



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

## **Különböző talajtakaró anyagok hatása**

### ***Meloidogyne incognita* fajra és egyes hasznos fonálféreg szervezetekre**

Doktori (PhD) értekezés

**Petrikovszki Renáta**

**Gödöllő**

**2022**

A doktori iskola

megnevezése:           Növénytudományi Doktori Iskola

tudományága:        Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője:             Dr. Helyes Lajos  
egyetemi tanár  
MATE, Budai Campus  
Kertészettudományi Intézet

Témavezetők:        Dr. Tóth Ferenc  
kertészeti csoportvezető  
Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet

Dr. Nagy Péter István  
egyetemi tanár  
MATE, Szent István Campus  
Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet  
Állattani és Ökológiai Tanszék

.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
A témavezetők jóváhagyása

## Tartalomjegyzék

|        |                                                                             |    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.     | Bevezetés .....                                                             | 6  |
| 2.     | Irodalmi áttekintés.....                                                    | 8  |
| 2.1    | Talajtakarásról általában .....                                             | 8  |
| 2.2    | Növényi kivonatok.....                                                      | 10 |
| 2.3    | Vizsgált fonálféreg fajok és csoportok .....                                | 10 |
| 2.3.1  | Kertészeti gyökérgubacs fonálféreg ( <i>Meloidogyne incognita</i> ).....    | 11 |
| 2.3.2  | Ragadozó fonálféreg .....                                                   | 16 |
| 2.3.3  | Entomopatogén és csigaparazita fonálféreg .....                             | 17 |
| 2.3.4  | Talajtakarás hatása a fonálféregekre .....                                  | 18 |
| 2.3.5  | Növényi kivonatok hatása a fonálféregekre .....                             | 20 |
| 2.4    | Komposztálás .....                                                          | 21 |
| 2.5    | Vizsgált komposztlakó élőlények és fertőzött növényi részek lebontása ..... | 22 |
| 3.     | Anyag és módszer .....                                                      | 24 |
| 3.1    | Szabadföldi talajtakarásos kísérletek .....                                 | 24 |
| 3.1.1  | Vizsgálati helyszínek.....                                                  | 24 |
| 3.1.2  | Mikroparcellák kialakítása .....                                            | 24 |
| 3.1.3  | Tesztnövény eredete.....                                                    | 24 |
| 3.1.4  | Fertőzőanyag eredete.....                                                   | 25 |
| 3.1.5  | Mikorrhiza-készítmény eredete .....                                         | 25 |
| 3.1.6  | Takaróanyagok eredete.....                                                  | 25 |
| 3.1.7  | Talajtakarás vegyesavar használatával, Gödöllő (2016-2019) .....            | 28 |
| 3.1.8  | Talajtakarás különböző takaróanyagok használatával, Gödöllő (2019).....     | 29 |
| 3.1.9  | Talajtakarás szalma és agroszövet használatával, Szolnok (2019).....        | 29 |
| 3.1.10 | Vizsgálatok a tenyésztidőszak során.....                                    | 29 |
| 3.1.11 | A kísérletek végső kiértékelése.....                                        | 30 |
| 3.2    | Laboratóriumi kísérletek takaróanyag kivonatokkal .....                     | 31 |

|       |                                                                            |                                     |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 3.2.1 | Általános előkészületek .....                                              | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 3.2.2 | Mortalitási teszt beállítása .....                                         | 33                                  |
| 3.2.3 | Területválasztási vizsgálat beállítása .....                               | 33                                  |
| 3.3   | Kiegészítő vizsgálatok .....                                               | 36                                  |
| 3.3.1 | <i>Meloidogyne</i> fajhatározás .....                                      | 36                                  |
| 3.3.2 | Szabadon élő fonálférgek kinyerése talajmintákból .....                    | 36                                  |
| 3.3.3 | Ragadozó fonálférgek faji szintű meghatározása .....                       | 37                                  |
| 3.3.4 | A terület fizikai, kémiai és biológiai vizsgálata .....                    | 37                                  |
| 3.3.5 | Takaróanyag kivonat tannintartalmának mérése .....                         | 38                                  |
| 3.3.6 | Takaróanyag kivonatok pH-mérése .....                                      | 38                                  |
| 3.4   | Tenyészedényes és laboratóriumi kísérletek komposztlakó élőlényekkel ..... | 38                                  |
| 3.4.1 | Szuppresszivitás-vizsgálat .....                                           | 38                                  |
| 3.4.2 | Táplálékpreferencia .....                                                  | 40                                  |
| 3.4.3 | Lebontási kísérlet .....                                                   | 42                                  |
| 3.5   | Statisztikai értékelések .....                                             | 44                                  |
| 4.    | Eredmények .....                                                           | 45                                  |
| 4.1   | Faji szintű határozás .....                                                | 45                                  |
| 4.2   | Szabadföldi talajtakarásos kísérletek .....                                | 45                                  |
| 4.2.1 | Talajtakarás vegyesavar használatával, Gödöllő (2016-2019) .....           | 45                                  |
| 4.2.2 | Talajtakarás különböző takaróanyagok használatával, Gödöllő (2019) .....   | 54                                  |
| 4.2.3 | Talajtakarás szalma és agroszövet használatával, Szolnok (2019) .....      | 56                                  |
| 4.3   | Laboratóriumi kísérletek takaróanyag kivonatokkal .....                    | 57                                  |
| 4.3.1 | Mortalitási tesztek .....                                                  | 57                                  |
| 4.3.2 | Területválasztási vizsgálat .....                                          | 60                                  |
| 4.3.3 | Tannin- és pH-értékek .....                                                | 61                                  |
| 4.4   | Tenyészedényes és laboratóriumi kísérletek komposztlakó élőlényekkel ..... | 63                                  |
| 4.4.1 | Szuppresszivitás-vizsgálat .....                                           | 63                                  |
| 4.4.2 | Táplálékpreferencia .....                                                  | 66                                  |

|       |                                                                            |     |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4.3 | Lebontási kísérlet .....                                                   | 67  |
| 5.    | Következtetések és javaslatok.....                                         | 69  |
| 5.1   | Szabadföldi talajtakarásos kísérletek .....                                | 69  |
| 5.1.1 | Talajtakarás vegyesávar használatával, Gödöllő (2016-2019).....            | 69  |
| 5.1.2 | Talajtakarás különböző takaróanyagok használatával, Gödöllő (2019).....    | 71  |
| 5.1.3 | Talajtakarás szalma és agroszövet használatával, Szolnok (2019).....       | 72  |
| 5.2   | Laboratóriumi kísérletek takaróanyag kivonatokkal .....                    | 73  |
| 5.2.1 | Mortalitási tesztek .....                                                  | 73  |
| 5.2.2 | Területválasztási vizsgálat .....                                          | 75  |
| 5.3   | Tenyészedényes és laboratóriumi kísérletek komposztlakó élőlényekkel ..... | 76  |
| 5.3.1 | Szuppresszivitás-vizsgálat .....                                           | 76  |
| 5.3.2 | Táplálékpreferencia .....                                                  | 77  |
| 5.3.3 | Lebontási kísérlet .....                                                   | 77  |
| 5.4   | Javaslatok .....                                                           | 78  |
| 6.    | Új tudományos eredmények .....                                             | 80  |
| 7.    | Összefoglalás .....                                                        | 81  |
| 8.    | Summary .....                                                              | 83  |
| 9.    | Mellékletek .....                                                          | 85  |
| 9.1   | Irodalomjegyzék .....                                                      | 85  |
| 9.2   | További mellékletek .....                                                  | 107 |
| 10.   | Köszönetnyilvánítás .....                                                  | 112 |

# 1. Bevezetés

A talajtakarásnak, vagy másnéven mulcsozásnak igen összetett funkciója és számos előnye van, melynek többsége összhangban van az integrált növényvédelem alapelveivel. A mulcsozás szabályozza és befolyásolja a talaj fizikai, kémiai és biológiai paramétereit. Növényvédelmi szempontból indirekt módon hat a károsítókra, egyfajta fizikai gátként is funkcionál, továbbá a takart területeken diverzebb és nagyobb egyedszámú predátorközösség jelenik meg.

