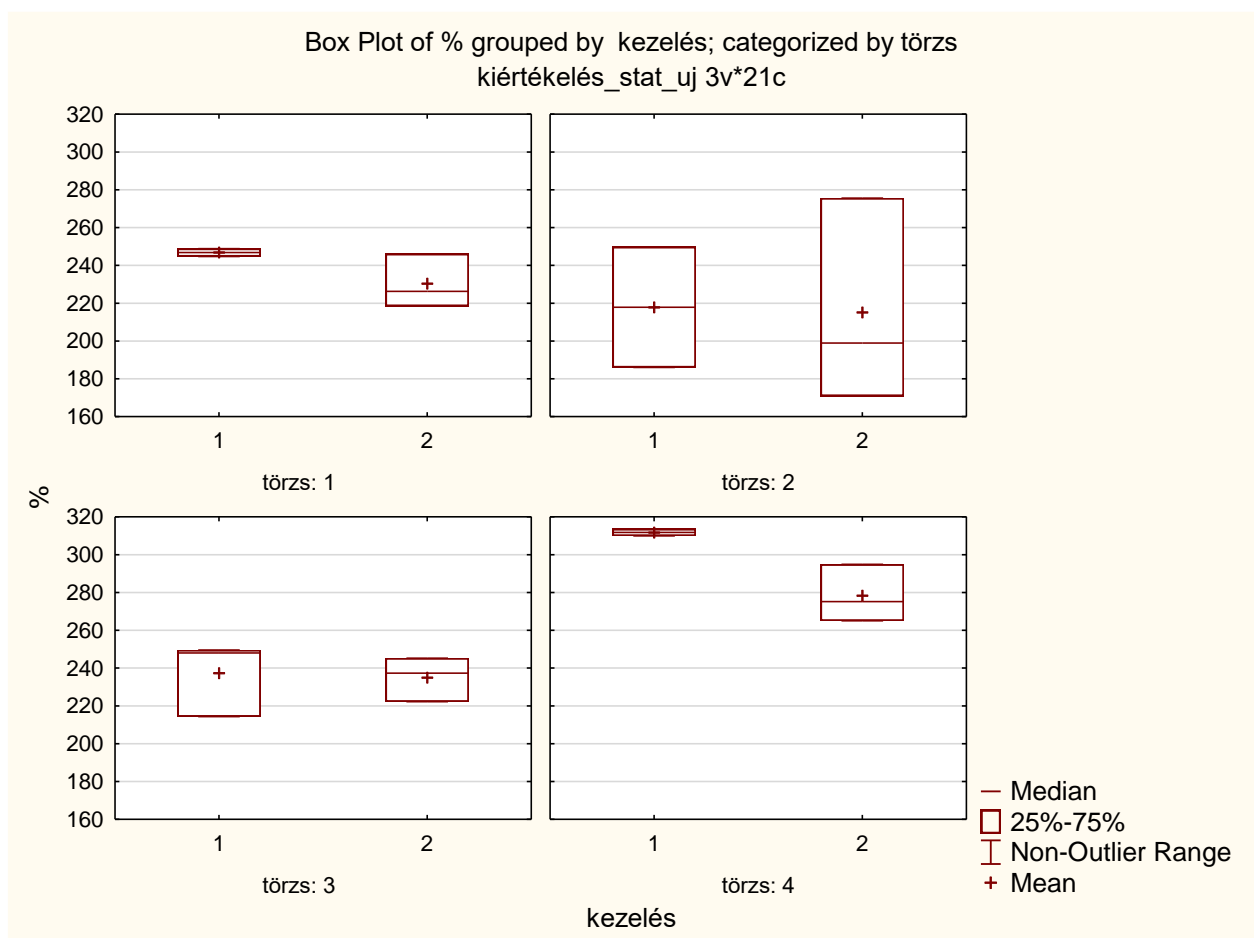
34. ábra: BORA 2 hetesen



35. ábra: BORA Taifunnal
kezelve 3 hetesen



36. ábra: Taifun 360 gyomirtó szer hatása a gombatelepek növekedésére a tenyésztés harmadik hetében a kontroll mintákkal összehasonlítva



37. ábra: Taifun 360 gyomirtó szer hatása a gombatelepek növekedésére a tenyésztés harmadik hetében a kontroll mintákkal összehasonlítva –boxplot

1 – kontroll, 2 – Taifun 360, törzs:1 – BORA, törzs:2 – ART8, törzs:3 – ART64, törzs:4 – ART315

A 36 és 37. ábrából látszik, hogy a Taifun 360 gyomirtó szerrel való kezelés mindegyik gombatörzs esetében a kontrollhoz képest kis mértékben visszavetette a növekedés ütemét, de a csökkenés nem számottevő. A statisztikai értékelés az ART8 és ART64 törzsek esetében nem mutat szignifikáns növekedéscsökkenést (9. és 10. táblázat), az ART315 és BORA törzsek esetében viszont igen (11 – 14. táblázatok). A telepek felületén látszik, hogy hol érte a vegyszeres oldat, azokon a részeken kevésbé életképesek a gombafonalak, a többi részen viszont normál növekedést mutatnak. Mivel kontakt gyomirtóról beszélünk, az eredmény nagyjából várható volt.

9. táblázat – kezelések hatásainak vizsgálata az ART8 törzsre – ANOVA

Effect	Univariate Tests of Significance for percent (kiértékelés) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	616480,5	1	616480,5	245,8267	0,000000
treatment	19520,0	4	4880,0	1,9459	0,186905
Error	22570,1	9	2507,8		

10. táblázat – kezelések hatásainak vizsgálata az ART64 törzsre - ANOVA

Effect	Univariate Tests of Significance for percent (kiértékelés) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	704636,1	1	704636,1	1811,876	0,000000
treatment	3096,0	4	774,0	1,990	0,179731
Error	3500,1	9	388,9		

11. táblázat – kezelések hatásainak vizsgálata az ART315 törzsre - ANOVA

Effect	Univariate Tests of Significance for percent (kiértékelés) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	793550,8	1	793550,8	2150,286	0,000000
treatment	19470,8	4	4867,7	13,190	0,002250
Error	2583,3	7	369,0		

12. táblázat – kezelések hatásainak vizsgálata az ART315 törzsre – Dunnett post hoc

Dunnett test; variable percent (kiértékelés) Probabilities for Post Hoc Tests (2-sided) Error: Between MS = 369,04, df = 7,0000		
Cell No.	treatment	{1} 311,78
1	1 - kontroll	
2	2 - Taifun 360	0,254968
3	3 - Basudin	0,999927
4	4 - Vegesol	0,834384
5	5 - Topaz	0,002297

13. táblázat – kezelések hatásainak vizsgálata az BORA törzsre - ANOVA

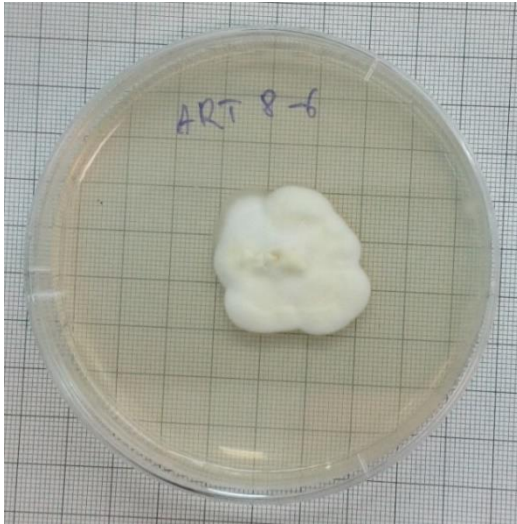
Univariate Tests of Significance for percent (kiértékelés) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	688982,3	1	688982,3	1166,297	0,000000
treatment	21992,5	4	5498,1	9,307	0,004202
Error	4725,9	8	590,7		

14. táblázat – kezelések hatásainak vizsgálata az BORA törzsre – Dunnett post hoc

Dunnett test; variable percent (kiértékelés) Probabilities for Post Hoc Tests (2-sided) Error: Between MS = 590,74, df = 8,0000		
Cell No.	treatment	{1} 246,78
1	1	
2	2	0,851897
3	3	0,148655
4	4	0,717244
5	5	0,040090

4.3.3 Basudinnal kezelt minták

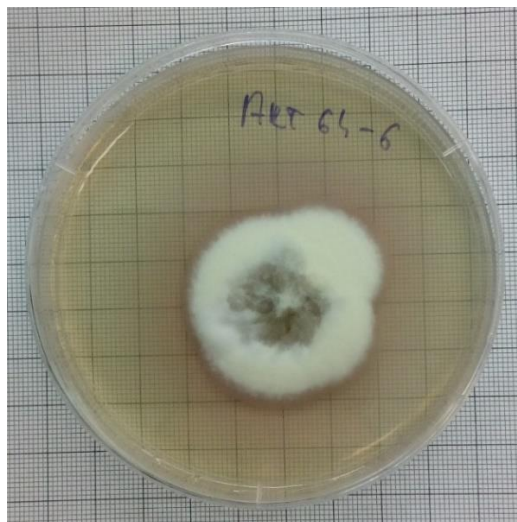
A 38-45. ábrákon a Basudinnal kezelt minták növekedése látható az oltás időpontjában és 1 héttel később.



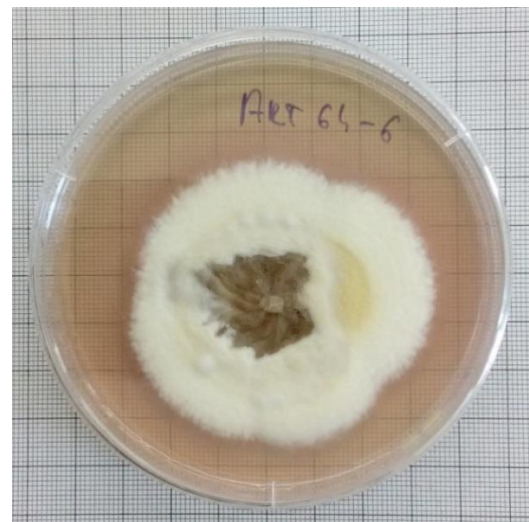
38. ábra: ART8 2 hetesen



39. ábra: ART8 Basudinnal
kezelve 3 hetesen



40. ábra: ART64 2 hetesen



41. ábra: ART64 Basudinnal
kezelve 3 hetesen



42. ábra: ART315 2 hetesen



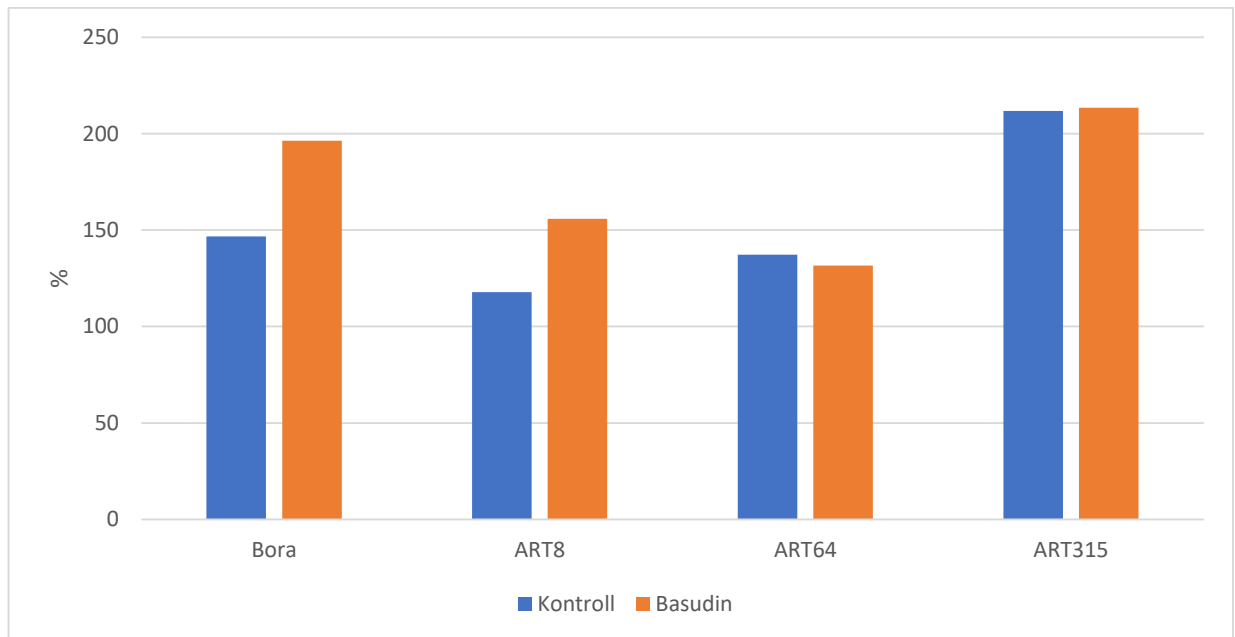
43. ábra: ART315 Basudinnal
kezelve 3 hetesen



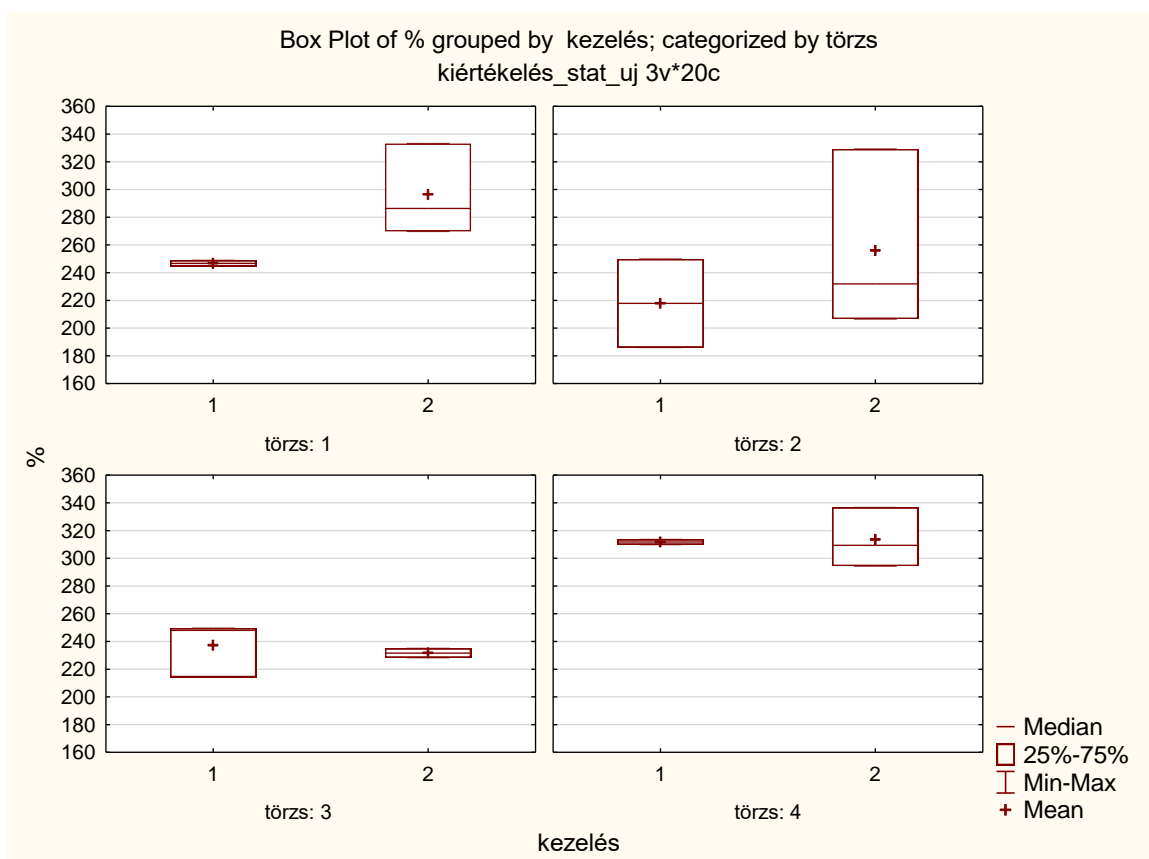
44. ábra: BORA 2 hetesen



45. ábra: BORA Basudinnal
kezelve 3 hetesen



46. ábra: Basudin talajfertőtlenítő hatása a gombatelepek növekedésére a tenyésztés harmadik hetében a kontroll mintákkal összehasonlítva



47. ábra: Basudin talajfertőtlenítő hatása a gombatelepek növekedésére a tenyésztés harmadik hetében a kontroll mintákkal összehasonlítva - boxplot

1 – kontroll, 2 – Basudin, törzs:1 – BORA, törzs:2 – ART8, törzs:3 – ART64, törzs:4 – ART315

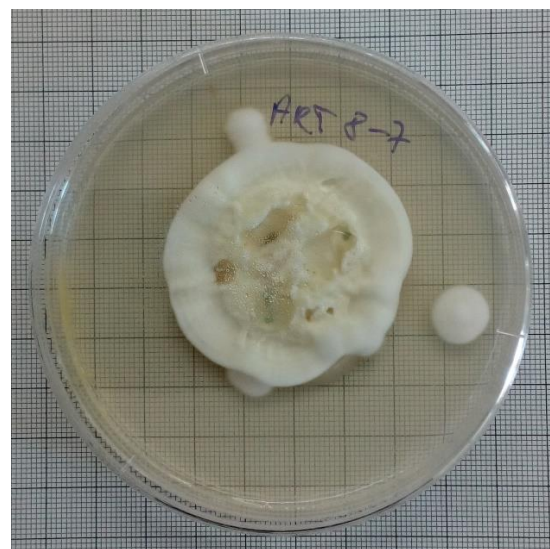
A 46 és 47. ábra alapján a Basudin az ART64 kivételével pozitívan befolyásolta a telepek növekedését, jelentősebb segítséget a BORA és az ART8 esetében jelentett a hifáknak. Itt átlagosan 49,67%, illetve 38,03% volt a plusz növekedés a kezeletlen mintákhoz képest. Ezen szer esetében is inkább a vizuális változás az, ami hangsúlyosabb. Itt is elmondható, hogy azokon a részeken, ahol a szer érintkezett a gombával, színbeli elváltozás tapasztalható, de ahelyett, hogy visszamaradott lenne a telep ezen részeken, inkább burjánzás látható. A rovarölő és talajfertőtlenítő hatás valószínűleg elősegítette a steril körülményeket, ezért járulhatott hozzá a növekedéshez.

4.3.4 Vegesol eReS- sel kezelt minták

A 48-55. ábrákon a Vegesol eReS-sel történt kezelés utáni növekedést figyelhetjük meg.



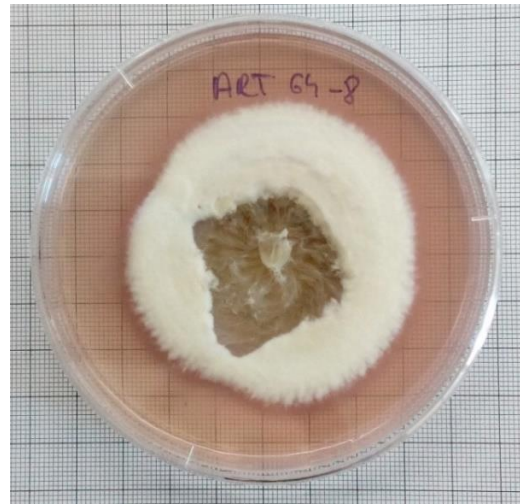
48. ábra: ART8 2 hetesen



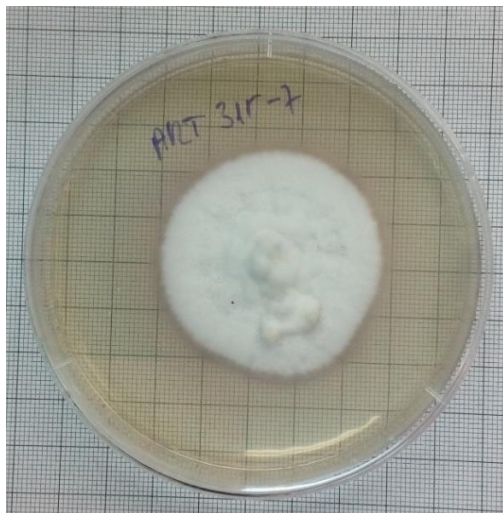
49. ábra: ART8 Vegesollal
kezelve 3 hetesen



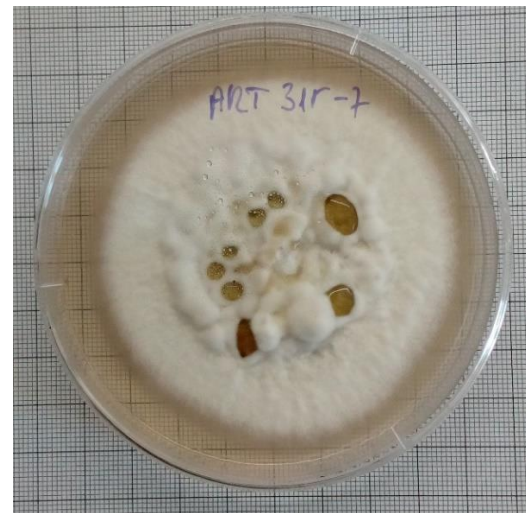
50. ábra: ART64 2 hetesen



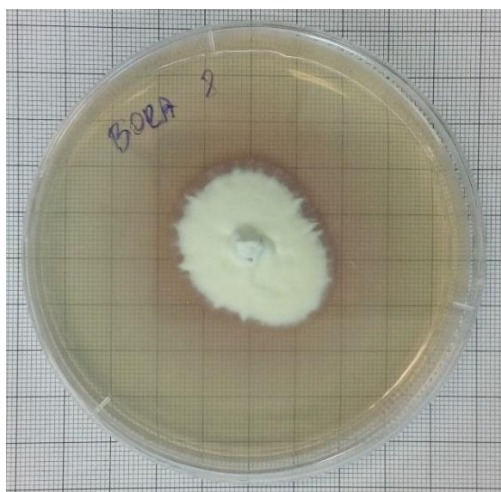
51. ábra: ART64 Vegesollal
kezelve 3 hetesen



52. ábra: ART315 2 hetesen



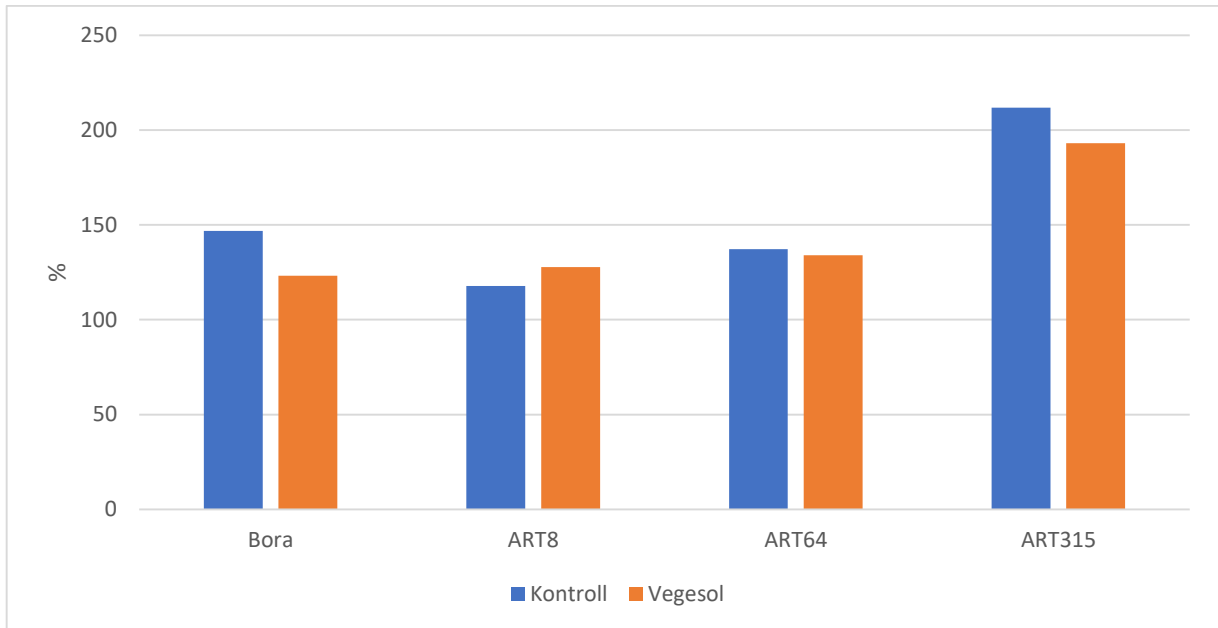
53. ábra: ART315 Vegesollal
kezelve 3 hetesen



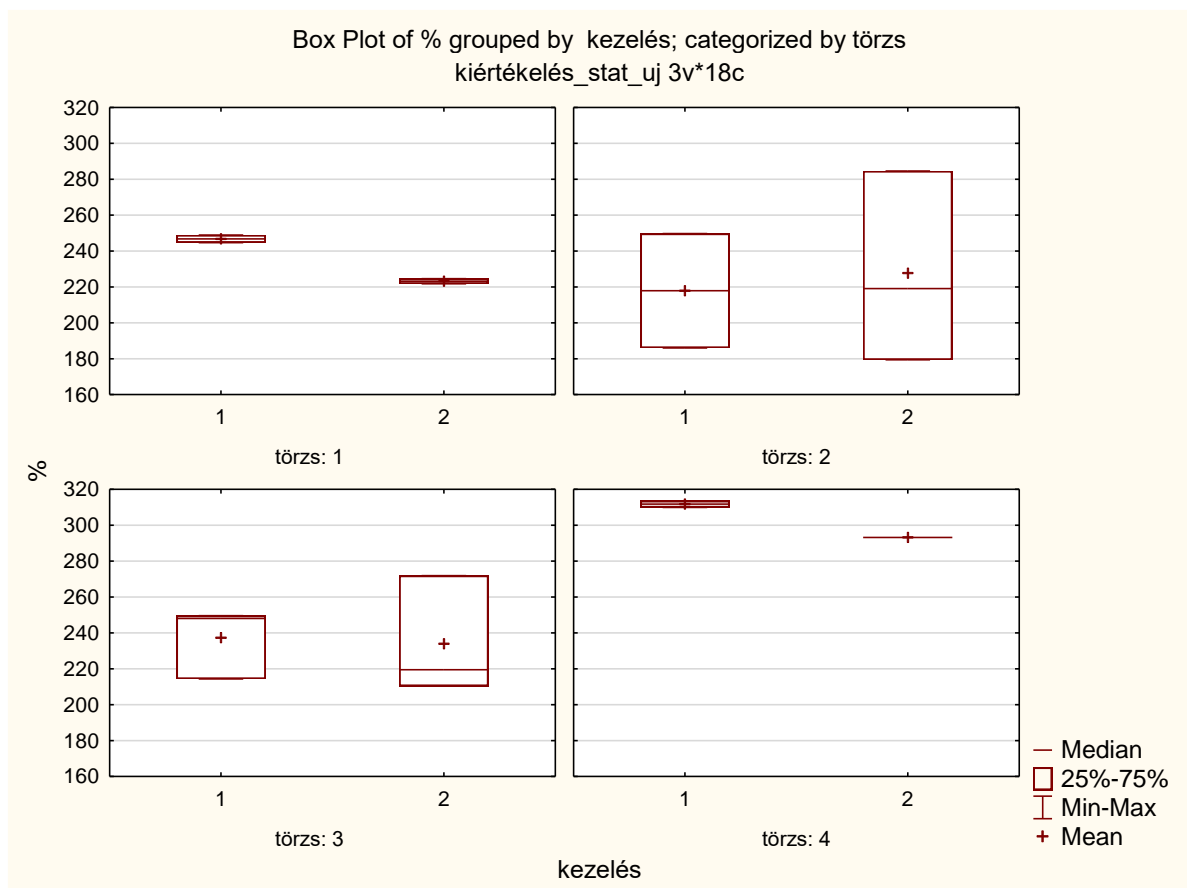
54. ábra: BORA 2 hetesen



55. ábra: BORA Vegesollal
kezelve 3 hetesen



56. ábra: Vegesol gombaölő szer hatása a gombatelepek növekedésére a tenyésztés harmadik hetében a kontroll mintákkal összehasonlítva



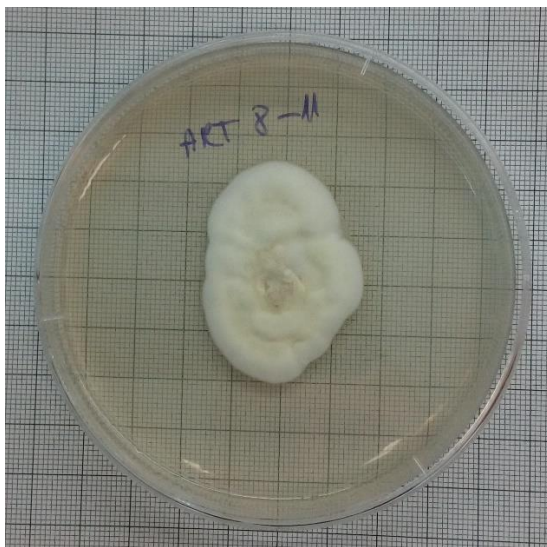
57. ábra: Vegesol gombaölő szer hatása a gombatelepek növekedésére a tenyésztés harmadik hetében a kontroll mintákkal összehasonlítva - boxplot

1 – kontroll, 2 – Vegesol, törzs:1 – BORA, törzs:2 – ART8, törzs:3 – ART64, törzs:4 – ART315

A Vegesol kezelés hatása az ART8 törzs kivételével kismértékű növekedéscsökkenést idézett elő (56 és 57. ábra). Az ART8-ra gyakorolt hatás meglepő, mivel gombaölő szerről van szó. A tapasztalt minimális növekedés azonban adódhat elegyedési vagy fedési elégtelenségből is. A Vegesol esetében is nagyon jól látszik, hogy a gomba felületének mely része érintkezett a vegyszerrel (49. ábra).

4.3.5 Topazzal kezelt minták

A Topazzal kezelt gombatelepek növekedése látható az 58-65. ábrákon.



58. ábra: ART8 2 hetesen



59. ábra: ART8 Topazzal
kezelve 3 hetesen



60. ábra: ART64 2 hetesen



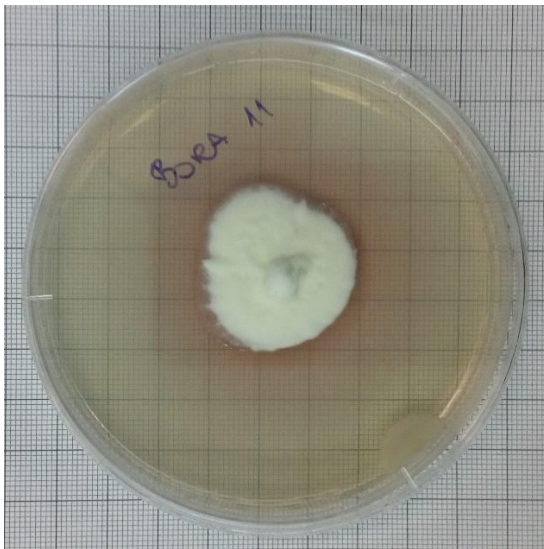
61. ábra: ART64 Topazzal
kezelve 3 hetesen



62. ábra: ART315 2 hetesen



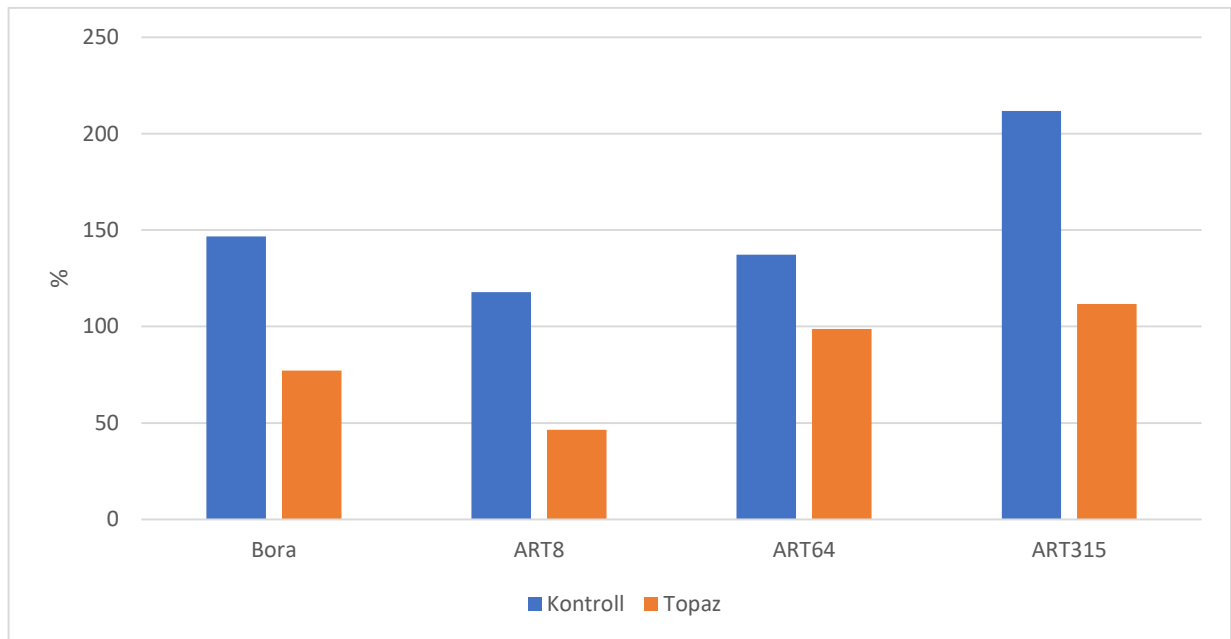
63. ábra: ART315 Topazzal
kezelve 3 hetesen



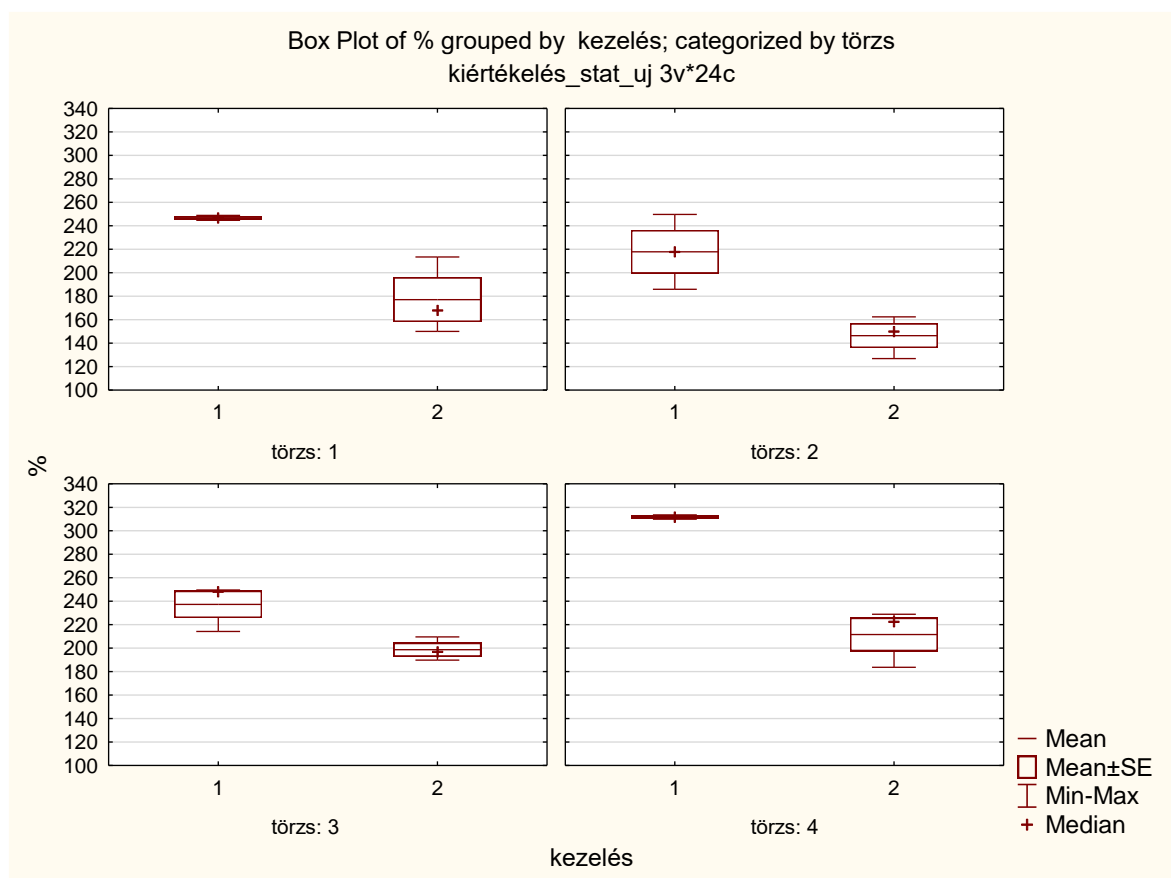
64. ábra: BORA 2 hetesen



65. ábra: BORA Topazzal
kezelve 3 hetesen



66. ábra: Topaz gombaölő szer hatása a gombatelepek növekedésére a tenyésztés harmadik hetében a kontroll mintákkal összehasonlítva