Minden évben nagy mennyiségben keletkezik olyan nyersanyag, amely kiválóan hasznosítható talajtakaró anyagként. Az őszelel lehullott falevelekből képződött avar, vagy a házikertekben termelődött egyéb zöldhulladék jelentős része azonban energetikai célokat szolgál annak ellenére, hogy talajtakaróként, helyben alkalmazva is hasznosítható lenne.

Egy átfogó tanulmány szerint a kisebb területtel rendelkező gazdálkodók sok esetben félrediagnosztizálják a növénykártevő fonálférgek kártételét, mint biotikus vagy abiotikus tényezők okozta válaszreakciót. Azon kevesek, akik viszont be tudják azonosítani a kártételt, elégedetlenek a rendelkezésükre álló növényvédelmi intézkedésekkel. A rendelkezésre álló védekezési eljárások használatát sokszor azok hatékonysága, költsége, valamint a nem-célszervezetekre és az emberi egészségre gyakorolt hatása korlátozza le. Ezek a problémák nemcsak trópusi területeken (pl. Afrikában), de hazánkban is kihívások elé állítják a gazdálkodókat a növénykártevő fonálférgek elleni védekezésben.

Alternatív és környezetbarát megoldás lehet a települési eredetű zöldhulladék növényvédelmi célú felhasználása a növényi kártevők, célirányosan a gyökérgubacs-fonálférgek (*Meloidogyne* spp.) elleni védekezési stratégiában. Számos publikáció számol be a szerves talajtakarás *Meloidogyne*-gyérítő és kártételcsökkentő hatásáról, azonban ez az eljárás nem képezi részét sem a hazai, sem a nemzetközi növényvédelmi stratégiának.

Kutatómunkám célja volt, hogy a vegyesavar talajtakarás kártételcsökkentő hatását megvizsgáljam szabadföldi paradicsomon, mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés mellett. A növénykártevő fonálférgek egyik potenciális szabályozó szervezetei a *Mononchida* ragadozó fonálférgek lehetnek, melyek védelme és segítése kiemelten fontos. Ezért évről-évre megvizsgáltam az egyedszámukat a takart és a nem takart parcellákban.

A paradicsom tesztnövény termésértékelései során új kártevő problémát észleltem a takart parcellákon: csigák, valamint drótférgek károsítását jegyeztem fel. Ez a jelenség adta a feltevést, hogy az új kártevők elleni biológiai védekezésben jelentős szerepet játszhatnak az entomopatogén

(Heterorhabditidae, Steinernematidae) és csigaparazita (Phasmarhabditidae) fonálféreg. Ahhoz, hogy a jövőben sikeresen tudjuk alkalmazni ezen hasznos szervezeteket talajtakarás mellett, fontos kideríteni, hogy a takaróanyagok nincsenek-e negatív hatással ezekre a fonálféreg csoportokra.

Az évek alatt az alapkísérletet bővítettem mind szabadföldi, mind laboratóriumi kísérletekkel és vizsgálatokkal. Szabadföldön további takaróanyagokat vontam be a kísérletekbe, továbbá a takaróanyagokból készített oldatok direkt (letális és repellens) hatását is megvizsgáltam annak érdekében, hogy kiderítsem, a talajtakarás milyen módon hathat a kártevő *M. incognita* egyedeire. További háttéradatnak a kivonatok pH-értékét és tannintartalmát is meghatároztam.

Ezzel a kutatási iránnyal párhuzamosan, de vele összefüggésben kezdtem egy kísérletsorozatot, melyben a *Meloidogyne*-fertőzött növényi részek biológiai ártalmatlanítását tűztem ki célul, ugyanis beépült a köztudatba, hogy ezeket a fertőző részeket nem szabad a komposztálóba tenni, mert a komposztanyag fertőzési forrásként szolgálhat. Ennek tesztelésére a komposztálóban található állatcsoportok közül trágyagilisztával és ászkákkal végeztem vizsgálatokat. Ezeket a vizsgálatokat három fő téma köré csoportosítottam: szuppresszivitás-vizsgálat, táplálékpreferencia és lebontási kísérletek.

#### **Célkitűzéseim összefoglalva:**

- 1.) A vegyesavar talajtakarás hatásának vizsgálata a kártevő kertészeti gyökérgubacs-fonálféreg (*M. incognita*) kártételére szabadföldi mikroparcellás kísérletben paradicsomnövényen.
- 2.) A vegyesavar talajtakarás hatásának vizsgálata a ragadozó Mononchida fonálféreg egyedszámbeli változására.
- 3.) A takaróanyagokból készített kivonatok letális és repellens hatásának vizsgálata *M. incognita* juvenilis egyedeken laboratóriumi körülmények között.
- 4.) A takaróanyagokból készített kivonatok letális hatásának vizsgálata entomopatogén (Heterorhabditidae, Steinernematidae) és csigaparazita (Phasmarhabditidae) fonálféreg lárvaín laboratóriumi körülmények között.
- 5.) A komposztálóban található állatcsoportok (trágyagiliszta, ászkáák) hatásának vizsgálata kertészeti gyökérgubacs-fonálféreg (*M. incognita*) kártételére tenyészedényes és laboratóriumi kísérletekben.

## 2. Irodalmi áttekintés

### 2.1 Talajtakarásról általában

A talajtakarás, vagy más néven mulcsozás a német eredetű „molsch” szóból ered, melynek jelentése: könnyen lebomlik (Iqbal et al. 2020). A talajtakarásnak igen összetett funkciója és számos előnye van, melynek többsége összhangban van az integrált növényvédelem alapelveivel (Barzman et al. 2015). A mulcsozás szabályozza a talaj hőmérsékletét és csökkenti annak ingadozását, növeli a talaj tápanyag- és szervesanyag tartalmát valamint a porozitását, megőrzi a talaj nedvességtartalmát, csökkenti a talajeróziót és javítja a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait (Pinamonti 1998, Galbally et al. 2005, Adekalu et al. 2007, Sinkevičienė et al. 2009, Ni et al. 2016, Cerdà et al. 2017, Simsek et al. 2009). Ezeken túlmenően serkenti a növények gyökérfejlődését, és termésmennyiség-növelő hatással is rendelkezik (Goulet et al. 2004, Lee et al. 2019).