67. ábra: Topaz gombaölő szer hatása a gombatelepek növekedésére a tenyésztés harmadik hetében a kontroll mintákkal összehasonlítva – boxplot

1 – kontroll, 2 – Topaz, törzs:1 – BORA, törzs:2 – ART8, törzs:3 – ART64, törzs:4 – ART315

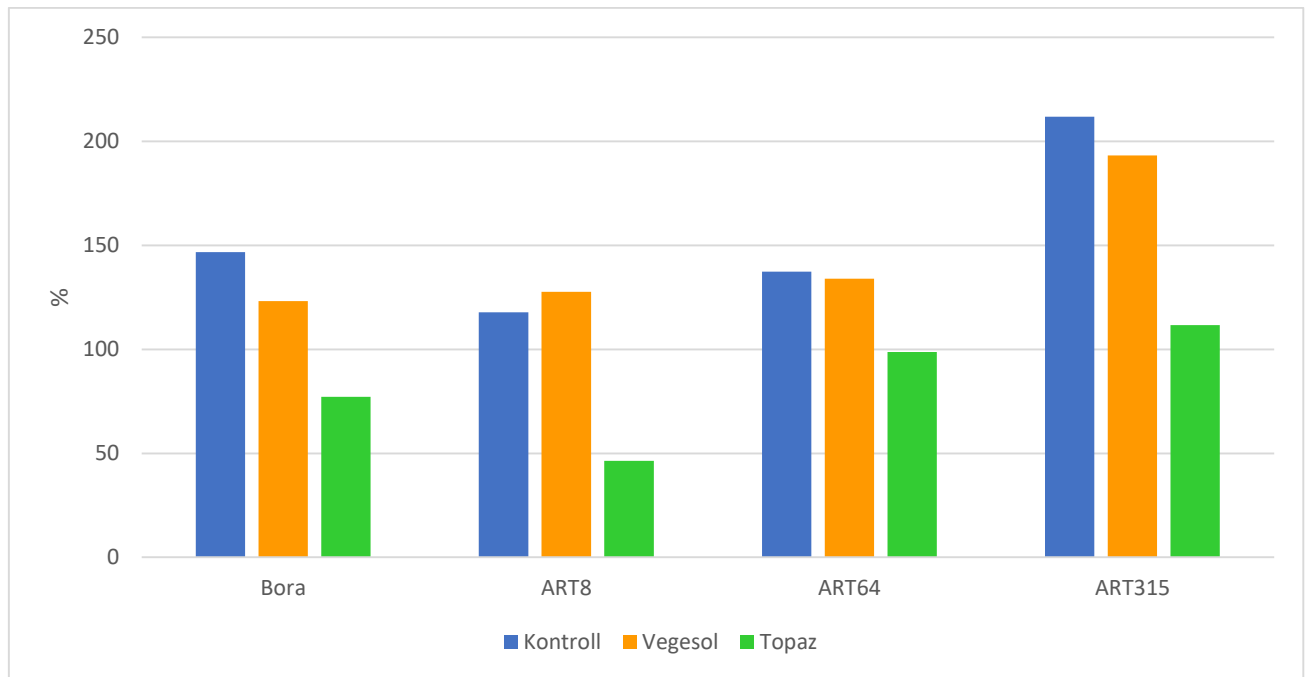
A Topazzal történt kezelés minden esetben visszavetette a telepek növekedését, itt a várt hatást kaptuk (66 és 67. ábra). A kezelt telepek növekedésében igen látványos az eredmény mindegyik gombatörzs esetében (59., 61., 63., 65. ábrák). A permetezett területen a gombafonalak növekedése teljesen leállt, de a mélyebben lévő részeken, ahová a szer nem tudott lehatolni, tovább növekedett, így 'peremeket' hozva létre. A legkisebb eltérés esetében (ART64 minták) is a kontrollhoz képest átlagosan 474 mm²-rel (38,58%) volt kisebb a telepek növekedése, míg ez a legnagyobb mértékű visszaesés esetében (ART315) átlagosan 1886 mm² (100,08%) volt. Ezeket az eredményeket a statisztikai analízis is alátámasztotta. A telepméreték növekedésének lassulása az ART64 minta kivételével statisztikailag is szignifikáns volt (15. és 16. táblázat).

15. táblázat - Topaz kezelés hatásának vizsgálata az egyes gombatörzsekre - ANOVA

Effect	Univariate Tests of Significance for % (kiértékelés_stat) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1145475	1	1145475	2604,240	0,000000
törzs	19400	3	6467	14,702	0,000074
kezelés	29348	1	29348	66,723	0,000000
törzs*kezelés	2841	3	947	2,153	0,133605
Error	7038	16	440		

16. táblázat - Topaz kezelés hatásának vizsgálata az egyes gombatörzsekre – TUKEY HSD

Cell No.	törzs	kezelés	Tukey HSD test; variable % (kiértékelés_stat) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 439,85, df = 16,000							
			{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
			246,78	177,14	217,88	146,43	237,3	198,7	311,78	211,7
1	1	1		0,0158	0,6948	0,0006	0,9991	0,1611	0,0266	0,4831
2	1	2	0,0158		0,3134	0,6329	0,0455	0,9007	0,0002	0,5003
3	2	1	0,6948	0,3134		0,0129	0,9392	0,9431	0,0011	0,9999
4	2	2	0,0006	0,6329	0,0129		0,0015	0,1054	0,0002	0,0258
5	3	1	0,9991	0,0455	0,9392	0,0015		0,3732	0,0091	0,7995
6	3	2	0,1611	0,9007	0,9431	0,1054	0,3732		0,0003	0,9932
7	4	1	0,0266	0,0002	0,0011	0,0002	0,0091	0,0003		0,0006
8	4	2	0,4831	0,5003	0,9999	0,0258	0,7995	0,9932	0,0006	



68. ábra: Vegesol és Topaz hatása a gombatelepek növekedésére a tenyésztés harmadik hetében a kontroll mintákkal összehasonlítva

A Topaz, mint gombaölő jóval erősebbnek bizonyult a Vegesolnál (68. ábra). Ennek magyarázata lehet – amellet hogy más a hatóanyaguk - , hogy az előbbi felszívódó, úgy tűnik jól mozog a telepben, míg az utóbbi inkább kontakt, lokális hatású szer. A Vegesol gátló hatását 3,36-23,59% közötti arányban fejtette ki, egy esetben még segítette is a telep növekedését, míg a Topaznál ugyanezek az értékek 38,58-100,08% közötti mozogtak.

4.4 3. kísérlet- *Beauveria* fajok törzseinek hatásvizsgálata *Melolontha* és *Cetonia* pajorokra laboratóriumi körülmények között

A laboratóriumi poharas kísérlet során 5 hónapon keresztül havonta ellenőriztük a mintákat. Az elpusztult pajorokat 3 csoportra osztottuk; az első, ahol a gombafonalak láthatóak – ezek pusztulását közvetlenül és egyértelműen a gombának tudtuk be, tehát ezt a direkt hatáshoz soroltuk. A második csoport, ahol a gomba jelenléte észlelhető a pajor környezetében, de közvetlenül az egyedén nem – ezek pusztulását a gomba miatti legyengülésnek és az ennek következtében történt egyéb fertőzéseknek tudtuk be, ez képviselte az indirekt hatást. A harmadik csoport, amelyeknél gombára utaló jel nem volt. Ez utóbbiakat a gomba hatékonyságának vizsgálatához nem vettük figyelembe.



69. ábra: A gomba közvetlen hatása cserebogár pajoron



70. ábra: A gomba közvetlen hatása cserebogár pajoron



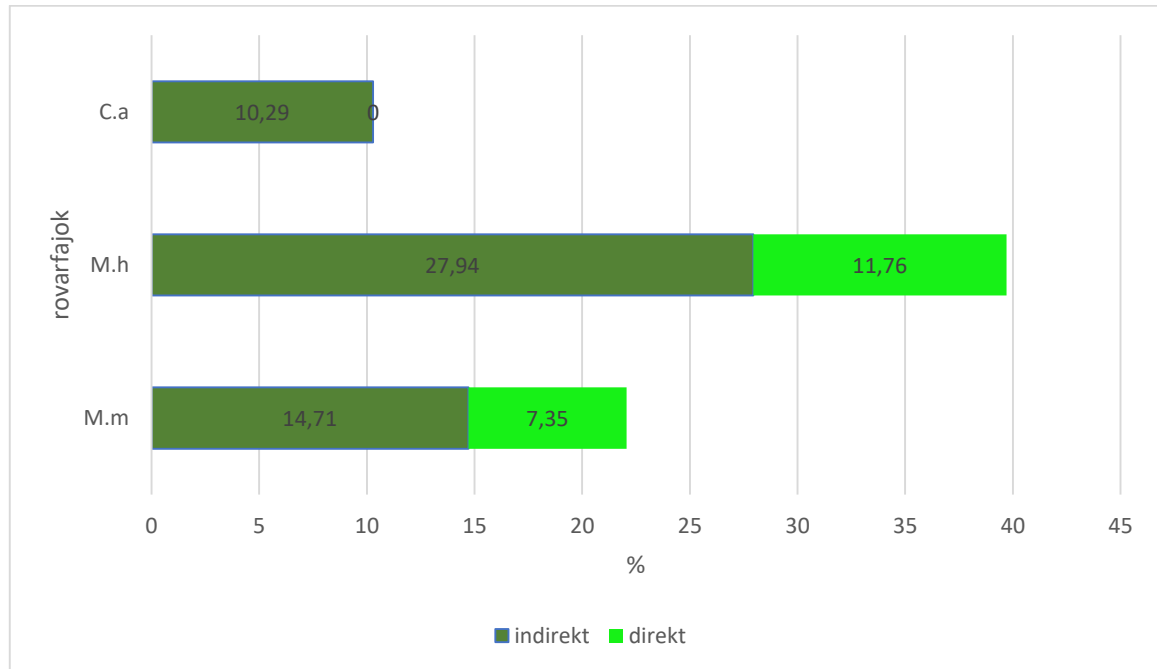
71. ábra: A gomba közvetlen hatása cserebogár pajoron



72. ábra: A gomba közvetett hatása cserebogár pajoron

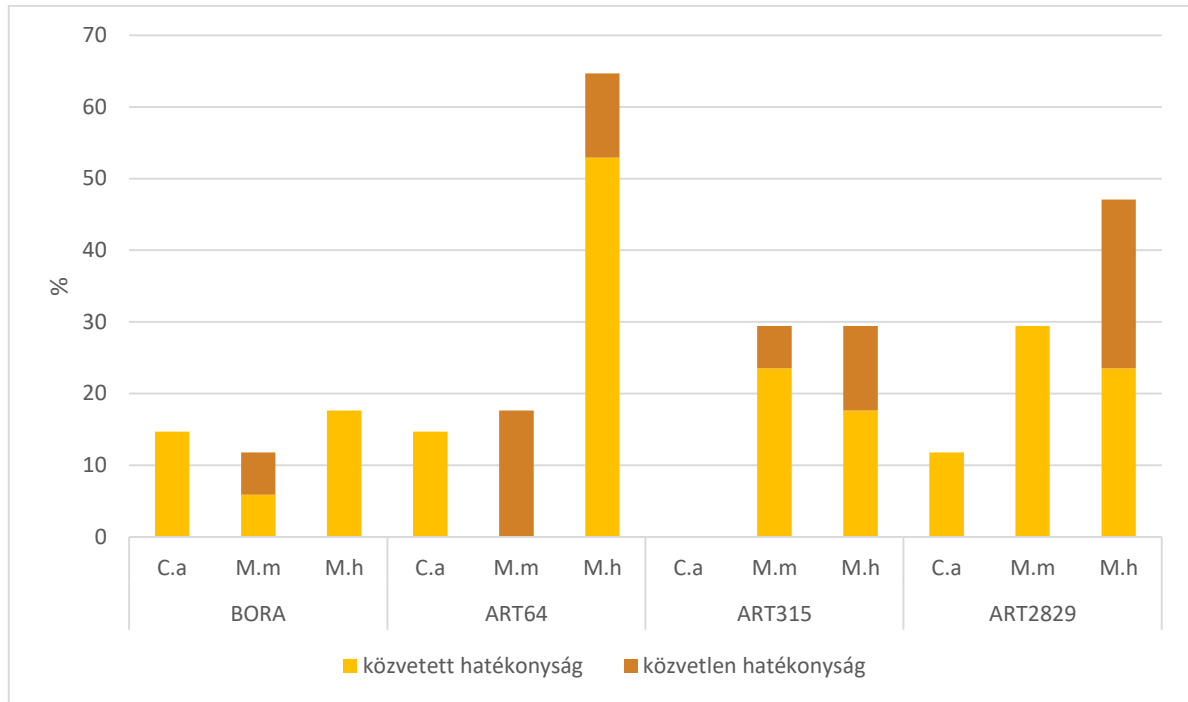
Az 69-72. ábrákon a gomba által közvetlenül elpusztított egyedek láthatók, melyeken még a fehér micéliumok és konídiumtartók által alkotott gyepek is megfigyelhetők, míg az 72. ábrán a gomba által legyengített és valamilyen baktériumfaj által elpusztított pajor figyelhető meg.

Alább, a 73. ábrán látható a fajonkénti pusztulás formája.



73. ábra. A pajorok fajonkénti direkt és indirekt pusztulásának aránya

A fenti, 73. ábráról leolvasható, hogy a *Cetonia aurata* pajorok esetében közvetlen és egyértelműen a gomba számlájára írható pusztulás nem volt, a pajorok pusztulása a gomba közvetett hatásának köszönhető. A másik két rovarfaj esetében is nagyobb arányban voltak a legyengített és más tényező által elpusztított pajorok, mint a közvetlenül gomba általi halál.



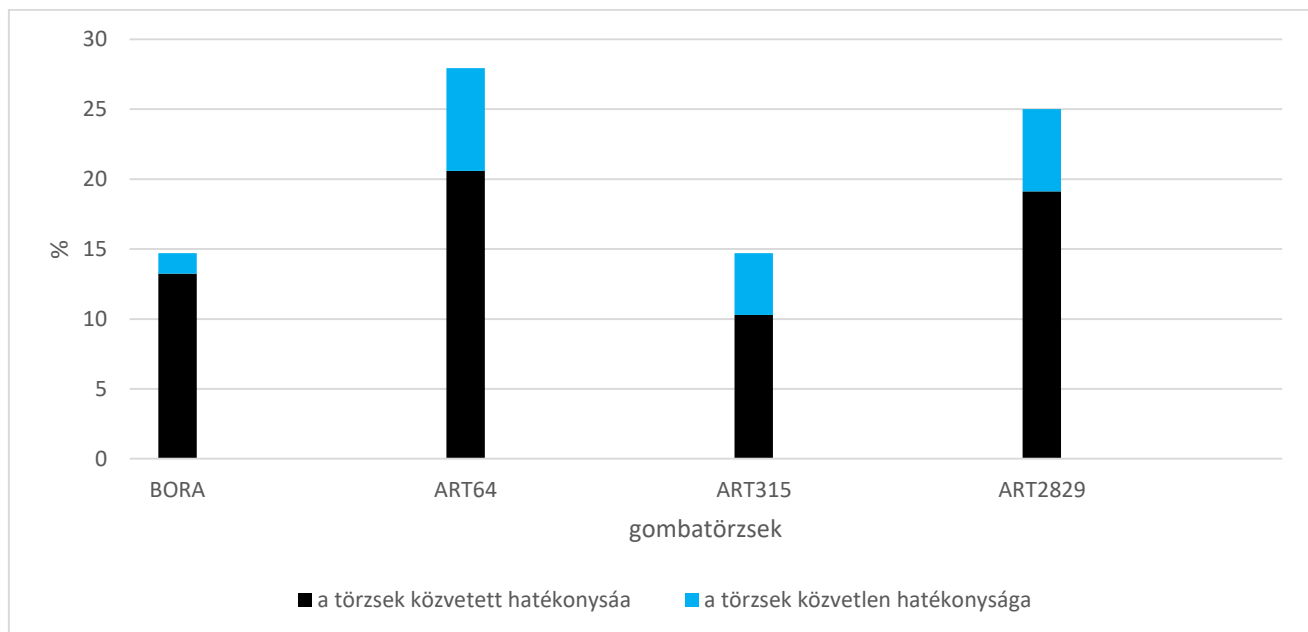
74. ábra: A vizsgálatba vont gombatörzsek által okozott direkt és indirekt pusztulás a vizsgált fajok esetében

Mindegyik gombatörzsrre a *Melolontha hippocastani* reagált a legérzékenyebben, ahogy az a 74. ábrán is látható. Ezen faj esetében volt a legmagasabb a direkt pusztulás aránya is.

A *Melolontha melolontha* pajorok esetében a legnagyobb arányú közvetlen fertőzés az ART64 törzsnél figyelhető meg, az eredmény itt 18%. A legyengített és más tényezőtől elpusztult pajorok legnagyobb százalékban az ART2829 törzssel kezelt mintákból kerültek ki (29%).

A *Melolontha hippocastani* pajorok közvetlen pusztulásában a leghatékonyabb az ART2829 törzs volt 24%-kal, míg a közvetett pusztulásért az ART64 törzs felel, kiugró 53%-kal.