A mulcsozás növényvédelmi szempontból indirekt módon hat a károsítókra, egyfajta fizikai gátként is funkcionál: elnyomja a területen megjelenő gyomnövényeket (Pupalienė et al. 2015). Megállapítható, hogy a mulcsozott területeken alacsonyabb a növénykártévők egyedszáma, ami összefüggésben lehet azzal, hogy a takarás hatására diverzebb és nagyobb egyedszámú predátorközösség jelenik meg (Forge és Kempler, 2009, Dudás et al. 2016, Jafari et al. 2017, Keszthelyi 2017). Annak ellenére, hogy a talajtakarás hozzájárulhat egyes talajeredetű kórokozók terjedéséhez, ezzel egyidőben az antagonista talajlakó szervezetek felszaporodását és diverzitását is támogatja (Stirling et al. 2011, Pane et al. 2013, van Capelle et al. 2021).

Hátrányként említhető, hogy az a közeg, ami természetes ellenségek élőhelye lehet, bűvőhelyként szolgálhat például rágcsálóknak (Mohácsi et al. 1965), valamint egyes takaróanyagokból kioldódhatnak olyan vegyületek, melyek allelopatikus hatásukkal gátolhatják a kultúrnövények fejlődését (Hartmann et al. 2001, Ercisli et al. 2005).

A talajtakarás, mint agrotechnikai művelet elterjedését korlátozhatja a takaróanyag beszerzésének anyagi vonzata (Cerdà et al. 2017). A helyben vagy a környékben képződött szervesanyagok, mint például lehullott falevél, szalma, komposzt, használatával azonban nem csak a költséget, de az ökológiai lábnyomunkat is csökkenthetjük, továbbá támogathatjuk a fenntarthatóságot és az ökoszisztéma szolgáltatásokat, melyek anyagi haszonnal is járhatnak (Stavi 2020).

A talajtakaró anyagoknak két fő típusa lehet: élő- és holtmulcs. Az élőmulcsozás során takarónövényekkel vetjük be a területet, míg a holtmulcsozásnál szerves növényi vagy állati

eredetű anyagot hasznosítunk újra, illetve szerves anyagokat alkalmazunk, mint agroszövet vagy fólia (Bond és Grundy 2001, Papp és Cseperkálóné 2015). A leggyakrabban alkalmazott szerves takaróanyagok a faapríték, a komposzt, a lekaszált fű, a szalma és a szerves trágya (Dezsény 2015, Papp és Cseperkálóné 2015)

A felsoroltak közül is a legelterjedtebb szerves takaróanyag a szalma. A területre kijuttatott szalma azonban immobilizálhatja a talajban felvehető nitrogén mennyiségét, ezért többlet nitrogén kijuttatása javasolt (Döring et al. 2005). Továbbá a szalmatakarás jelenlétében gyakoribbá válhat a rágcsálók megjelenése (Pusztai 2010).

A komposzt, mint takaróanyag alkalmazása során érdemes odafigyelni arra, hogy milyen kiindulási anyagból készült, illetve magára az előállítási folyamatra is. Problémát okozhatnak humán-, növényegészségügyi és környezetvédelmi szempontból a nehézfém-szennyezett, illetve szerves szennyezőanyagokat tartalmazó készítmények, vagy a nem megfelelő körülmények között komposztált anyagból származó rothadási termékek. Ezek gátolhatják a növények fejlődését, vagy toxikus hatással lehetnek a talajlakó szervezetekre (Alexa és Dér 1999, El Fels et al. 2016, Pivato et al. 2016). A megfelelő anyagokból a megfelelő módon előállított komposztanyag viszont értékes talajjavító és tápanyagforrás, stimuláló hatására révén növeli a növények károsítókkal szembeni ellenállóképességét (Alexa és Dér, 1999).

Mérsékelt égövi területeken, lombhullató növények alatt minden év őszén hatalmas mennyiségű avar keletkezik, azonban ennek a jelentős részét elégetik, amivel nemcsak egy rendkívül értékes szervesanyagforrást veszítünk, hanem a levegőt is szennyezzük (Tirczka et al. 2014).

A közönséges dió (*Juglans regia*) lehullott lombjának takaróanyagként való hasznosítása különösen ellentmondásos kérdés. Egyes szakirodalmi források szerint lombja nehezen bomlik, valamint a benne található vegyületek fitotoxikus hatásúak lehetnek a kultúrnövényre (Gencsi és Vancsura 1992). Ercisli és mtsai (2005) vizsgálatában diólevélből készült kivonatok földieperre gyakorolt hatását vizsgálva a növény vegetatív és reprodukív mutatóira gyakorolt negatív hatást állapítottak meg. Ezzel szemben hazai kutatók igazolták, hogy a megfelelő időtartamú komposztálás után a diólevél-mulcs allelopatikus hatása csökken, az hatást kiváltó anyagok átalakulnak és lebomlanak, illetve kifejezetten elősegítik a növények növekedését (Kovács 2000, Ruzskai 2011, Tirczka et al. 2015). Szabadföldi burgonyakísérletben megállapították, hogy a tisztán dióavarral takart parcellák terméshozamai nem maradnak el a dióavar nélküli, vegyes összetételű avartakarással takart parcellák eredményeitől (Südiné Fehér et al. 2017).

## 2.2 Növényi kivonatok

A kémiai növényvédő szerek egyre szűkülő skálája mellett a jövő fenntartható növényvédelmi stratégiájában jelentős helyet foglalnak el a különböző növényi kivonatok, melyekre biopesticidekként hivatkoznak (Godlewska et al. 2021, Nxumalo et al. 2021). Egyes növények olyan fejlődésen mentek keresztül, mely során fizikai vagy kémiai védelmet fejlesztettek ki az őket károsító szervezetek ellen. Ezek az anyagok (például fenolok, polifenolok, terpenoidok, alkaloidok) különböző eljárásokkal kinyerhetők a növényből, az egyszerű vizes áztatásától kezdve a szerves oldószerek használatán keresztül a lepárlásig (Dubey 2011, Suteu et al. 2020). Ezek a kivonatok antifungális, antimikrobiális hatást mutathatnak növénykórokozók ellen (Šernaitė 2017), valamint a növénykártevők ellen számos hatásmechanizmust fejlesztettek ki. Ez lehet többek között táplálkozásgátlás, fizikai repellens hatás, idegrendszerbénítás, vagy sejtlégzést gátló hatás (Pavela 2016, Suteu et al. 2020).

Ezek a kivonatok származhatnak humán gyógyászatban is alkalmazott gyógynövények, termesztett kultúrnövények, vagy dísnövények egyes részeiből is (Pavela 2016, Suteu et al. 2020, Godlewska et al. 2021). Mindezek mellett nem elhanyagolandó, hogy a szerves talajtakaróanyagokból szintén oldódhatnak ki olyan vegyületek, melyek befolyással lehetnek a növénykárosító szervezetek mellett a nem-célszervezetekre is (Akhtar és Alam 1992, Anderson 2005).