A *Cetonia aurata* faj pajorjai úgy tűnik, az ART315 törzsrre nem is reagáltak, ugyanis itt pusztulás nem volt, mint ahogy direkt fertőzést sem találtunk. Az elhalt egyedek mindegyike a gomba indirekt hatásának eredménye volt.



75. ábra: A megvizsgált gombatörzsek összesített direkt és indirekt hatékonysága

A négy gombatörzs közül összességében az ART64 volt a leghatékonyabb mind a közvetlen, mind pedig a közvetett hatását tekintve. Ezt követte az ART2829, majd az ART315 és a BORA, melyek összességében nagyjából azonosan teljesítettek (75. ábra).

Az 5. hónap végére a gombafonalak nagyrésze teljesen eltűnt.

A kontroll minták és a kezelt, de pajort nem tartalmazó minták esetében a gomba jelenléte nem volt megfigyelhető, ami arra utal, hogy a célfaj (táplálék) hiányában a gomba „alvó”, spóra állapotban marad, nem indul fejlődésnek.

Alább, a 17. táblázatban láthatók a kísérlet eredményei gombatörzsenként, kezelt fajonként és összesítve is.

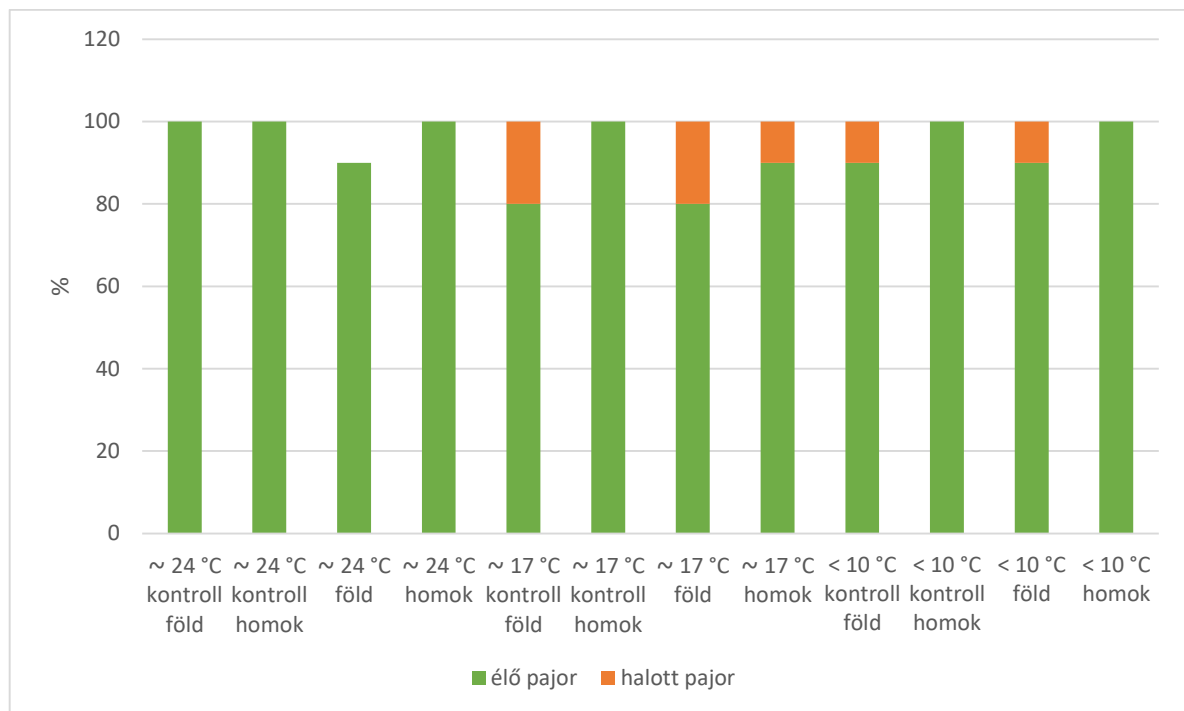
17. táblázat: A 3. kísérlet részletes és összesített eredményei

gombatörzs	faj	minta-szám [db]	indirekt elhullás [db]	direkt elhullás [db]	indirekt hatékonyság a fajon [%]	direkt hatékonyság a fajon [%]	a törzs indirekt hatékonysága [%]	a törzs direkt hatékonysága [%]	összes hatékonyság [%]
BORA	C.a	34	5	0	14,7	0	13,24	1,47	14,71
	M.m	17	1	1	5,88	5,88			
	M.h	17	3	0	17,65	0			
ART64	C.a	34	5	0	14,7	0	20,59	7,35	27,94
	M.m	17	0	3	0	17,65			
	M.h	17	9	2	52,94	11,76			
ART315	C.a	34	0	0	0	0	10,29	4,41	14,71
	M.m	17	4	1	23,53	5,88			
	M.h	17	3	2	17,65	11,76			
ART2829	C.a	34	4	0	11,76	0	19,12	5,88	25,00
	M.m	17	5	0	29,41	0			
	M.h	17	4	4	23,53	23,52			

4.5 4. kísérlet- *Beauveria* gombatörzs hatásának vizsgálata *Cetonia aurata* pajorokra különböző közegekben és hőmérsékleteken, félüzemi körülmények között

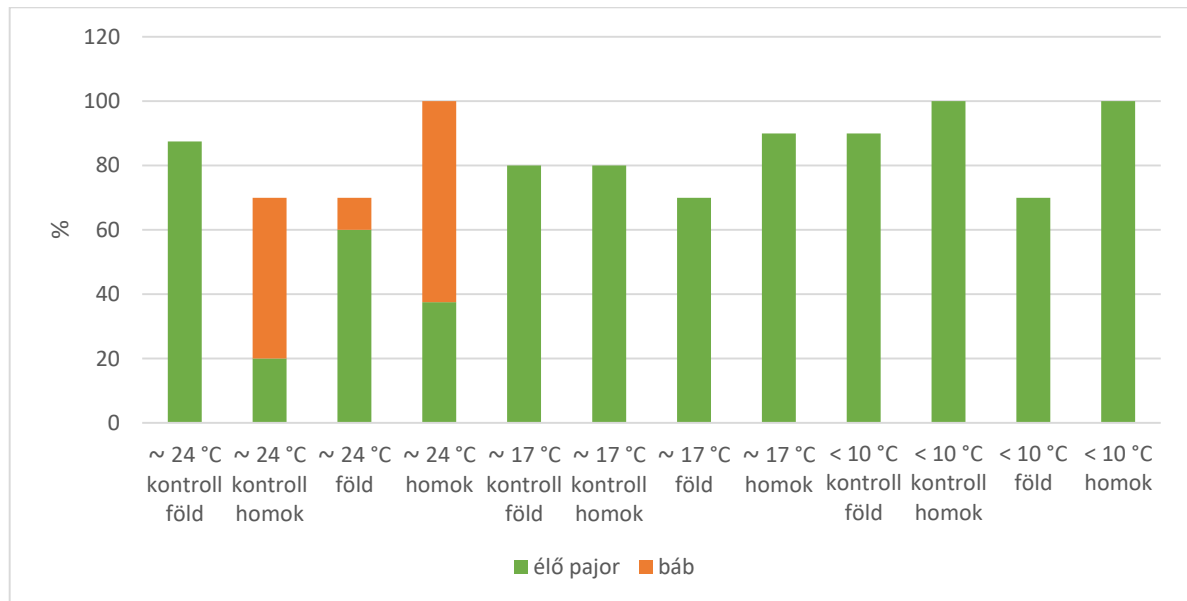
A negyedik kísérlet esetén az előző kísérlet eredményei alapján választottuk ki az ART64 gombatörzset, mivel ennek volt a legjelentősebb hatása a pajorokra. A *Cetonia aurata* lárvák közvetlen fertőzést nem mutattak a korábbi vizsgálat során, ezért ezekkel kísérleteztünk tovább, hátha egyes tényezők; mint a hőmérséklet vagy a közeg megváltoztatása jobb eredményhez segít. A félüzemi kísérlet esetében 4 ellenőrzés történt.

Az első ellenőrzés során még alig volt változás, ez leolvasható a 76. ábráról. A diagramon s jól látható, hogy minimális az elhullás. Az átlagosan 24 °C - on lévő földes kezelt mintából hiányzó 10% egy eltűnt egyedeket jelez.



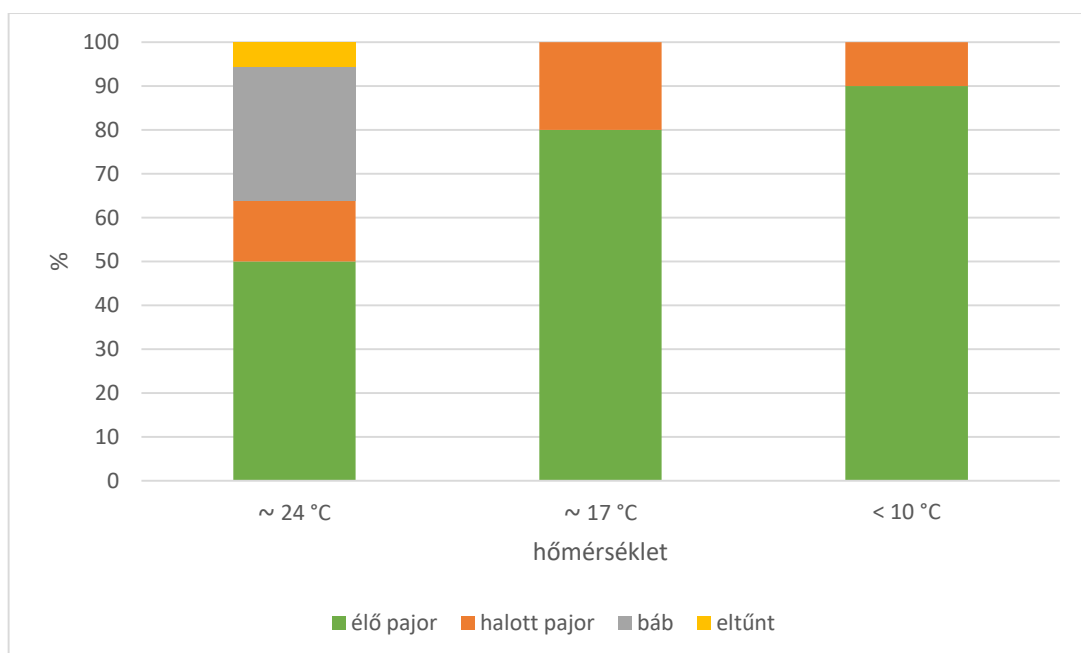
76. ábra: Élő és elpusztult pajorok aránya az első ellenőrzéskor

A második ellenőrzés során még legalább 70% volt az egészséges élő egyedek száma mindegyik mintában (77. ábra).



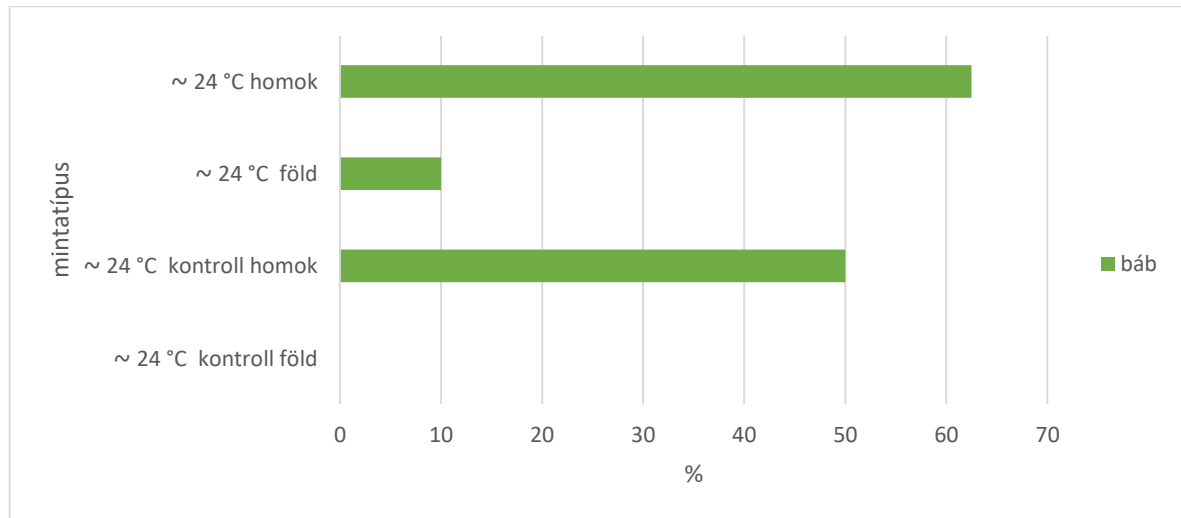
77. ábra: Élő pajorok és bebábozódott egyedek aránya a második ellenőrzéskor

Az viszont jól látható a 78. ábrán, hogy a hőmérséklet igencsak kedvezett a bogár fejlődésének, hiszen az átlagosan 24 °C – on tartott mintákban bábgyúók is megjelentek a második ellenőrzés során, 30% arányban.



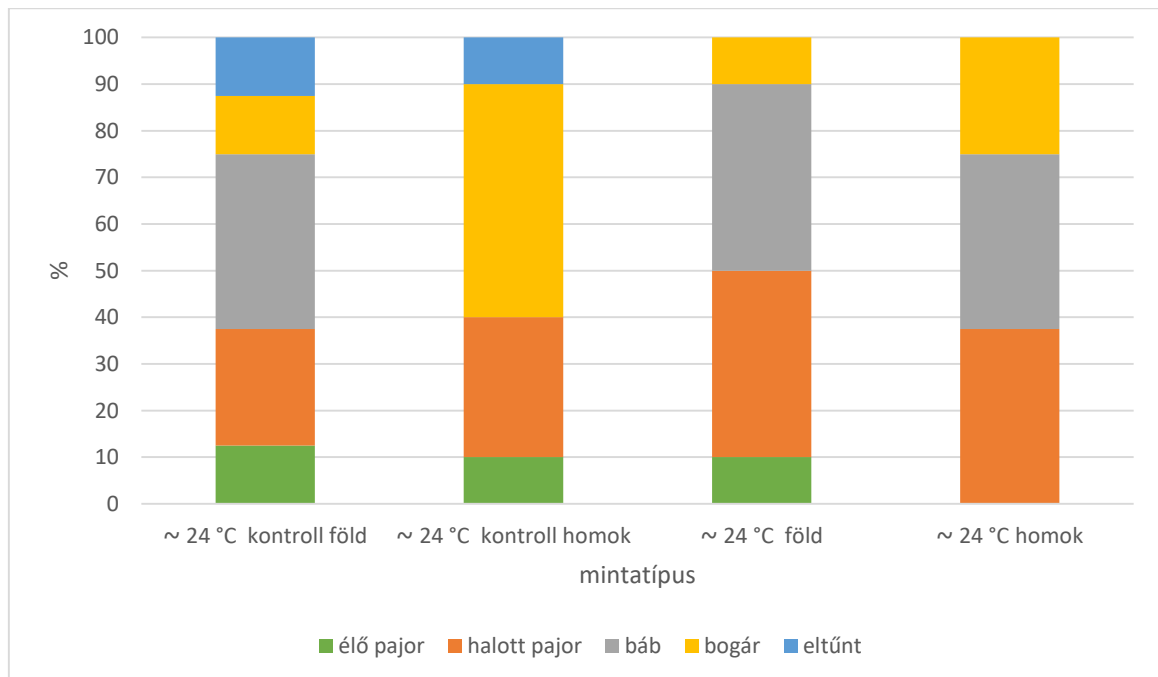
78. ábra: Az egyedek egészségi állapota és fejlődése a hőmérséklet függvényében a második ellenőrzéskor

A második ellenőrzéskor a bábok 1 kivétellel a homokos mintában voltak. (79. ábra).

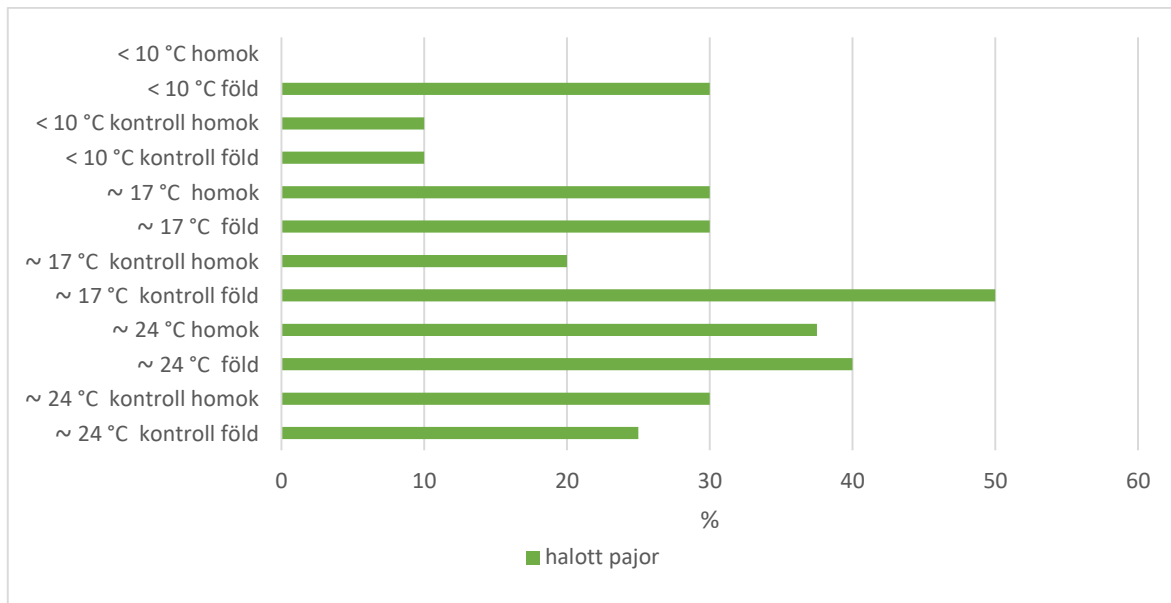


79. ábra: Bábozódás eloszlása talajtípus és kezelés függvényében magas hőmérsékleten a második ellenőrzéskor

A harmadik ellenőrzéskor a hőmérséklet segítő szerepe ismét megmutatkozott, hiszen az átlagosan 24 °C – os mintákban tovább folytatódott a bábozódás, sőt, kikelt bogarakat is találtunk. Viszont az elhullások száma is nőtt, mind a meleg helyen tartott (80. ábra), mind pedig a többi mintában (81. ábra).