## 2.3 Vizsgált fonálféreg fajok és csoportok

Régebbi források alapján a fonálféreg a Hengeresféreg (Nemathelminthes) törzsébe tartoztak. Brusca és Brusca (1990) újraértelmezése alapján a Fonálféreg (Nematoda) külön törzsnek számítanak. Napjainkra ez a megközelítés vált általánosan elfogadottá (Kiss 2003).

A törzs megnevezése Rudolphi munkásságára vezethető vissza, miszerint a „nema” (eredetiben: „νῆμα”) ógörög eredetű szó, amely fonalat jelent. Maga a „nematoda” kifejezés már a XIX. század óta használatos (Andrássy és Farkas, 1988), ami többes számban fonalakat jelent, utalva az ide tartozó egyedek karcsú, megnyúlt testalkatára.

A fonálférgeket két fő funkcionális csoportba oszthatjuk: szabadon élőkre (*Nematoda libera* vagy *Nematoda errantia*), valamint élősködőkre (*Nematoda parasitica*). Azokat a csoportokat, amelyek fennmaradásához állati gazdaszervezet szükséges (ember vagy gerinces állat), élősködőknek nevezzük. A szabadonélő fonálférgekre jellemző, hogy bárhol megtalálhatóak a természetben, mégis legtöbb csoportjuk fennmaradása növényhez kötött: a növények közelében a talajban találhatók, vagy maga a növény szolgál számukra

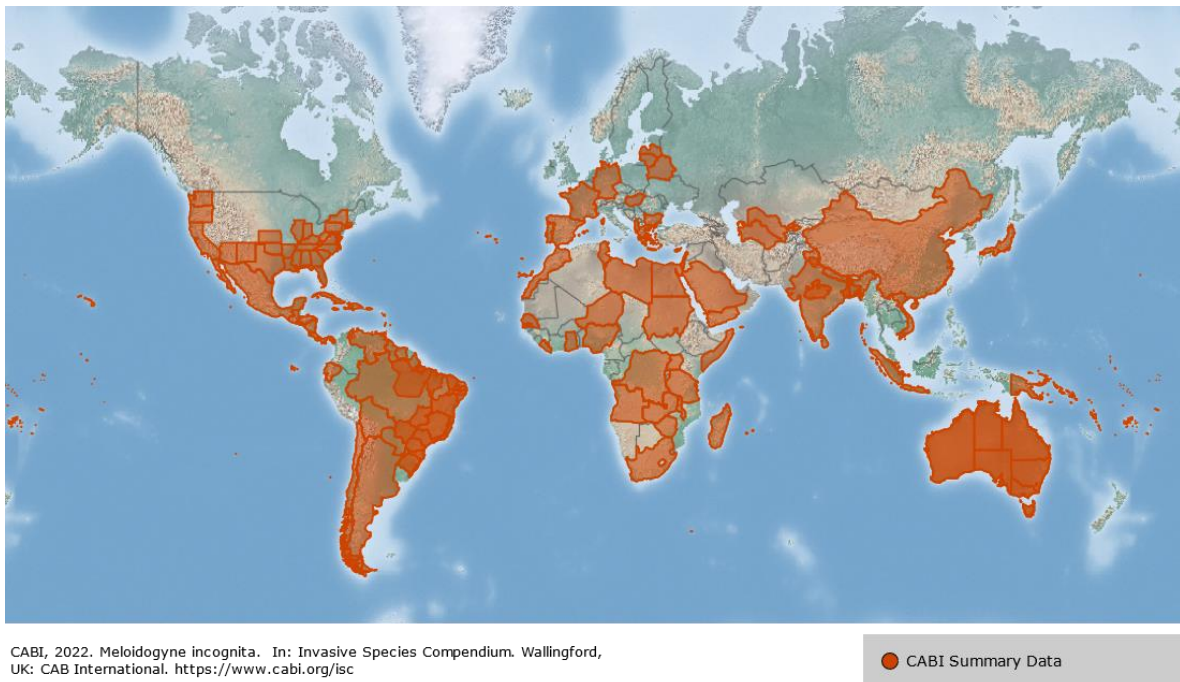
táplálékforrásként. A növény és fonálféreg között kialakuló kapcsolat lehet ártalmas vagy ártalmatlan a növény szempontjából: így a növényt károsító, abból táplálkozó fonálférgeket fitonematodáknak nevezzük (Andrássy és Farkas 1988).

A szabadon élő fonálférgeket számos táplálkozási csoportra lehet osztani. Közülük elsősorban a baktériumfogyasztó és a gombafonalakat szívogató csoportoknak a lebontó folyamatokban betöltött szerepe emelendő ki. Mivel rendszerint ezek képezik a szaprofág fonálféreg domináns csoportjait, az összegyedszám megállapítása egyes kezelések következtében adhat bizonyos – még ha nem is nagyon árnyalt – jelzést a fonálféreg által az adott beavatkozásra mutatott reakcióira. A szabadon élő fonálférgeken belül külön figyelmet érdemelnek a ragadozók. Ezek – ideális esetben – akár a növényi kártevők természetes ellenségeiként is szerepet játszhatnak a biológiai védekezésben. Közülük is kiemelendők a Mononchida rend képviselői (Andrássy és Farkas 1988).

### **2.3.1 Kertészeti gyökérgubacs fonálféreg (*Meloidogyne incognita*)**

A kertészeti gyökérgubacs fonálféreg (*Meloidogyne incognita*) a Secernentia osztály, a Tylenchida rend, a Meloidogynidae család és a *Meloidogyne* nem tagja (Fauna Europaea 2021). A faj a melegkedvelő gubacsképző fonálféregek közé tartozik, világszerte széleskörben elterjedt faj (Hunt és Handoo 2009) (**1. ábra**). Európa jelentős részén ezért csak hajtatott körülmények között képes fennmaradni (Andrássy és Farkas 1988), enyhébb teleken azonban előfordulhat az áttelelése (Budai et al. 2005). Rendkívül széles tápnövényköre ismert, egyaránt előfordul fásszárú-, dísz-, zöldségnövényeken és pázsítfűféléken is. Hazánkban megtalálták többek között sárgarépan, káposztán, paradicsomon, görögdinnyén, burgonyán, de előfordult már muskátlin, fűzfán, illetve hibiszkuszon is (Andrássy és Farkas 1988).