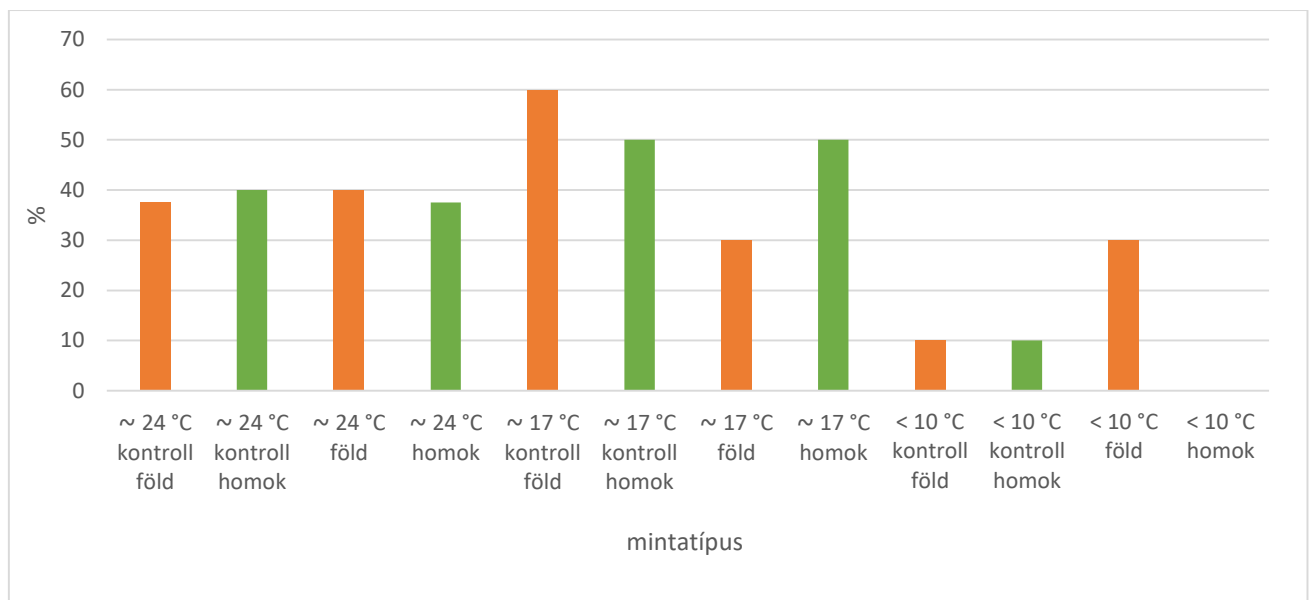


80. ábra: Fejlődési állapotok eloszlása magas hőmérsékleten talajtípus és kezelés függvényében a harmadik ellenőrzéskor



81. ábra: Az elpusztult pajorok aránya hőmérséklet, talajtípus és kezelés függvényében a harmadik ellenőrzéskor

Az utolsó ellenőrzés során felvett adatok alapján az elhullás aránya nem függ a kezeléstől, hiszen a három legmagasabb pusztulási arányt mutató minta közül kettőt kontroll mintákban tapasztaltunk. (82.ábra) A legkevesebb elpusztult pajort pedig a leghidegebb helyen tartott mintákban találtuk, ezen kezelt homokos mintákban 1 sem pusztult el!



82. ábra: Elpusztult pajorok megjelenése hőmérséklet, talajtípus és kezelés függvényében az utolsó ellenőrzéskor

Az utolsó méréskor életben maradt egyedek fejlődési állapotát egyértelműen a hőmérséklet befolyásolta. A hőmérséklet és az egyes fejlődési állapotok összefüggésvizsgálata az élő pajorok esetében szignifikáns negatív, míg a bábok és a bogarak esetében szignifikáns pozitív korrelációt mutatott ki (18-20. táblázatok)

18. táblázat: A hőmérséklet és az élő pajor állapot korrelációanalízise az utolsó méréskor

Correlations (félüzemi-kísérlet_kieg)				
Marked correlations are significant at $p < ,05000$				
N=12 (Casewise deletion of missing data)				
Variable	Means	Std.Dev.	hőm	élő pajor %
hőm	17,00000	5,96962	1,000000	-0,936766
élő pajor %	43,33333	38,69069	-0,936766	1,000000

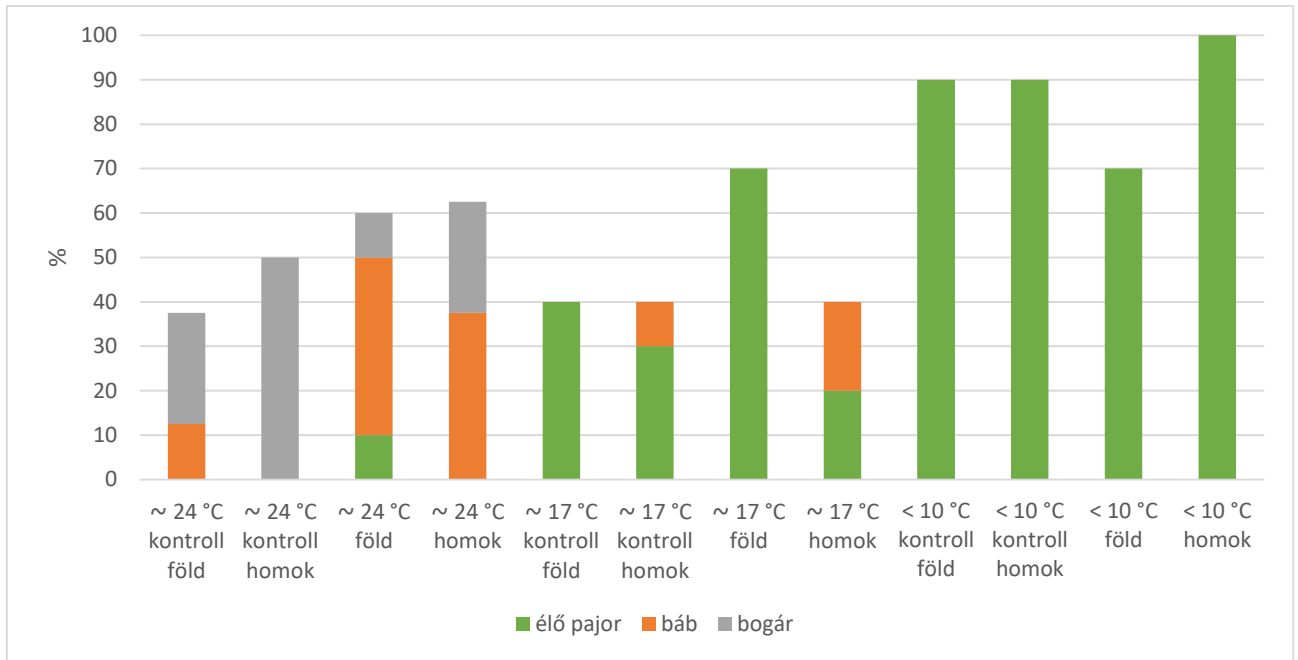
19. táblázat: A hőmérséklet és a báb állapot korrelációanalízise az utolsó méréskor

Correlations (félüzemi-kísérlet_kieg)				
Marked correlations are significant at $p < ,05000$				
N=12 (Casewise deletion of missing data)				
Variable	Means	Std.Dev.	hőm	báb %
hőm	17,00000	5,96962	1,000000	0,641223
báb %	10,00000	14,96207	0,641223	1,000000

20. táblázat: A hőmérséklet és a bogár állapot korrelációanalízise az utolsó méréskor

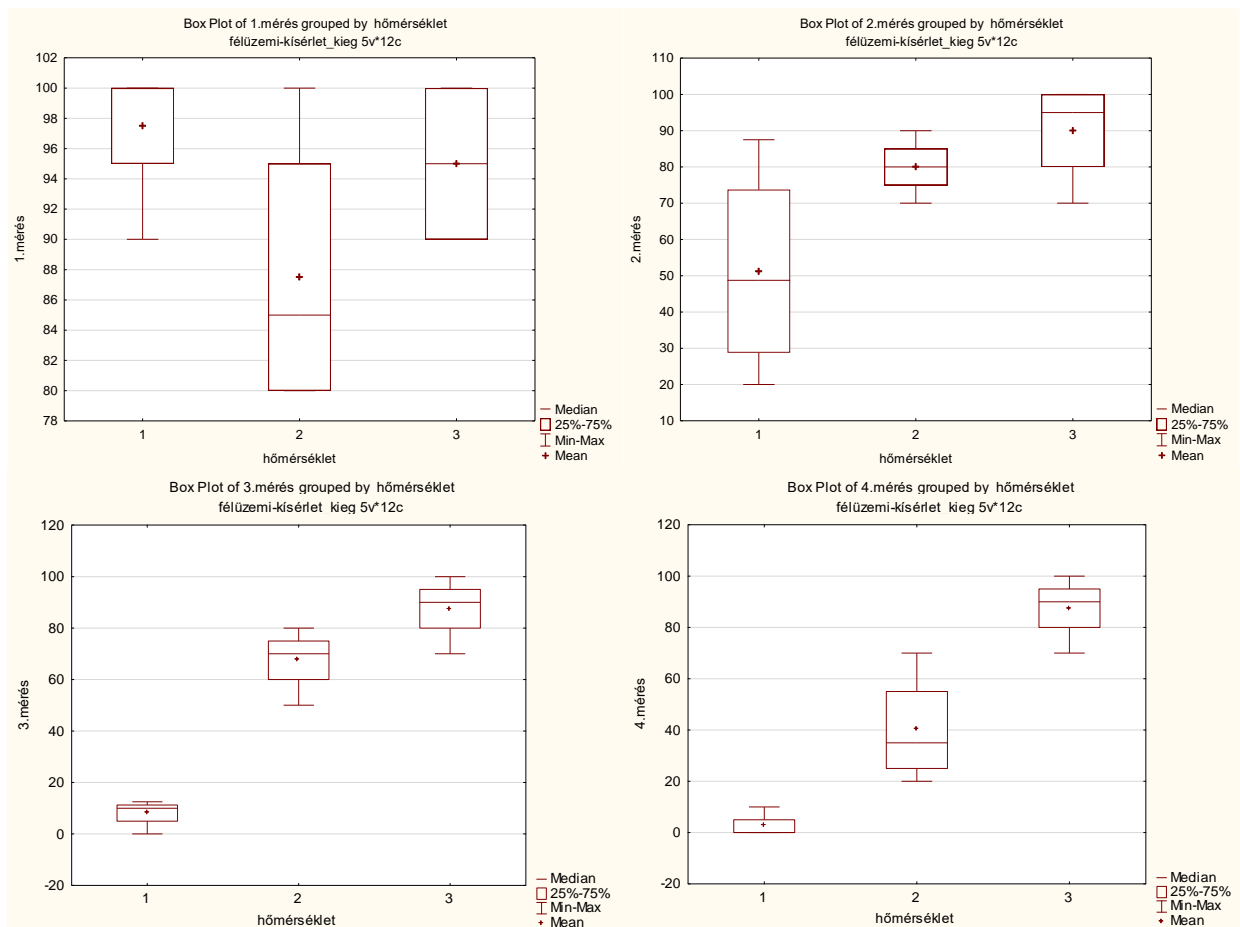
Correlations (félüzemi-kísérlet_kieg)				
Marked correlations are significant at $p < ,05000$				
N=12 (Casewise deletion of missing data)				
Variable	Means	Std.Dev.	hőm	bogár%
hőm	17,00000	5,96962	1,000000	0,729560
bogár%	9,16667	16,07275	0,729560	1,000000

Ahogy az a 83. ábrán is látszik, a magasabb, átlagosan 24 °C-os hőmérsékleten tartott pajorok majdnem mindegyike bebábozódott, sok esetben ki is kelt. A kicsivel hűvösebb tartományban csak a bábozódásig jutott el néhány egyed, a kinti, esetenként fagypon alatti hőmérsékleten tartott egyedek viszont mind pajor állapotban maradtak. A túlélési arány is náluk a legmagasabb, a kezelt homokos mintában 100%. Ennek magyarázata lehet - amellet, hogy a vizsgálat alapján a gomba nincs jelentős hatással a faj pajorjaira - hogy az alacsonyabb hőmérséklet a gombának sem kedvez, így közvetett hatása sem lehetett a kinti minták esetében.

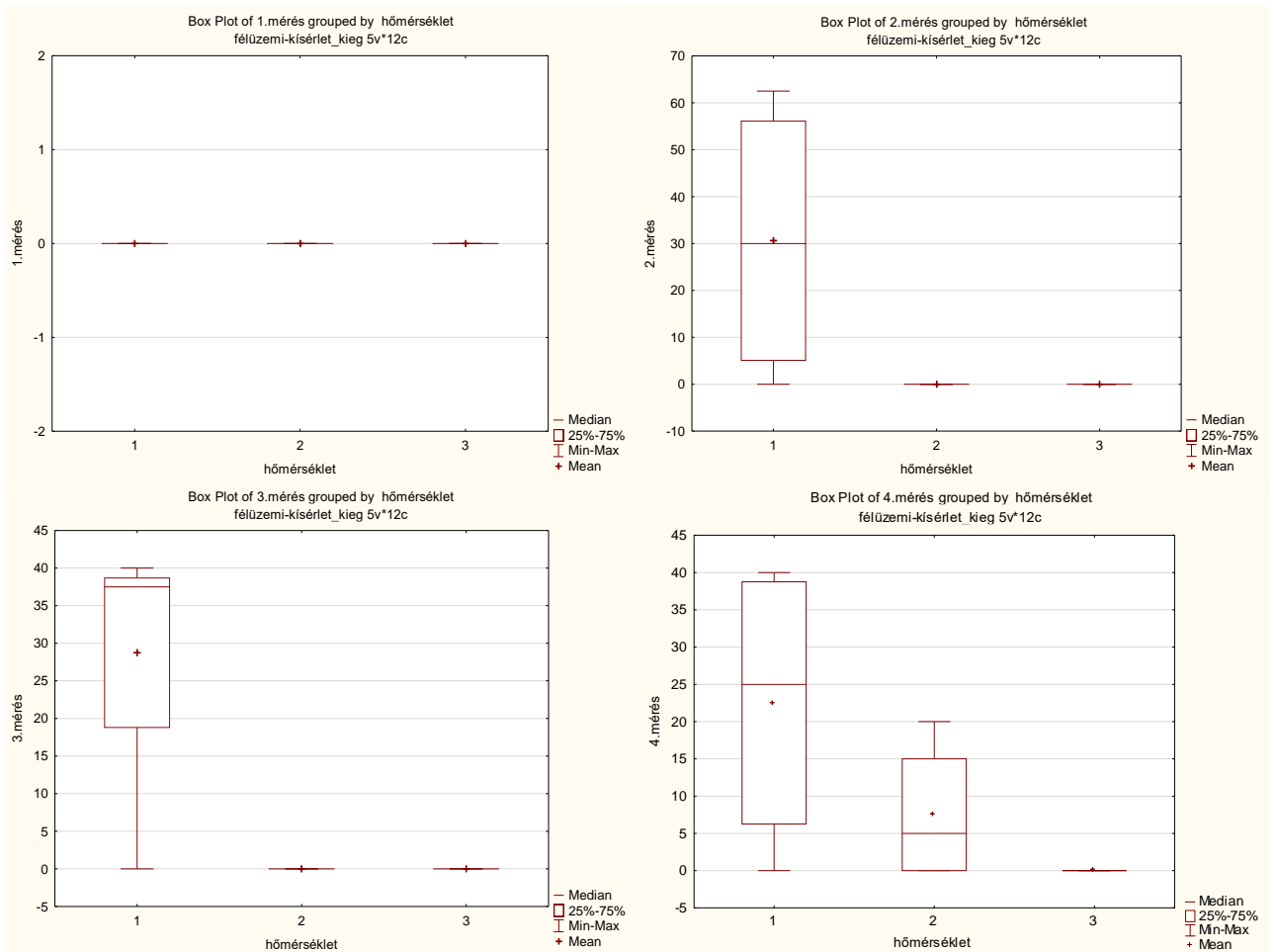


83. ábra: Fejlődési állapotok eloszlása hőmérséklet, talajtípus és kezelés függvényében az utolsó ellenőrzéskor

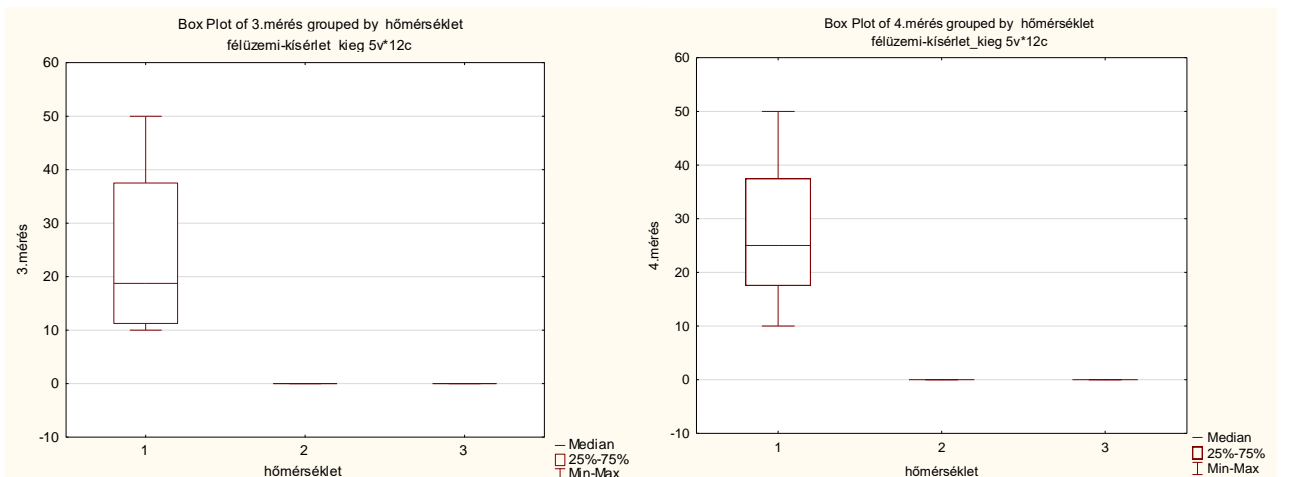
A 84-86. ábrákon az egyes fejlődési állapotok eloszlása látható a három hőmérsékleti tartományban az egyes mérések időpontjában.



84. ábra: Élő pajorok eloszlása különböző hőmérsékleteken a négy mérés időpontjában - boxplot



85. ábra: *Bebábozódott egyedek eloszlása különböző hőmérsékleteken a négy mérés időpontjában – boxplot*



86. ábra: *Kikelt bogarak eloszlása különböző hőmérsékleteken az utolsó két mérés időpontjában – boxplot*

Néhány esetben tapasztaltuk a gomba jelenlétét a kezelt minták elpusztult egyedein, de ennek aránya elenyésző volt. (87-90. ábrák)



87. ábra: Gomba jelenléte rózsabogáron



88. ábra: Gomba jelenléte rózsabogáron



89. ábra: Gomba jelenléte rózsabogár pajoron



90. ábra: Gomba jelenléte rózsabogár pajoron

Egyes esetekben feltételezhető a gombaszuszpenziós kezelés gyengítő hatása és így a pusztulásban játszott közvetett szerepe. (91-93. ábrák)



91. ábra: Gomba közvetett hatása rózsabogár pajoron



92. ábra: Gomba közvetett hatása rózsabogár pajoron



93. ábra: Gomba közvetett hatása rózsabogár pajoron

5 Megvitatás

5.1 1. kísérlet– *Beauveria* fajok törzseinek növekedési erély vizsgálata laboratóriumi körülmények között

Az első kísérlet alapján laboratóriumi körülmények között, 22 ± 1 °C-on, napi 10-11 óra természetes fénynek való kitettséggel, a vizsgált rovarpatogén gombafajok törzsei közül a BORA növekedik leggyorsabban. A második kísérlethez azonos körülmények között tartott ugyanezen gombatörzsek közül viszont az ART315 törzs mutatta a legerőteljesebb növekedést. A két vizsgálat szerint a gombák számára ideális körülmények között, zavaró tényező jelenléte nélkül is változik a növekedési erély, így e két kísérlet alapján nem egyértelműen meghatározható, melyik törzssel érdemes üzemi körülmények között foglalkozni. Ennek eldöntésére további kísérletek elvégzése szükséges.

5.2 2. kísérlet- A gyakorlatban használt vegyszerek hatásának vizsgálata a *Beauveria* fajok törzseinek növekedésére laboratóriumi körülmények között

A kísérletben felhasznált négy vegyszer hatása a gombatörzsek fejlődésére eltérő volt. Míg az első két szer, melyek gyomirtó, talajfertőtlenítő és rovarirtó hatásúak, pozitív, semleges vagy enyhén negatív hatással voltak a minták növekedésére, addig a két gombaölő hatású szer csökkentette a növekedés ütemét.

A gombaölő szerekkel végzett korábbi kísérletek nagyobb részénél a legtöbb hatóanyag ugyancsak gátolta a gomba növekedését (CLARK és mtsai., 1982; TODOROVA és mtsai., 1998; KHUN és mtsai., 2020). A dakonil és a maneb hatóanyagok jelentős gátló hatást mutattak a *B. bassianával* szemben (OLMERT és KENNETH, 1974), de a mankoceb és a metiram is csökkentették a gomba túlélési esélyeit (LORIA és mtsai., 1983), ahogy a zineb+réz-oxiklorid együttese is (MAJCHROWICZ és mtsai., 1993). Egyes vizsgálatok semleges kapcsolatot mutattak ki bizonyos gombaölő szerek - mint pl. a klorotalonil és a metalaxil - és a micéliumok fejlődése között (LORIA és mtsai., 1983), de akadnak olyan vizsgálatok is, ahol kifejezetten pozitív hatást tapasztaltak a gomba növekedésében a fungicidek hatására (ANDERSON és mtsai., 1989), még a korábban gátlónak leírt réz-oxiklorid hatóanyag esetében is (CHALLA és SANIVADA, 2014).

Jelen kísérlettel ellentétben volt olyan vizsgálat, ahol a diazinon hatóanyagot - jelen kísérletben a Basudin rovarölő és talajfertőtlenítő szer hatóanyaga – erősen toxikusnak találták (KHUN és mtsai., 2020). Míg a rovarölő szerek esetén Anderson és Roberts (1983) arra jutott, hogy a vizsgált piretroidok mindegyike gátolta a *B. bassiana* növekedését, addig Clark és munkatársai (1982) szerint legkevésbé a permetrin hatóanyag volt ellenlábas. Az imidaklopridot együttműködőként írta le a

gombával Furlong és Groden (2001), Iránban ugyanennek a hatóanyagának kicsivel kevesebb, mint 27%-os gátló hatását figyelték meg a *B. bassianára* nézve (ALIZADEH és mtsai., 2007), amely eredménnyel javasolták is a gombával való együttes alkalmazását. Más vizsgálatok alapján a klórpírifosz hatóanyagú rovarölő szerek is gátló hatás nélkül alkalmazhatók *Beauveria* fajokkal párhuzamosan (AMUTHA és mtsai., 2010). Wari és munkatársai (2020) szintén az általuk vizsgált különböző rovarölő szerek és a gomba együttes alkalmazhatóságát állapították meg.

Herbicidekkel végzett kísérleteik alapján Celar és Kos (2016) a legerősebb gátló hatásúnak a flurokloridon és a proszulfokarb hatóanyagokat találták. A dikvát hatóanyagot viszont ártalmatlannak írták le a *B. bassianát* tekintve egy másik kísérletben (TODOROVA és mtsai., 1998).

Mind a négy szer esetében a telepek megjelenése változott leginkább, még akkor is, amikor a növekedés befolyásolása nem volt kimutatható. Ez valószínűleg kapcsolatban áll a telepek hidrofób tulajdonságával, mivel a szereket a kijuttatáshoz vízben oldottuk és így a kontakt szerek (Taifun 360, Basudin, Vegesol eReS) csak a teleppel közvetlenül érintkező kis felületeken tudták kifejteni hatásukat, ellentétben a felszívódó Topazzal.

A javasolt kijuttatási mennyiséget használva egyik szer sem gátolta nagymértékben a gombatörzsek növekedését, így szükség esetén bármelyikkel együtt használhatók a *Beauveria* fajokat tartalmazó készítmények, viszont lehetőség szerint a gombaölő szerekkel való párhuzamos használatot mellőzni kell, mert a növekedés ütemének csökkentésével a hatékonyságot is csökkentheti a *Melolontha* pajorokkal szemben.

A kontakt hatású kén és rézhidroxid kevésbé bizonyult gátló hatásúnak a *Beauveria* fajokkal szemben, mint a felszívódó penkonazol.

A diazinon tartalmú szerek adott esetben javíthatják a gomba hatékonyságát, bár Khun és munkatársainak (2020) vizsgálata szerint a diazinon erős toxicitást mutatott a gombára nézve.

5.3 3. kísérlet- *Beauveria* fajok törzseinek hatásvizsgálata *Melolontha* és *Cetonia* pajorokra laboratóriumi körülmények között

A laboratóriumi poharas kísérletnél kiemelő, hogy a *Cetonia aurata* pajorok esetében egyik gombatörzsnek sem volt egyértelműen a gomba számlájára írható halálos hatása.

A *Melolontha* fajokat számos mintánál meggyengítette és ez által más fertőzésekre fogékonyakká tette a gombaszuszpenziós kezelés, illetve több esetben közvetlen hatásként pusztulást okozott. Ez utóbbit a látványos fehér gombafonalak, a bolyhos bevonat bizonyítja.

Megjegyzendő, hogy bár az első két kísérlet alkalmával a BORA és az ART315 jelű telepek növekedése volt a legerőteljesebb, gyakorlati hatását tekintve a célfajra alkalmazva mégis egy

harmadik törzs: az ART64 bizonyult a legsikeresebbnek. Ez alátámasztja Fátu és munkatársai (2018) eredményeit, melyek szerint a *M. melolontha* pajorok körében a legmagasabb mortalitást a *B. brongniartii* törzsekkel való kezelés okozta. Egy másik *B. brongniartiival* végzett vizsgálat szerint a gomba hatékonysága *M. melolontha* ellen akár 75%-os eredményt is hozott (KESSLER és mtsai., 2004). Ausztriában ezt a gombafajt *M. melolontha* és *M. hippocastani* ellen is eredményesen alkalmazható szerként tartják számon (KELLER, 2000).

Tartanus és munkatársai (2017) és Malusá és munkatársai (2020) is arra jutottak, hogy a *B. bassiana* és *B. brongniartii* gombatörzsek *Melolontha* fajokra gyakorolt hatása független volt attól, hogy melyiket használták, illetve hogy együtt vagy magában használták-e az egyiket, inkább a környezeti, klimatikus tényezők, illetve a kijuttatás és a formuláció fajtája befolyásolta a hatékonyságot. Minden esetben csökkent a pajorkár, csak a csökkenés mértéke függött ezektől a körülményektől.

Egy 2017-es kísérlet alapján a *M. melolontha* pajorokon a *B. bassiana* kezelést követően 5 hét múlva érte el a gomba hatásának maximumát (CHALAŃSKA és mtsai., 2017).

5.4 4. kísérlet- *Beauveria* gombatörzs hatásának vizsgálata *Cetonia aurata* pajorokra különböző közegekben és hőmérsékleteken, félézemi körülmények között

A félézemi kísérlet eredményei alapján megerősítést nyert, hogy a *Cetonia aurata* pajorokra csekély mértékben van hatása a gombának, lényegében nem célfaj számára. Magasabb (18-20°C körüli) hőmérsékleten valamicske eredményt el lehet érni vele. Nagyjából ezt a hőmérséklet tartományt találták a gomba számára megfelelőnek *M. hippocastani mongolica* ellen Zhou és munkatársai (2020) is, ők 12-20°C-on tapasztalták az L2 pajorok legmagasabb mortalitás-arányát. Polgár (1999) szintén 'viszonylag magas' hőmérsékletet jelöl meg a gomba hatékonyságának maximalizálásához.

Több kísérlet alapján viszont magasabb hőmérsékleti tartományban éri el a gomba növekedési és fertőzőési képességének maximumát. Ezt a tartományt 20-25°C-ban adták meg Kessler és munkatársai (2003) *Beauveria brongniartiira*, míg *B. bassiana* esetében azonos eredmények még magasabb; 25-28°C (FARGUES és mtsai., 1997.), 25-30°C (EKESI és mtsai., 1999; BUGEME és mtsai., 2008), illetve 25-32°C (JAMES és mtsai., 1998) hőmérsékleteken mutatkoztak. Barson (1977.) szerint a *B. bassiana*-val kezelt *Scolytus multistriatus* lárvák elhullása 98%-ban 25°C-on történt.

6 Javaslato

Az általunk elvégzett vizsgálatok alapján a BORA, ART64 és ART315 törzsekkel lenne érdemes további kísérleteket végezni, mivel ezek növekedése, illetve hatékonysága volt a legjobb a célfajok (*Melolontha melolontha* és *M. hippocastani*) esetében. Érdemes lenne vizsgálni ezek hatékonyságát a két fajra különböző hőmérsékleteken, üzemi körülmények között, valamint más növényvédő szerekkel együttesen kijuttatva is.

Figyelembe véve, hogy a harmadik kísérletet laboratóriumi körülmények között hajtottuk végre, zavartalan és a vizsgált szervezetek számára optimális környezetben, a maximum 28%-os hatékonyság nem túl jónak mondható. Mivel üzemi környezetben ezek a tényezők változnak, a hatékonyság csökkenne, így mindenképpen valamilyen – a gombát megtámogató szer vele egyidejű alkalmazása, vagy a gombaszuszpenzió nagyobb koncentrációban való kijuttatása javasolt. Ezen kísérlet alapján *B. brongniartii* (ART) gombatorzs javasolt inkább a *Melolontha* pajorok elleni védekezésben az eddig Magyarországon használt *B. bassiana* helyett, esetleg vele egyidejűleg. Ilyen irányú vizsgálatokat is érdemes lenne még elvégezni. A kijuttatás mindenképpen a gomba számára optimális hőmérsékleten, 20-25°C talajhőmérséklet elérésekor célszerű, ez nagyjából a rajzás időpontjával esik egybe (május vége-június). A kijuttatás az eddig kísérleti szinten alkalmazott kijuttatási módokkal megegyező lehet, akár a csöves ültetési és kezelési módszer, akár a sorközökbe történő betárcsázás, vagy a közvetlen injektálás is eredményes lehet, ez leginkább a kezelendő állománytól és területtől függ.

A félüzemi kísérlet (és korábbi, fent tárgyalt szakirodalmak) szerint a magasabb hőmérséklet kedvez a gombának, így elképzelhető, hogy a nyári kezelése eredményesek lennének, de itt is mindenképpen javasolt valamilyen – a gombát segítő – egyéb szer egyidejű használata. Ezekben az esetekben a gomba eredményességéhez szükséges a nedvesség utánpótlása is, vagy vízmegkötő anyaggal együtt kell kijuttatni.

A *Beauveria* fajok előtt nagy jövő állhat a cserebogarak elleni biológiai védekezést tekintve, ha használatuknál megfelelő körültekintéssel, precíz kijuttatással járunk el. A cserebogárfajok általi károkozással érintett területeken szélesebb körben lehetne használni őket, különböző korú erdőkben, erdősítésekben, csemetekertekben is. Mivel a gomba más élő szervezetre kevésbé veszélyes, a szabványok alapján biztonságosnak tekinthető, használata előtt korlátok szinte nincsenek. Az utóbbi időben előtérbe került biológiai védekezés minden kritériumának megfelelnek ezek az entomopatogén gombák és a szakirodalmak alapján más törzsei egyéb kártevő fajok ellen is eredményesen használhatók.

Ki kell használni egy ilyen hatóanyag pozitív tulajdonságait az erdészeti és mezőgazdasági kultúrák, így közvetve a saját magunk érdekében is.

7 Hipotézisek - tézisek

1. Hipotézis: Azonos, állandó és ideális körülmények között a *Beauveria bassiana* és a *B. brongniartii* entomopatogén gombafajok törzsei azonos ütemű növekedésre képesek.

Tézis: Azonos, állandó és ideális körülmények között a *Beauveria bassiana* és a *B. brongniartii* entomopatogén gombafajok törzsei **nem** képesek azonos ütemű növekedésre. Közülük a *B. bassiana* képes a leggyorsabb növekedésre.

A vizsgált 1db *B. bassiana* (BORA) és 4 db *B. brongniartii* (ART8; ART64; ART315; ART2829) törzs közül laboratóriumi körülmények között a *B. bassiana* törzs fejlődött a leggyorsabban. A négy másik törzs között szintén észlelhető volt eltérés. A vizsgált gombatörzsek átlagos növekedési aránya a rendelkezésre álló területhez (100%) képest a kísérlet ideje alatt a következő képpen alakult: ART8 – 14% < ART64 – 14,43% < ART315 – 18,40% < ART2829 – 48,32% < BORA – 91,04%. Összességében tehát elmondható, hogy a *B. bassiana* fejlődése számára optimális körülmények között maximális és a vizsgált *B. brongniartii* törzsek közül a legjobban fejlődő is alig mutat fele olyan jó eredményt, mint a BORA, a többi 3 törzs pedig messze elmarad tőlük. Mivel a sterilitás nem lehet gátló tényező, a másik biztosított körülmény pedig a hőmérséklet, így a *B. brongniartii* számára valószínűleg más hőmérséklet az optimális.

2. Hipotézis: Az erdészeti gyakorlatban használt növényvédő és termésnövelő szerek *Beauveria*val történő együttes alkalmazása esetén a gombaölő hatóanyaggal rendelkező szerek gátolják a gombatörzsek növekedését és így a hatékonyságukat is.

Tézis: A *Beauveria*val együtt használt gombaölő hatóanyagú szerek többnyire gátolják a gombatörzsek növekedését.

A kísérletben alkalmazott 2 gombaölő szer (Topaz és Vegesol eReS) egyaránt gátolta a gombatörzsek növekedési ütemét, egy kivétellel, amely esetben valószínűleg elegyedési vagy fedési elégtelenség állt fenn. A gátlás mértéke 3,36% és 100,08% közötti volt. A különbség a két szer hatásmechanizmusából és hatóanyagából adódik (kontakt és felszívódó). A Topaz sokkal jobban gátolta a telepeket, így ha mindenképpen gombaölő szerrel kell kijuttatni a

Beauveria tartalmú szert, akkor inkább a Vegesol javasolt, különben a gomba hatástalan maradhat.

3. Hipotézis: Azonos, állandó és ideális körülmények között a *Beauveria bassiana* és *B. brongniartii* fajok törzsei a laikusok által könnyen összetéveszthető *Cetonia aurata*, *Melolontha melolontha* és *M. hippocastani* pajorok közül inkább a *Melolontha* fajokra veszélyesek.

Tézis: Azonos, állandó és ideális körülmények között a *Beauveria bassiana* és *B. brongniartii* fajok vizsgált törzsei a laikusok által könnyen összetéveszthető *Cetonia aurata*, *Melolontha melolontha* és *M. hippocastani* pajorok közül inkább a *Melolontha* fajokra veszélyesek.

Az elvégzett kísérletek során a *Beauveria* fajok semmilyen egyértelműen beazonosítható hatást nem gyakoroltak a *C. aurata* pajorokra, azok fejlődése a legtöbb esetben zavartalanul zajlott. A *Melolontha* fajok tekintetében ez már nem mondható el, hiszen több esetben is közvetett vagy közvetlen hatás volt kimutatható a gombával való kezelés és a *Melolontha* egyedek pusztulása között. Igaz, az ideális, laboratóriumi körülmények között elért 30% alatti hatékonysági értékek félévesi és szabadföldi alkalmazás esetén ennél valószínűleg alacsonyabb értéket mutatnának.