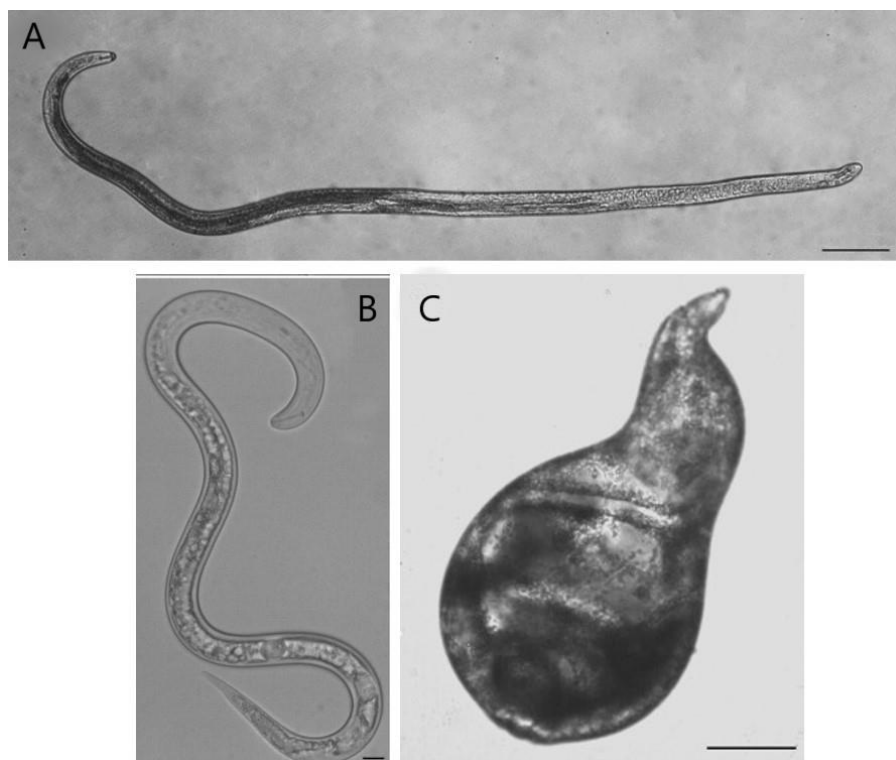
A Meloidogynidae, vagyis gyökérgubacsképző fonálféreg családba tartozó fajok szervezete az élősködéshez módosult. Emiatt csak a hímeknek és a juvenilis egyedeknek van fonálféreg alakjuk. A kifejlett nőstények teste duzzadt, körte alakú. Testük gyakorlatilag egy nagy petezsákká módosult (**2. ábra**). Kutikulájuk nem keményedik meg, vagyis nem alakul cisztává, mint a Heteroderidae család fajai esetében. Határozóbélyegei elsősorban a nőstény perineum rajzolata, mely egyedenként is igen változó lehet. Dorzális íve magas, félkör alakú. Fazmídiukai aprók, a közöttük lévő távolság megegyezik a vulva szélességével. Az oldalmező nem túl látványos, maga a perineum kissé cikcakkos (**3. ábra**). A hím igen nagy, akár 2 mm hosszúságú is lehet, míg a nőstény 0,5–0,72 mm nagyságú. A juvenilis példányok mérete 0,33–0,40 mm közötti (Andrássy és Farkas 1988).



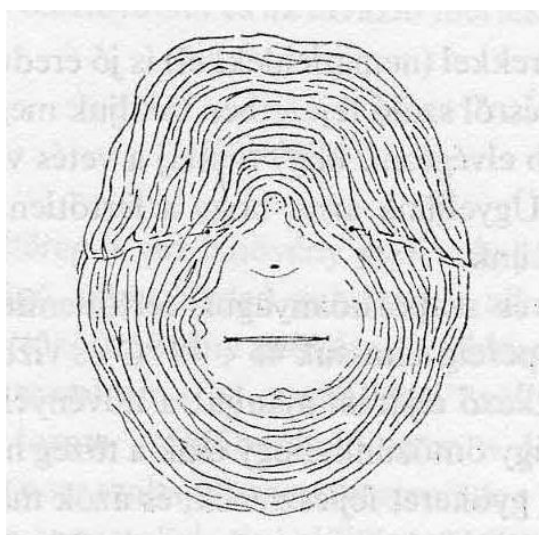
**1. ábra A kertészeti gyökérgubacs-fonálféreg (*Meloidogyne incognita*) elterjedése.** (Forrás: CABI 2022)

Két típust különíthetünk el: az *acrita* és az *incognita* típust. Az *acrita* változatra lágyabb, ritkább vonalkázottság jellemző, míg az *incognita* típusnak a sűrűbb és erőteljesebb hullámozottság az ismertetőjegye. Fontos megjegyezni, hogy a változatok között átmeneti formák is kialakulhatnak, de mivel életmódjukban nincs eltérés, ezért egy fajnak tekinthetők (Andrássy és Farkas 1988).

A károsítást az inváziós, vagyis a 2. stádiumú juvenilis alakok ( $J_2$ ) kezdik. Ezek a fiatal gyökerekbe a gyökércsúcs mögött jutnak be, szájszuronyuk aktív segítségével. Proteolizáló enzimek hatására indol-vajsav keletkezik, aminek a gubacsok kialakulásában és az óriássejtek képződésében van szerepe. A fertőzés hatására a gyökerek érintett részei keresztmetszetükben növekedni kezdenek, vagyis megindul a gubacsképzés. A juvenilis állat kialakítja a fejrészt, a teste pedig gömb vagy palack alakot vesz fel. Ezzel egy időben a gyökér is deformálódik: a szállítószövetek károsodnak, a parenchima szövetei összenyomódnak és a tracheák is szétesnek. A xilém nem képes tápanyagot felvenni, valamint a vizet és a vízben oldott sókat sem tudja szállítani (Andrássy és Farkas 1988).



2. ábra *Meloidogyne* kifejlett hím (A), juvenilis alak (B), valamint kifejlett nőstény (C) egyedek. Méretarányok: A, C = 100  $\mu\text{m}$ , B= 10  $\mu\text{m}$ . (Forrás: García and Sánchez-Puerta 2012, saját szerkesztés)



3. ábra *Meloidogyne incognita* nőstény perineum-rajzolata (Forrás: Andrásy és Farkas 1988)

A petezsák kinyomásával is sérül a parenchimatikus szövet, nagy nyílt sebek maradnak, ami kedvez a másodlagos károsítók bejutásának. Egy petezsákban akár 300–600 pete is lehet. A legelső vedlés a petében játszódik le, így már a J<sub>2</sub> stádiumú juvenil alak bújik elő. Hőmérséklettől

függően akár 2–3 hét is eltelhet a behatolás és a 3., majd a 4. vedlés között. Utóbbinál már nem vedlik le a lárvabőrt, hanem elkezdi kialakulni a nőstényekre jellemző testalak (Bognár és Huzián 1979).

A gyökéren kialakuló gubacsok hatására paradicsom növényen a földfeletti hajtásrészekben klorózis, rendellenes levélszíneződés, lankadás, korlátozott növekedés mutatkozik, valamint kevesebb számú és méretben kisebb bogyo képződik (Helyes 1999).

A faj veszélyessége szempontjából nem elhanyagolható a különböző rasszainak a fertőzőképessége (Khan és Khan 1991), amely tulajdonság a *Meloidogyne*-rezisztenciára nemesített kultúrnövények használatát nehezíti, hiszen a rezisztenciára nemesített fajták ellenállóságát számos, a termesztési területeken megtalálható populáció képes letörni (Eddaoudi et al. 1997, Tzortzakakis et al. 2016).

### **Védekezési eljárások a *M. incognita* faj ellen**

A növénykártévő fonálférgek elleni védekezési módszer(ek) kiválasztásakor nemcsak a választott módszerek hatékonyságát kell figyelembe venni, hanem azt is, hogy az eljárás fenntartható és biztonságos legyen a nem célszervezetek számára, valamint a terület kulturális és mechanikai jellemzőit is érdemes megvizsgálni (Phani et al. 2021).