4. Hipotézis: A *Beauveria bassiana* és *B. brongniartii* fajok törzseinek *Cetonia aurata* faj pajorjaira gyakorolt hatását befolyásolja a talajtípus és a hőmérséklet.

Tézis: A *Beauveria bassiana* és *B. brongniartii* fajok törzseinek *Cetonia aurata* faj pajorjaira gyakorolt hatását **nem** befolyásolja a környezeti tényezők, mint a talajtípus és a hőmérséklet változtatása.

Jelentős fertőzési arány nem volt igazolható sem az eltérő talajú (magas humusztartalmú virágföld, illetve homok), sem az eltérő hőmérsékletű (< 10°C; ~17°C, ~24°C), sem pedig a kezelt és a kezeletlen minták között. A kontroll és a kezelt minták között eltérés nem mutatkozott, így elmondható, hogy a *C. aurata* nem célfaj a használt gombatörzsek számára. A hőmérséklet változtatásával a rovar fejlődési üteme viszont változott. Alacsony hőmérséklet (<10°C) esetén fejlődés nem mutatkozott, pajor állapotban maradt az összes minta. Közepes hőmérsékleten (~17°C) a minták 40%-a maradt pajor állapotban, de bogárrá egy sem fejlődött, magas hőmérsékleten (~24°C) pedig a minták csupán 3%-a maradt pajor állapotban, 21% bebábozódott, 26%-nak pedig bogár állapotba is sikerült kerülnie a kísérlet végére.

8 Összefoglalás

A cserebogár fajok, közülük is a *Melolontha melolontha* és a *M. hippocastani* (májusi- és erdei cserebogár) világszerte erdő- és mezőgazdasági kultúrák jelentős kártevői, melyek a klímaváltozással egyre inkább előtérbe kerülnek. Az ellenük való védekezési lehetőségek palettája az elmúlt évtizedek során jelentősen kibővült, napjainkra azonban a számos lehetőség közül egyre inkább a biológiai védekezési módszerek kerülnek előtérbe. Ennek egyik sokat vizsgált úttörője az entomopatogén *Beauveria* gombafajok használata, mely jelen tanulmánynak is a gerincét képezi.

Az elsőként elvégzett laboratóriumi kísérlet, melyben két *Beauveria* faj összesen 5 törzsének növekedését vizsgáltuk azonos és ideális körülmények között, segített meghatározni, hogy háborítatlanság esetén, mely gombatörzsek használata, kijuttatása javasolt ahhoz, hogy minél eredményesebb legyen a kezelés. Az eredmények alapján $22\pm 1^\circ\text{C}$ – os hőmérséklet, tehát tavaszi vagy kora őszi kijuttatás esetén a *Beauveria bassiana* és *B. brongniartii* fajok törzsei közül inkább az előbbi használata javasolt az erőteljesebb növekedés miatt. Természetesen figyelembe kell venni, hogy laboratóriumi kísérletről van szó, így üzemi körülmények között a növekedés üteme változhat, illetve egyéb tényezők megváltoztatásával egész más eredmény is elérhető. Megjegyzendő továbbá, hogy a további kísérletek módosítottak ezen az eredményen, amennyiben bár a gombatörzs telepeinek növekedése a *B. bassiana* esetében volt a legerőteljesebb, gyakorlati alkalmazáskor a *B. brongniartii* bizonyult hatásosabbnak.

A második, szintén laboratóriumi kísérlet során az előző vizsgálatban is használt gombafajok 4 törzsének telepeit az erdészeti gyakorlatban alkalmazott 4 vegyszerrel oltottuk be, hogy kiderüljön, együttes kijuttatásuk esetén milyen segítő vagy gátló hatást gyakorolnak egymásra. A használt vegyszerek egy glifozát hatóanyagú gyomirtó, egy diazinon hatóanyagú rovarölőszer, illetve egy penkonazol és egy kén és réz hatóanyagú gombaölő készítmény voltak. Mindegyiket a javasolt kijuttatási mennyiségben alkalmaztuk és az eredmények alapján megerősítést nyert, hogy a kísérletben vizsgált gombatörzsek gombaölő szerrel való együttes használata nem javasolt, a gombára gyakorolt gátló hatás miatt. A másik két hatóanyaggal együtt azonban nyugodtan használhatók ezek a gombatörzsek.

A harmadik kísérletben már a cél faj(ok) is előkerült(ek). A *Melolontha melolontha* és a *M. hippocastani* pajorok mellett egy a laikusok számára velük könnyen összetéveszthető faj, a *Cetonia aurata* pajorjait is vizsgáltuk. A korábban is vizsgált 4 gombatörzsből vizes szuszpenziót készítettünk és az egyenként külön poharakba, magas humusztartalmú virágföldbe helyezett pajorokat kezeltük velük. A vizsgálat végére a *C. aurata* pajorokon közvetlenül a gomba számlájára írható pusztulást nem tapasztaltunk, így ez – legalábbis a jelen kísérletnél biztosított körülmények között ($18\pm 1^\circ\text{C}$ és

állandó fény mennyiség)– nem tekinthető célfajnak. A két *Melolontha* faj esetében viszont igen jól látható közvetlen és közvetett hatása is volt a gombával való kezelésnek. Igaz, az összességében 28%-os hatékonyság üzemi körülmények között nem garantálható.

A negyedik vizsgálatban arra kerestük a választ, hogy vajon más körülmények között célfaj lehet-e a *C. aurata*, így ezen esetben megváltoztattuk a hőmérsékletet és a közeget is. Az egyenként külön poharakba helyezett pajorok felét magas humusztartalmú virágfölddel, másik felét homokkal fedtük el, majd kezelés és megfelelő mennyiségű kontroll minta hagyása után 3 különböző hőmérsékletű helyen helyeztük el a mintákat; < 10 °C, ~ 17 °C, ~ 24 °C. A vizsgálat során bebizonyosodott, hogy a megváltoztatott körülmények nem voltak hatással a gomba és a pajorok közötti interakcióra, továbbra sem tekinthető célfajnak a *C. aurata*. A hőmérséklet szerepe a rovar fejlődésére viszont nagyon szépen megmutatkozott, tekintve hogy a magasabb hőmérsékleten tartott egyedek egyedfejlődésük magasabb stádiumába kerültek; pajorból akár bogárrá is fejlődtek, míg a 10 °C alatt tartott pajorok mindegyike pajor állapotban maradt.

Összességében elmondható, hogy az elvégzett kísérletek eredményei jól felhasználhatók a növényvédelmi gyakorlatban, de további kísérletek elvégzése még hasznos lehet. Vizsgálni lehetne például más hatóanyagú szerek és a vizsgált gombafajok interakcióját, vagy a gombatorzsek egyéb potenciális célfajokra gyakorolt hatását, esetleg más kijuttatási koncentráció alkalmazását a hatékonyság növelése érdekében.

9 Köszönetnyilvánítás

A dolgozatban elvégzett kísérleteknél a kezeléshez használt gombatorzsekért köszönet illeti Giselher Grabenwegert, a svájci Agroscope munkatársát, a káradatokért az ERTI-t, a pajorok beszerzésében nyújtott segítségért Vódlí Dávidot, Illés Gergelyt, Somogyi Balázst, Kovács Róbertet és Ritecz Gábort. A kísérletek beállításánál nyújtott segítségért köszönettel tartozom Jakab Jenőnek, a 9 éven át tartó munkájáért Dr. Tuba Katalin konzulensemnek, továbbá Kardos Péternek, aki segített eligazodni a statisztikai kiértékelések dzsungelében. Legnagyobb köszönettel azonban férjemnek, Ritecz Gábornak tartozom, aki a logisztikában és lényegében minden munkafolyamatban tevékenyen segített, illetve Botond és Koppány fiaimnak, akik apjukkal együtt kénytelenek voltak elviselni a bogaraimat.

10 Irodalomjegyzék

Alizadeh, A.; Samih, M. A.; Khezri, M.; Riseh, R. S. (2007): Compatibility of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. with Several Pesticides, International Journal of Agriculture and Biology, Vol. 9., Issue 1., pp. 31-34.

Amutha, M.; Banu, J. G.; Surulivelu, T.; Gopalakrishnan, N. (2010): Effect of commonly used insecticides on the growth of white Muscardine fungus, *Beauveria bassiana* under laboratory conditions. Journal of Biopesticides, Vol. 3., Issue 1. Pp. 143-146.

Anderson, T. E.; Roberts, D. W. (1983.): Compatibility of *Beauveria bassiana* Isolates with Insecticide Formulations Used in Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Control, Journal of Economic Entomology, Volume 76, Issue 6, pp. 1437–1441.
<https://doi.org/10.1093/jee/76.6.1437>

Anderson, T. E.; Hajek, A. E.; Roberts, D. W.; Preisler, H. K.; Robertson, J. L. (1989.): Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): Effects of Combinations of *Beauveria bassiana* with Insecticides, Journal of Economic Entomology, Volume 82, Issue 1, pp. 83–89.
<https://doi.org/10.1093/jee/82.1.83>

Ádám, L. (2003): Faunisztikai adatok a Kárpát-medencéből (Coleoptera: Scarabaeoidea). Folia Historico Naturalia Musei Matraensis, 2003. 27. 101 - 136.

Babics, I. és Vízvári, O. (2006): Egyfajta védekezési technológia a cserebogárpajor károsítása ellen. Erdészeti Lapok, 141 (11): 350–352.

Bapfubusa Niyibizia, I. A.; Hanna, R.; Kekeunou, S.; Membang, G.; Mokpokpo Fiaboe, K. K.; Mahot, H. C.; Fomumbod Abang, A.; Lava Kumar, A.; Fotso Kuate, A. (2023): Potential of Cameroon-indigenous isolates of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* as microbial control agents of the flea beetle *Nisotra uniformis*, Biocontrol Science and Technology, Vol 33, issue 3, pp. 226-240
<https://doi.org/10.1080/09583157.2023.2175784>

Barson, G. (1977): Laboratory Evaluation of *Beauveria bassiana* as a Pathogen of the Larval Stage of the Large Elm Bark Beetle, *Scolytus scolytus*. Journal of Invertebrate Pathology, Vol. 29, Issue 3, pp. 361-366. [https://doi.org/10.1016/S0022-2011\(77\)80044-X](https://doi.org/10.1016/S0022-2011(77)80044-X)

Bodor, J. (1984): Bogarak. 179–186. In: Jenser G. (szerk): Gyümölcsfák védelme. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Bognár, S. és Huzián, L. (1979): Növényvédelmi állattan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest: 170–182.

Brownbridge, M.; Reay, S. D.; Nelson, T. L.; Glare, T. R. (2012): Persistence of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: *Hypocreales*) as an endophyte following inoculation of radiata pine seed and seedlings. Biological Control, Vol. 61. , Issue 3., pp. 194-200. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.01.002>

Bugeme, D. M.; Maniania, N. K.; Knapp, M.; Boga, H. I. (2008): Effect of temperature on virulence of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates to *Tetranychus evansi*. In: J. Bruin; L. P. S. van der Geest (eds) Diseases of Mites and Ticks. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9695-2_22

Canfora, L.; Abu-Samra, N.; Tartanus, M. et al. (2017): Co-inoculum of *Beauveria brongniartii* and *B. bassiana* shows *in vitro* different metabolic behaviour in comparison to single inoculums. Scientific Reports, Vol. 7, art. no. 13102 <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12700-0>

Celar, F. A.; Kos, K. (2016): Effects of selected herbicides and fungicides on growth, sporulation and conidial germination of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. Pest Management Science, Vol. 72., Issue 11, pp. 2110-2117. <https://doi.org/10.1002/ps.4240>

Chałańska, A.; Bogumił, A.; Danelski, W. (2017): Evaluation of the effectiveness of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Bals. -Criv.) Vuill. 1912 for the management of *Melolontha melolontha* (L.). (Coleoptera: *Scarabaeidae*) and *Agriotes lineatus* (L.) (Coleoptera: *Elateridae*). Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, Vol. 62. nr. 3. pp. 68-71.

Challa, M. M.; Sanivada, S. K. (2014): Compatibility of *Beauveria Bassiana* (Bals.) Vuill isolates with selected insecticides and fungicides at agriculture spray tank dose. *Innovare Journal of Agricultural Science*, Vol. 2. Issue 3.

Chandel, R. S.; Soni, S.; Vashisth, S.; Pathania, M.; Mehta, P. K.; Rana, A.; Bhatnagar, A.; Agrawal, V. K. (2019): The potential of entomopathogens in biological control of white grubs. *International Journal of Pest Management*, Vol. 65, Issue 4, pp. 348-362. <https://doi.org/10.1080/09670874.2018.1524183>

Clark, R. A.; Casagrande, R. A.; Wallace, D. B. (1982): Influence of Pesticides on *Beauveria bassiana*, a Pathogen of the Colorado Potato Beetle. *Environmental Entomology*, Volume 11, Issue 1, pp. 67–70. <https://doi.org/10.1093/ee/11.1.67>

Cruz, L.P.; Gaitan, A.L.; Gongora, C.E. (2006.): Exploiting the genetic diversity of *Beauveria bassiana* for improving the biological control of the coffee berry borer through the use of strain mixtures. *Applied Microbiology and Biotechnology*, Vol. 71, pp. 918–926. <https://doi.org/10.1007/s00253-005-0218-0>

Dembilio, Ó; Quesada-Moraga, E; Santiago-Álvarez, C; Jacas, J. A. (2010.): Potential of an indigenous strain of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* as a biological control agent against the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, Vol. 104, Issue 3, pp. 214-221. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2010.04.006>

de Oliveira, C. N.; Oliveira Janeiro, P. M.; Sueki Kawazoe, N. L. (2003.): Compatibility between the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and insecticides used in coffee plantations. *Entomology*, 60/4. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162003000400009>

Ekesi, S.; Maniania, N. K.; Ampong-Nyarko, K. (1999): Effect of Temperature on Germination, Radial Growth and Virulence of *Metarhizium anisoplae* and *Beauveria bassiana* on *Megalurothrips sjostedi*. *Biocontrol Science and Technology*, Vol. 9, Issue 2, pp. 117-185. <https://doi.org/10.1080/09583159929767>

- Enkerli, J.; Widmer, F.; Keller, S. (2004.): Long-term field persistence of *Beauveria brongniartii* strains applied as biocontrol agents against European cockchafer larvae in Switzerland. *Biological Control*, Vol. 29., Issue 1., pp. 115-123. [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(03\)00131-2](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00131-2)
- Enkerli, J.; Gisler, A.; Kölliker, R. and Widmer, F. (2008): Development of 16 microsatellite markers for the European cockchafer, *Melolontha melolontha*. *Molecular Ecology Resources*, 2008. 8. 158 - 160.
- 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*, Vol. 15, Issue 1, 44. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev029>
- Fan, J.; Xie, Y.; Xue, J. and Liu, R. (2012): The effect of *Beauveria brongniartii* and its secondary metabolites on the detoxification enzymes of the pine caterpillar, *Dendrolimus tabulaeformis*. *Journal of Insect Science*, Vol. 13., Issue 1., pp.: 44. <https://doi.org/10.1673/031.013.4401>
- Fan, Y.; Liu, X.; Keyhani, N.O.; Tang, G.; Pei, Y.; Zhang, W.; Tong, S. (2017): Regulatory cascade and biological activity of *Beauveria bassiana* oosporein that limits bacterial growth after host death. *Agricultural Sciences*, Vol. 114., no. 9. <https://doi.org/10.1073/pnas.1616543114>
- Fargues, J.; Goettel, M. S.; Smits, N.; Ouedraogo, A.; Rougier, M. (1997): Effect of temperature on vegetative growth of *Beauveria bassiana* isolates from different origins. *Mycologia*, Vol. 89, Issue 3. <https://doi.org/10.1080/00275514.1997.12026797>
- Fâtu, A-C.; Dinu, M-M.; Andre, A-M. (2018): Susceptibility of some *Melolonthinae* scarab species to entomopathogenic fungus *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.). *Scientific Bulletin, Series F. Biotechnologies*, Vol. XXII 2018. ISSN Online 2285-1372.
- Furlong, M. J.; Groden, E. (2001.): Evaluation of Synergistic Interactions Between the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Pathogen *Beauveria bassiana* and the Insecticides, Imidacloprid, and Cyromazine. *Journal of Economic Entomology*, Volume 94, Issue 2, pp. 344–356. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.2.344>

- Galani, G. (1988): Cultivation of some entomopathogenic fungi in liquid media with various initial pH values. *Analele Institutului de Cercetari pentru Protectia Plantelor* 21:45–54
- González-Baca, G.; Vargas-Madriz, H.; Acuña-Soto, J.A., González-Gaona, O.J.; Lázaro-Dzul, M.O.; Azuara-Domínguez, A. (2019): Distribution of Entomopathogenic Fungi in Cultivated and Noncultivated Soils in Southern Tamaulipas, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 44(1), pp.: 139-142. <https://doi.org/10.3958/059.044.0115>
- Gorczyca, A.; Galon, A.; Tatoj, A.; Wojtaszek, I.; Matras, E. (2018): Occurrence of entomopathogenic fungi in agricultural and natural soils in South-Eastern Poland. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 63, No. 2 pp.: 63-67.
- Gyórfi, J. (1954): A cserebogárkérdés jelenlegi helyzete. *Az Erdő*, 3 (1–2): 24–33.
- Gyórfi, J. (1960): A cserebogarak pajorjai elleni védekezés. *MTA Agrártudományi Közlemények*, 17 (1): 117–131.
- Hangay, G. (1900): A pajódoknak szénkénnel való irtásáról. *Erdészeti Lapok*, 39: 799–805.
- Haracsi, L. (1944): Pajorvizsgálatok a debreceni erdőkben. *Erdészeti Kísérletek*, 45 (1–4): 127–155.
- Hibbján, J. (1897): Vidéki levél (A cserebogár-pajodok szénkénnel való irtásáról). *Erdészeti Lapok*, 36: 789–792.
- Higuchi, T.; Saika, T.; Senda, S.; Mizobata, T.; Kawata, Y.; Nagai, J. (1997): Development of biorational pest control formulation against longicorn beetles using a fungus, *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, Vol. 84., Issue 3., pp.: 236-243. [https://doi.org/10.1016/S0922-338X\(97\)82061-2](https://doi.org/10.1016/S0922-338X(97)82061-2)
- Homonnay, F. (1973): A májusi cserebogár (*Melolontha melolontha* L.) törzsek hazai elhelyezkedése, térhódítása és keveredése. *A növényvédelem korszerűsítése*, 7: 31–41.
- Homonnay, F. és Homonnayné, Cs. É. (1970): Az erdei cserebogár (*Melolontha hippocastani* F.) és hazai fejlődésmenetének rövid ismertetése. *Növényvédelem*, 6: 539–545.

Homonnay, F. és Homonnayné, Cs. É. (1990): Május cserebogár. 169–184. In: Jermy T. és Balázs K. (szerk) 1990: A növényvédelmi állattan kézikönyve. 3/A kötet. Akadémiai Kiadó, Budapest

Horber, E. (1963): Maikafer gegen Maikafer. Mitt. Schweiz. Landwirtsch., 11: 145–5.

Hunting, H. F.; Moraal, L. G.; Griepink, F. C.; Estes, A. (2006.): Biology, Control and luring of the cockchafer, *Melolontha melolontha*. Applied Plant Research, AGV. 2006. szeptember.

Inglis, GD.; Goettel, MS.; Butt, T.; Strasser, H. (2001): Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In: Butt TM, Jackson CW, Magan N (eds) Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential. CABI Publishing, Wallingford, pp 23–70.

Ismeretlen (1867): A pajorok pusztítása elleni óvszer. Erdészeti Lapok, 6: 151–15.

Ismeretlen (1868): A gazdaszat egyik csapásáról. Erdészeti Lapok, 7: 222–230.

Ismeretlen (1887): A cserebogarak irtása tűzzel és világosság segélyével. Erdészeti Lapok, 26: 983–984.

Ismeretlen (1891): Pajodok pusztítása naphtalinnal. Erdészeti Lapok, 30: 870–8.

Ismeretlen (1892): Utmutatás a cserebogár-pajorok irtására a *Botrytis*-gomba segélyével. Erdészeti Lapok, 31: 188-192

Jakab, J.; Kolonits, J. és Rüll, G. (1984): A májusi cserebogár elleni védekezés ULV technológiával. Az Erdő, 33 (9): 417–419.

James, R. R.; Croft, B. A.; Shaffer, B. T.; Lighthart, B. (1998): Impact of Temperature and Humidity on Host–Pathogen Interactions Between *Beauveria bassiana* and a Coccinellid. Environmental Entomology, Vol. 27, Issue 6, pp. 1506–1513, <https://doi.org/10.1093/ee/27.6.1506>

Járfás, J. és Tóth, J. (1977): Áprilisi cserebogarak rajzásának vizsgálata. Erdészeti Lapok, 1977. 08. 375 - 377.

Jermy, T.; Nagy, B. (1967): Laboratory experiments to control the cockchafer (*Melolontha melolontha* L.) by the sterile male technique. *Acta Phytopathologica Hungarica*, 2: 211–21.

Keller, S. (2000): Use of *Beauveria brongniartii* in Switzerland and its acceptance by farmers. *Bulletin*, 2000. 23/8. 67-71.

Keller, S.; Schweizer, C.; Keller, E.; Brenner, H. (1997): Control of white grubs (*Melolontha melolontha* L.) by treating adults with the fungus *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology*, 1997. 7/1. 105-116.

Kessler, P.; Matzke, H.; Keller, S. (2003): The effect of application time and soil factors on the occurrence of *Beauveria brongniartii* applied as a biological control agent in soil. *Journal of Invertebrate Pathology*, Vol. 84., issue 1. Pp. 15-23. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2003.08.003>

Kessler, P., Enkeril, J., Schweize, C.; Keller, S. (2004): Survival of *Beauveria brongniartii* in the soil after application as a biocontrol agent against the European cockchafer *Melolontha melolontha*. *BioControl*, Vol. 49, pp. 563–581. <https://doi.org/10.1023/B:BICO.0000036441.40227.ed>

Khun, K. K.; Ash, G. J.; Stevens, M. M.; Huwer, R. K.; Wilson, B. A. (2020): Compatibility of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* with insecticides and fungicides used in macadamia production in Australia. *Pest Management Science*, Vol. 77., Issue 2., pp. 709-718. <https://doi.org/10.1002/ps.6065>

Kim, J. J.; Jeong, G.; Han, J. H.; Lee, S. (2013): Biological Control of Aphid Using Fungal Culture and Culture Filtrates of *Beauveria bassiana*. *Mycobiology*, 41:4, pp. 221-224. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2013.41.4.221>

Kolonits, J. (1971): Szerves foszforkészítmények és újabb eljárások alkalmazása a cserebogár és álcája elleni védekezés-ben. *Az Erdő*, 20 (2): 88–91.

Lakatos, F. és Szabó, I. (2002): Tölgyeken előforduló károsítók és kórokozók, Szaktudás Kiadó Ház Budapest, 51-56.

Lalík, M.; Galko, J.; Nikolov, C.; Rell, S.; Kunca, A.; Zúbrik, M.; Hyblerová, S.; Barta, M.; Holuša, J. (2021): Potential of *Beauveria bassiana* application via a carrier to control the large pine weevil, *Crop protection*, Vol. 143. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105563>

Li, Z. (2007).: *Beauveria bassiana* for Pine Caterpillar Management in the People's Republic of China in *Biological Control: A Global Perspective: Case Studies from Around the World*. 300-311.p. Szerkesztette: Charles Vincent, Mark S. Goettel, George Lazarovits

Liu, J-H.; Dong, J-C.; Gao, J-J.; Li, X-P.; Hu, S-J.; Li, J.; Hu, W-X.; Zhao, X-Y.; Wang, J-J.; Qiu, L. (2023): Three Chitin Deacetylase Family Members of *Beauveria bassiana* Modulate Asexual Reproduction and Virulence of Fungi by Mediating Chitin Metabolism and Affect Fungal Parasitism and Saprophytic Life, *Environmental Microbiology* <https://doi.org/10.1128/spectrum.04748-22>

Long, Y.; Gao, T.; Liu, S.; Zhang, Y.; Li, X.; Zhou, L.; Su, Q.; Xu, L.; Yang, Y. (2022.): Analysis of the Humoral Immunal Response Transcriptome of *Ectropis obliqua* Infected by *Beauveria bassiana*. *Insects*, Vol. 13, Issue 3., pp. 225. <https://doi.org/10.3390/insects13030225>

Lonkay, A. (1902): A pajodoknak kainittal való pusztítása. *Erdészeti kísérletek*, 32– 33.

Loria, R.; Galaini, S.; Roberts, D. W. (1983): Survival of Inoculum of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* as Influenced by Fungicides. *Environmental Entomology*, Vol. 12, Issue 6, pp. 1724–1726, <https://doi.org/10.1093/ee/12.6.1724>

Majchrowicz, I.; Poprawski, T. J. (1993): Effects *in vitro* of nine fungicides on growth of entomopathogenic fungi. *Biocontrol Science and Technology*, Vol. 3. Issue 3. <https://doi.org/10.1080/09583159309355287>

Malusá, E.; Tartanus, M.; Furmanczyk, E.M. és munkatársaik (2020): Holistic approach to control *Melolontha* spp. in organic strawberry plantations. *Organic Agriculture* vol. 10, 13–22. <https://doi.org/10.1007/s13165-020-00295-2>

Mander, C. V. (2006): Investigation of the pathogenicity and persistence of *Beauveria bassiana* for biological control of Fuller's rose weevil larvae in soil. (thesis – Cornell University, Denver, USA)

Mayerhofer, J.; Enkerli, J.; Zelger, R. et al. (2015): Biological control of the European cockchafer: persistence of *Beauveria brongniartii* after long-term applications in the Euroregion Tyrol. *BioControl*, 60, pp. 617–629. <https://doi.org/10.1007/s10526-015-9671-6>

Medo, J., Cagán, Ľ. (2011): Factors affecting the occurrence of entomopathogenic fungi in soils of Slovakia as revealed using two methods. *Biological Control* Vol. 59, Issue 2. pp 200-208.

Mudron, Ā. S.; MazĀĵĀ, M.; NemĀdoviĀs, A.; Ā alamon, I. (2013): Entomopathogenic fungus species *Beauveria bassiana* (Bals) and *Metharizium Anisopliae* (Metsch.) used as mycoinsecticide effective in biological control of *Ips typographus* (L.). *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, Vol 2. No. 6.

Niemczyk, M.; Karwański, M.; Grzybowska, U. (2017): Effect of Environmental Factors on Occurrence of Cockchafers (*Melolontha* spp.) in Forest Stands. *Baltic Forestry*, 23(2): 334-341, 2017.

Niemczyk, M.; Sierpińska, A.; Tereba, A. és munkatársak (2019): Natural occurrence of *Beauveria* spp. in outbreak areas of cockchafers (*Melolontha* spp.) in forest soils from Poland. *Biological Control* vol. 64, 159–172. <https://doi.org/10.1007/s10526-019-09927-3>

Olmert, I.; Kenneth, R. G. (1974): Sensitivity of the Entomopathogenic Fungi, *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, and *Verticillium* sp. to Fungicides and Insecticides. *Environmental Entomology*, Volume 3, Issue 1, pp. 33–38. <https://doi.org/10.1093/ee/3.1.33>

Ownley, B. H.; Griffin, M. R.; Klingeman, W. E.; Gwinn, K. D.; Moulton, J. K.; Pereira, R. M. (2008): *Beauveria bassiana*: Endophytic colonization and plant disease control, *Journal of Invertebrate Pathology* Vol. 98. Issue 3. Pp. 267-270. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2008.01.010>

Padmavathi, J.; Uma, D. K.; Uma, M. R. C. (2003): The optimum and tolerance pH range is correlated to colonial morphology in isolates of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*—a potential biopesticide. *World J Microbiol Biotechnol* 19:469–477.

Park, S. E.; Kin, J-C.; Im, Y.; Kim, J. S. (2023): Pathogenesis and defense mechanism while *Beauveria bassiana* JEF-410 infects poultry red mite, *Dermanyssus gallinae* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280410>

Péché, K. (1895): A cserebogár pajodok irtása szénkénnel. Erdészeti Lapok, 34: 1127–1129.

Peng, G.; Tong, S. M.; Zeng, D.; Xia, Y.; Feng, M. G. (2020.): Colony heating protects honey bee populations from a risk of contact with wide-spectrum *Beauveria bassiana* insecticides applied in the field. Pest Management Science Vol. 76, Issue 8., pp.2627-2634. <https://doi.org/10.1002/ps.5803>

Pethő, Á. és Ocskó, Z. (2003): POP hatóanyagot tartalmazó növényvédő szerek hazai felhasználása. Növény és Talajvédelmi Központi Szolgálat, Budapest.

Polgár, A. L. (1999): A biológiai növényvédelem és helyzete Magyarországon. OMFB, Budapest

Rana, A.; Chandel, R.S.; Verma, K.S. (2020): Efficacy of Insecticides as Seed Treatment for The Management of White Grubs; Himachal Journal of Agricultural Research 46 (2) : 169-172.

Ratkovszky, K. (1894): Cserebogarak. Erdészeti Lapok, 33: 421–422.

Ratkovszky, K. (1895): A pajorok irtásáról. Erdészeti Lapok, 34: 779–780.

Riba, G; Couteaudier, Y.; Clarkson, J. M. (1998): The future of entomogenous fungi as biocontrol agents of pests. The Future of Fungi in the Control of Pests, Weeds and Diseases. British Mycological Society Symposium, 5-9th April, 1998. Proc. p. 1.

Sanzhimitupova, R. D. (1980): Effect of the pH of the medium on the growth and development of the causal agent of mycosis of the sea-buckthorn moth (*Gelechia hippophaella* Schrk.). Izvestiya Sibirskogo Otdeleniya Akademii Nauk SSSR Biol 15:39–41.

Saphiro-Ilan, D. I.; Reilly, C. C.; Hotchkiss, M. W.; Wood, B. W. (2002): The potential for enhanced fungicide resistance in *Beauveria bassiana* through strain discovery and artificial selection. Journal of Invertebrate Pathology, Vol. 81., Issue 2, pp. 86-93.

[https://doi.org/10.1016/S0022-2011\(02\)00151-9](https://doi.org/10.1016/S0022-2011(02)00151-9)

Sharma, S.; Agarwal G.P.; Rajak R.C. (1992): Effect of temperature, pH and light on toxin production by *Beauveria bassiana* (Bal) Vuill. Indian J Exp Biol 30:918–919.

Shin, T.Y., Lee; W.W.; Ko, S.H.; Choi, J.B.; Bae, S.M.; Choi, J.Y.; Lee, K.S., Je; Y.H., Jin, B.R., Woo, S.D. (2013): Distribution and characterisation of entomopathogenic fungi from Korean soils. *Biocontrol Science and Technology* Vol. 23., Issue 3., pp.: 288-304.

Sönmez, E.; Demirbag, Z.; Demir, İ. (2016) "Pathogenicity of selected entomopathogenic fungal isolates against the oak lace bug, *Corythucha arcuata* Say. (Hemiptera: *Tingidae*), under controlled conditions," *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*: Vol. 40: No. 5, Article 7. <https://doi.org/10.3906/tar-1412-10>

Sukovata, L.; Javorski, T.; Karolewski, P.; Kolk, A. (2015): The performance of *Melolontha* grubs on the roots of various plant species. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2015.39. 107 –116.

Sullivan, C.F.; Parker, B.L.; Skinner, M. (2022.): A Review of Commercial *Metarhizium*- and *Beauveria*-Based Biopesticides for the Biological Control of Ticks in the USA. *Insects* 13(3). Pp. 260. <https://doi.org/10.3390/insects13030260>

Szontagh, P. (1980): A madarak jelentősége az erdei rovarkártevők leküzdésében. *Erdészeti Kutatások*, 73 (1): 177–183.

Tartanus, M.; Malusá, E.; Łabanowska, B.H.; Tkaczuk, C.; Kowalczyk, W., Canfora, L.; Pinzari, F.; Chałańska, A. (2017): Utilization of non-chemical (mechanical and physical) methods to control soil-borne pests in organic strawberry plantations; *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2017, Vol. 62(4)

Tkaczuk, C.; Król, A.; Majchrowska-Safaryan, A.; Nicewicz, Ł. (2014): The occurrence of entomopathogenic fungi in soils from fields cultivated in a conventional and organic system. *Journal of Ecological Engineering* Vol. 15. No. 4. pp.: 137-144. <https://doi.org/10.12911/22998993,1125468>

Todorova, S. I.; Coderre, D.; Duchesne, R. M.; Côté, J. C. (1998): Compatibility of *Beauveria bassiana* With Selected Fungicides and Herbicides, *Environmental Entomology*, Volume 27, Issue 2, pp. 427–433. <https://doi.org/10.1093/ee/27.2.427>

Traugott, M.; Weissteiner, S.; Srasser, H. (2005): Effects of the entomopathogenic fungus *Beauveria brongniartii* on the non-target predator *Poecilus versicolor* (Coleoptera: Carabidae), Biological Control Vol. 33., Issue 1. Pp. 107-112. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.01.011>

Vadas, J. (1904): Az akácfa (*Robinia Pseudoacacia* L.) ellenségei, betegségei és az ellenük való védekezés. Erdészeti Kísérletek, 6: 59–73.

Vänninen, I. (1996): Distribution and occurrence of four entomopathogenic fungi in Finland: effect of geographical location, habitat type and soil type. Mycological Research Vol. 100, Issue 1., pp.: 93-101.

Varga, Sz. és Molnár, M. (2013): A májusi és az erdei cserebogár, valamint az ellenük való védekezési lehetőségek. Erdészettudományi Közlemények, 2013. 3/1. 215 – 227.

Varga, Sz. és Szidonya, I. (2002): Környezetkímélő technológiák az erdészeti növényvédelemben. Erdészeti Lapok, 137 (11): 305–309.

Wakil, W.; Kavallieratos, N. G.; Nika, E. P. és mtsaik. (2023): Combinations of *Beauveria bassiana* and spinetoram for the management of four important stored-product pests: laboratory and field trials. Environmental Science and Pollution Research, Vol. 30, pp.: 27698–27715. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23753-8>

Wari, D.; Okada, R.; Takagi, M.; Yaguchi, M.; Kashima, T.; Ogawara, T. (2020): Augmentation and compatibility of *Beauveria bassiana* with pesticides against different growth stages of *Bemisia tabaci* (Gennadius); an in vitro and field approach, Pest Management Science, Vol. 76. Issue 9. Pp. 3236-3252. <https://doi.org/10.1002/ps.5881>

Woreta, D. (2015): Control of cockchafer *Melolontha spp.* grubs – a review of methods. Folia Forestalia Polonica, Series A, Vol. 57. (1), pp.: 33-41.

Woreta, D. and Sukovata, L. (2014): Survival and growth of the *Melolontha spp.* grubs on the roots of the forest's main tree species. Lesne Prace Badawcze, 2014. 75 (4) 375 – 383.

Yaman, M. (2019): Entomopathogens in populations of the European cockchafer, *Melolontha melolontha* (Coleoptera: Scarabaeidae). Journal of Applied Biological Sciences, 11(3), 01–03. Retrieved from <https://www.jabsonline.org/index.php/jabs/article/view/540>

Zhou, Y.; Wang, M.; Zhang, H.; Zhou, Z.; Long, X. (2020): Fatality Rate and Pathogenic Process Observation of *Melolontha hippocastani mongolica* Infection by *Beauveria brongniartii*; World Journal of Forestry 林业世界, 2020, 9(2) , 77-83. Published Online April 2020 in Hans. <http://www.hanspub.org/journal/wjfhttps://doi.org/10.12677/wjf.2020.92012>

Zimmermann, G. (2007): Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria brongniartii*. Biocontrol Science and Technology, 2007. 17/6. 553-596.

Internetes hivatkozások:

- | | | |
|--------|---|---------------|
| net 1. | mek.niif.hu/03400/03408/html/2803.html | 2022. 09. 28. |
| net 2. | http://www.termesztar.hu/oktseg/kislexikon/rovarok/csere/csere.htm | 2023. 05. 17. |
| net 3. | https://www.britannica.com/biography/Agostino-Bassi | 2023. 05. 17. |