Ugaroltatás során 1–2 évig nem kerül a területre növény, ami csökkentheti a növénykártévő fonálférgek egyedszámát (Adediran et al. 2005, Ntidi et al. 2012). A hatékonyság érdekében azonban a terület gyommentesen tartása szükséges, mivel sok gyomfaj a növénykártévő fonálférgek alternatív tápnövénye lehet (Thomas et al. 2005). A fokozott talajművelés miatt azonban ennél a módszernél is számolni kell a víz és a szél által kiváltott talajerózióval (Nielsen és Calderón 2011).

Lehetőség van a fertőzött talaj cseréjére, azonban ez igen költséges eljárás. Ez a megoldás sem nyújt hosszú távú védelmet, mivel az alsóbb talajrétegekből újra fertőződhet a terület. Johnson és McKeen (1973) hajtatóházi kísérletük során kimutatták, hogy homokos vályogtalajban akár 150 cm mélységben is található jelentős mennyiségű kártévő fonálféreg, melyek a második évre már komoly termés kiesést okozhatnak.

A hőalapú szabályozási módszerek azon az elgondoláson alapulnak, hogy a magas talajhőmérséklet ártalmas a növénykártévő fonálférgek számára. Ebben az eljárásban gőzt, forró vizet vagy talajszolarizációt használnak. A 70 °C-os gőzt leginkább magágyakban, üvegházakban vagy kisebb területeken használják. Ezzel a módszerrel nem csak a növénykártévő fonálférgek, hanem más kártévők, kórokozók és gyomok is inaktiválódhatnak (Lopes et al. 2019). Hátránya az

eljárás anyagi vonzata, a speciális felszerelési igénye, valamint az, hogy a magas hőmérséklet miatt fitotoxikus vegyületek szabadulhatnak fel a talajban (Ferraz et al. 2010, Marbán-Mendoza és Manzanilla-López 2012). Utóbbi tényező miatt a termesztők akár 20–40 napot is várnak az ültetés előtt (Tihohod 1993).

Mivel a *M. incognita* a melegigényes fajok közé tartozik, gyérítő hatással lehet rá a kifagyasztás, ami elérhető a fűtés mellőzésével, vagy a fóliasátor áttelepítésével (Budai, 2002).

Boronálás után a talaj víztartó kapacitását feltöltik, majd műanyag fóliával fedik le. A talaj 1–2 hónapig letakarva marad, miközben a keletkezett magas hőmérséklet körülbelül 20 cm mélységig elpusztítja a növénykártévő fonálférgeket (Katan és Gamliel 2011, Lopes et al. 2019). A módszer hatékonysága a terület éghajlati viszonyaitól és a műanyagréteg vastagságától függ. Ezen kívül a műanyag fólia többletköltsége korlátozó tényező lehet (Lopes et al. 2019).

Vetésforgóban az adott növénykártévő faj nem gazdanövényeit célszerű használni. Ez bizonyos esetekben csökkentheti a rezisztencia kialakulásának kockázatát (Dury et al. 2012). Problémát jelent, hogy a legtöbb növénykártévő fonálféregnek, többek között a *M. incognita* fajnak is sok gazdanövénye van (Abad et al., 2003), ami megnehezíti a megfelelő vetésforgó kialakítását. További gond, hogy a gazdálkodók többsége bizonyos növények termesztésére szakosodott (Fuller et al. 2008). A termesztett növények rezisztens vagy toleráns fajtáinak alkalmazása csak időszakosan oldhatja meg a problémát, mivel a kártévő fajok képesek rövid időn belül alkalmazkodni, kisselektálódni és felszaporodni. Ezáltal pedig egy, az új fajtához adaptálódott kártévő populáció megjelenését segítjük elő (Tzortzakakis et al. 2016), ami a *M. incognita* esetében akár 3 év alatt bekövetkezhet (Andrássy és Farkas 1988).

Csalogató- vagy csapdanövények használatakor növénykártévő fonálférgek által kedvelt, érzékeny növényt használnak, melyet a kártévők megtámadnak. A hatékonysághoz azonban még a növénykártévő fonálférgek életciklusának vége előtt el kell távolítani a növényt (Westerdahl 2020). Ennek a technikának az a hátránya, hogy a növény gyökereinek teljes eltávolítása szükséges, ami munkaigényes eljárás (Cuadra et al. 2000). Ezért az úgy nevezett „dead-end” csapdanövények hatékonyabb megoldást jelenthetnek. Ezek ellenálló fajták, melyek magukhoz vonzzák az invazív juvenilis egyedeket és meggátolják fejlődésüket. Hátrányként említendő azonban a palántanevelés költsége, valamint az ültetésre fordított idő (Navarrete et al. 2016).

A biológiai védekezés egyik formája a természetes ellenségek és a természetben megtalálható szervezetek felhasználása. Radwan és mtsai (2012) többek között *Bacillus megaterium* hatását vizsgálta *M. incognita*-val fertőzött paradicsom növényeken. Megállapították, hogy a dózis növelésével a gubacsok száma erőteljesen csökkent. Továbbá, a *Bacillus megaterium*

szignifikánsan csökkentette az invazív egyedek számát a talajban, illetve ennél a kezelésnél mutatkozott a legkevesebb gubacs a gyökereken.

Singh és mtsai (2012) kísérlete alapján az *Arthrobotrys oligospora* hurokvető gomba jelentősen képes csökkenteni a kártétel erősségét és a juvenilis egyedek számát a talajban.

Az arbuszkuláris mikorrhiza gombák kedvező hatást fejtenek ki a növény fejlődésére, tápanyag-felvételére, ezen kívül javítják annak stressztűrő-képességét. Csökkentik a növény egyes növénypatogén kórokozókra való fogékonyságát, valamint rezisztencia kialakításával csökkenthetik a növénykártévő fonálférgek okozta kártételt (Gierczik et al. 2012, Vos et al. 2012a), valamint gátolhatják a kártevők gyökérbe való bejutását (Vos et al. 2012b).

Nematicid-hatású növényvédőszereket gyakran használnak a gazdálkodók, ha hatékony, gyors és rövidtávú megoldást szeretnének növénykártévő fonálférgek ellen (Hajihassani et al. 2019a, Medina-Canales et al. 2019). Általánosságban elmondható, hogy a nematicidek alkalmazása nagy hozamú növények esetén magasabb anyagi megtérüléssel jár, szemben az alacsonyabb hozamú kultúrák esetében (Haydock et al. 2006). A nematicidek hátránya, hogy egyes régiókban a gazdálkodók nem rendelkeznek a kijuttatásukhoz szükséges technikai háttérrel (Adediran et al. 2005). Emelett évről évre újbóli kezelésekre van szükség, különösen érzékeny növények termesztése esetén (Haydock et al. 2006). A közelmúltban csupán néhány nematicid-hatású készítményt hagytak jóvá (Phani et al. 2021). Felhasználásukat korlátozza, hogy bizonyos nematicidek toxikusak lehetnek növényekre (Giannakou és Panopoulou 2019), felhalmozódhatnak élelmiszerekben, és mérgezők lehetnek állatok és emberek számára (Hussain et al. 2017).

A talajgázosító szerek szemcsés vagy folyékony készítmények, melyeknek nincs fitotoxikus hatásuk (Haydock et al. 2006), és hatékonyabbak, mint a kontakt vagy szisztemikus nematicidek, mivel széles hatásspektrummal rendelkeznek és hosszabb ideig képesek inaktíválni a kártevő egyedeket. Hátrányuk, hogy alkalmazásukhoz speciális felszereltség szükséges (Sikora et al. 2005).

### **2.3.2 Ragadozó fonálférgek**

A ragadozó fonálférgeket négy rendbe sorolhatjuk: Aphelenchida, Diplogasterida, Dorylaimida és Mononchida. Ezek a szervezetek akár több mint ezer fonálférget is elfogyaszthatnak életük során, amelybe egyes növénykártévő fonálférgek is beletartoznak. Prédapreferenciájuk azonban fajonként eltérő lehet (Devi és George, 2018).

A Mononchida rendbe tartozó (például *Iotonchus*, *Mononchus*, *Mylonchulus*) egyedekre jellemző a hordószerű szájüregben található erősen szklerotizált fog a dorzális oldalon, és az apró

fogacskák a ventrális oldalon. Prédájukat egyben bekebelezik, vagy feltépve annak kültakaróját fogyasztják el (Bilgrami et al. 1986, Devi és George, 2018).

A Mononchida egyedek nem tekinthetők specifikus ragadozóknak, mivel igen polifágnek számítanak, azonban, a zsákmányaik között igen jelentős növénykártevő nemek egyedei is előfordulhatnak úgy, mint *Heterodera*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Xiphinema*, *Anguina*, *Aphelenchoides* (Bilgrami és Brey 2005, Bilgrami 2008). Kifejezetten K-stratégisták, vagyis igen érzékenyek a környezeti változásokra, alacsony a szaporodási rátájuk, és hosszú élettartamúak, emiatt sosem képeznek domináns csoportot egy mintában (Bongers 1990).

### 2.3.3 Entomopatogén és csigaparazita fonálférgesek

Az entomopatogén fonálférgesek a Secernentia osztályon és a Rhabditida renden belül a Steinernematidae és a Heterorhabditidae családba tartoznak (Fauna Europaea 2021). Számos növénykártevő rovart képesek megfertőzni, legyengíteni az immunrendszerüket (Askary és Abd-Elgawad 2017). Még indukált szisztémikus rezisztenciát is képesek előidézni a növényben, így jelenlétükkel a növénykártevő fonálférgesek ellen is segítséget nyújtanak (Jagdale et al. 2009). A harmadik stádiumú, úgynevezett infektív juvenilis egyedek bejutnak a rovar természetes testnyílásain keresztül, majd eljutnak a testüregbe. A juvenilis egyedek szájüregéből szimbionta baktériumok (*Xenorhabdus* és *Photorhabdus*) szabadulnak ki, melyek ilyenkor különböző toxinok segítségével 2-3 napon belül nemcsak elpusztítják, de egyidejűleg el is folyósítják a rovar belülről. Ez az elfolyósodott anyag, a benne elszaporodott baktériumokkal a fonálférges számára könnyen fogyaszthatóvá válik. A fonálférges felszaporodása után elhagyják a gazdatestet és újat keresnek (Askary és Ahmad 2017).

Szaporodás szempontjából eltérő stratégia jellemzi a két családot. A *Heterorhabditis* fajok első nemzedéke önmegtermékenyítő hímnős egyedekből áll, és csak a következő nemzedékben jelennek meg a hím és a női egyedek, a hímnősek mellett. A Steinernematidae családon belül általában hím és női egyedek egyaránt megtalálhatók már az első nemzedékben is, azonban a *Steinernema* fajokra szintén a *Heterorhabditis* egyedek szaporodási stratégiája jellemző, vagyis akár egyetlen egyed képes teljesen megfertőzni és elpusztítani egy rovar (Griffin et al. 2005).

A *Phasmarhabditis hermaphrodita* csigaparazita fonálférges a Secernentia osztály, a Rhabditida rend és a Phasmarhabditidae család tagja (Fauna Europaea 2021). Ez a faj képes parazitálni az Arionidae, Milacidae, valamint a Limacidae családba tartozó egyedeket (Wilson et al. 1993, Askary et al. 2012). A fajra jellemző életciklusról kevés információ áll rendelkezésre, azonban elmondható, hogy jóval változatosabb, mint az entomopatogén fajoké; három típusra osztható: szaprofita, nekromenikus és parazita. Laboratóriumi vizsgálatok igazolják, hogy

szaprofitaként elhalt csigákon is képes életben maradni és felszaporodni. A nekromenikus állapotban a dauer lárvák bejutása után a csiga szervezetébe, látszólag nem mutatkoznak a csigán elváltozás jelei. A juvenilis egyedek nyugalmi állapotban maradnak, amíg a gazdatest el nem pusztul. Ezután a dauer lárvák aktiválódnak és felszaporodnak a tetemben. A parazita típus esetén a háti köpenypajzson keresztül bekerülnek a dauer lárvák és rögtön fejlődésnek és szaporodásnak indulnak. Ezt az állapotot jelzi, hogy a csiga köpenye megduzzad (Wilson és Grewal 2005).

Az entomopatogén és csigaparazita fonálféreg fajok növényvédelmi célú alkalmazása környezetbarát: nehéz őket túlادagolva kijuttatni, nem ártalmasak sem az ember, sem a nem célszervezet állatok egészségére, továbbá kompatibilisek számos biológiai és kémiai növényvédő szerrel (Askary et al. 2012, Lacey és Georgis 2012). Mivel egyes kártevők gyorsan képesek a peszticidekkel szembeni rezisztencia kialakítására, az entomopatogén és csigaparazita fajok alkalmazása ilyen esetekben különösen javasolt (Stark 1996).

## 2.4 Talajtakarás hatása a fonálférgekre

A kertészeti kultúrák között krizantém és hagymás dísznövények termesztése során alkalmaztak először talajtakarást annak érdekében, hogy a talajlakó kártevők okozta károsítást lecsökkentsék. A jelenség hátterében az állhat, hogy a bomló szervesanyag aktiválja azokat a talajlakó ragadozó szervezeteket (például a ragadozó fonálférgeket, gombákat), melyek képesek viaszorítani a kártevőket (Andrássy és Farkas 1988).

### **Meloidogyne fajok**

Szerte a világon a szerves talajtakaró-anyagok széles skáláját használják a gyökérgubacs-fonálféreg (*Meloidogyne* spp.) elleni védekezésben. A fűrészpör például mind a chili paprika (*Capsicum chinense*), mind az okra (*Abelmoschus esculentus*) gyökérzetén előforduló *Meloidogyne*-fajok természetes populációival (Ebel 2013, Ononuju et al. 2014) szemben, míg a rizsszalma a búza (*Triticum aestivum*) gyökerét megtámadó *Meloidogyne graminicola* fertőzöttsége esetén bizonyult hatékony védekezési módnak (Kandel et al. 2011). A kerti zöldhulladékból készült komposzt azonban nem hozott egyértelmű pozitív hatást egyes zöldségkultúrákban szabadföldi körülmények között (McSorley és Gallaher 1995). A bengáli bársonybab (*Mucuna deeringiana*) szárított növényi részei eredményesebben csökkentették a *Meloidogyne arenaria* kártételét, valamint a talajból kifuttatott J<sub>2</sub>-es juvenilis egyedek egyedszámát, mint a ricinus-készítmény (*Ricinus communis*) (Ritzinger et al. 1998). Aminu-Taiwo és mtsai (2014) kísérletében a neemfa (*Azadirachta indica*) száraz leveleinek mulcsként való alkalmazása bizonyult a legígéretesebbnek szabadföldi okratermesztésben, természetes *M. incognita*-fertőzés mellett.

## Ragadozó fonálférgék

A talajjavító szervesanyagok, talajba történő bedolgozása növelheti a ragadozó fonálférgék egyedszámát a területen, melyről számos publikációban beszámoltak már (Akhtar és Mahmood 1993, 1996, Bulluck III et al. 2002, Langat et al. 2008, Steel et al. 2012, Devi és George, 2018). Ezzel szemben a szervesanyagok talajfelszíni takarásként való alkalmazása és a ragadozó fonálférgék mennyisége, illetve összetétele közötti összefüggésekről kevesebb információ áll rendelkezésre. Tépett papír talajtakarás egyedül, szennyvíziszappal vagy komposzttal kombinálva, megnövelte a ragadozó és mindenevő fonálférgék (*Aporcelaimellus* spp., *Carcharolaimus* spp., *Clarkus* spp., *Discolaimus* spp., *Paraxonchium* spp., *Sectonema* spp., *Seinura* spp.) számát a takaratlan kontrollhoz, a lucerna szénához, vagy a fóliatakaráshoz képest (Forge et al. 2003). Zhao és mtsai (2021) azt tapasztalták, hogy az *Acacia crassicapa* avarja pozitívan befolyásolta a talaj fonálféreg-együttesét, kiemelten a baktériumfogyasztó és a ragadozó fonálférgeket.

## Entomopatogén és csigaparazita fonálférgék

Az entomopatogén és csigaparazita fajok kijuttatását és hatékonyságát számos abiotikus tényező (például a talaj nedvessége és hőmérséklete, UV-sugárzás) befolyásolhatja (Shapiro-Ilan et al. 2006, 2012). Szerves talajtakarás alkalmazásával azonban ezek a kritikus tényezők kiküszöbölhetők, hiszen a takarás növeli a talaj nedvességtartalmát, nem engedi a talajt túlzottan felmelegedni (Sinkevičienė et al. 2009), ezen kívül megakadályozza, hogy a fény a talaj felszínével érintkezzen (Bond és Grundy 2001).

Mind a szalma, mind az almafa-apríték növelte a *Heterorhabditis zealandica* hatékonyságát az almamoly (*Cydia pomonella*) lárvája ellen (de Waal et al. 2011). A vegyes összetételű faaprítékkal végzett vizsgálatok során viszont ellentmondásos eredményeket állapítottak meg. Bár a kezelés serkentette a *Steinernema feltiae* juvenilis egyedek aktivitását, a *Steinernema carpocapsae* juvenilis egyedek hatékonyságát gátolta (Lacey et al. 2006). A tarlón maradt cukornád maradványok nem befolyásolták a *Steinernema braziliense* faj életben maradását, ellenben a *Heterorhabditis* faj hatékonysága csökkent (Leite et al. 2015). A *S. carpocapsae* virulenciáját szintén növelte a szója eredetű növényi maradványok jelenléte (Shapiro et al. 1999). A különböző érettségű és eltérő alapanyagból származó komposztok pedig alkalmas hordozóanyagok lehetnek a *S. feltiae* kijuttatásakor (Herren et al. 2018).

A fakultatív csigaparazita *Ph. hermaphrodita* viszont nem tudott terjedni sem kéregaprítékban, sem avarban. Utóbbiban azonban képes volt szaporodni gazdaállat jelenléte nélkül is (MacMillan et al. 2009). További kutatásokban viszont azt figyelték meg, hogy a faj szaporodása az avaralapú komposztban jelentős mértékben visszaesett más közeghez, például a virágföldhöz vagy a kerti talajhoz képest (Nermut' 2012).

## 2.5 Növényi kivonatok hatása a fonálférgekre

A fonálférgek fején amfidiumok, vagyis kemoreceptorok találhatók (O'Halloran et al. 2006). A kémiai érzékelés az evolúció során fejlődött ki, és azt szolgálja, hogy megtalálják a fonálférgek a táplálékforrást és a partnerüket, illetve elkerüljék a káros anyagokat (Krieger és Breer 1999, Prasad és Reed 1999). Csalogatóhatással vannak rájuk a növényi gyökerek által kibocsátott oldható és gáznemű vegyületek (Bird 1959, Prot 1980, Dusenbery 1987), illetve érzékelik a baktériumok, gombák és növények vegyületeit is (Azmi és Jairajpuri 1977, Bilgrami et al. 1985, Robinson és Saldana 1989, Stirling 1991, Niu et al. 2010, Cheng et al. 2017).

Növényi kivonatok ovid vizsgálatánál a citromhéj kivonata (Osei et al. 2011), a szodoma alma (*Calotropis procera*) és a ricinus (*Ricinus communis*) vizes kivonata, valamint a neem-fa magasabb dózisú kivonata (Sharma és Trivedi 2002, Bharadwaj és Sharma 2007) gátolta a *Meloidogyne* peték kelését. A neem-fa különböző részeinek nematocid hatását több növénykártető fonálféreg fajjal kapcsolatban igazolták (Akhtar 2000). Az ovid hatás mellett a juvenilis egyedek mozdulatlanságát (immobilitás) és mortalitását is tapasztalták (Javed et al. 2008). A neem hatóanyaga, az azadirachtin kereskedelmi forgalomban inszekticidként is kapható, ami szintén hatásos a *Meloidogyne* fajokra (Ntalli et al. 2009). Maleita és mtsai (2017) *Meloidogyne hispanica* J<sub>2</sub> egyedek vizsgálták feketedió (*Juglans nigra*) héjából származó kivonatokat 72 órás expozíciós idővel, mely során a vizsgált kivonat 82%-os mortalitást okozott. Ogwulumba és mtsai (2011) a „bitter leaf” (*Vernonia amygdalina*) és a mangó (*Mangifera indica*) levél vizes kivonatának igen magas nematocid hatását figyelték meg. A *Dryopteris crassirhizoma* páfrány kivonata 72 óra elteltével 100%-os mortalitást eredményezett a *Meloidogyne* juvenilis egyedeken (Liu et al. 2013).

A különböző neem-készítmények (például olaj, szappan) nem befolyásolták negatívan az entomopatogén fonálférgek fertőző-, és életképességét (Krishnayya és Grewal 2002). Dél-Afrikában honos gyógynövények (*Alepidea amatymbica*, *Elephantorrhiza elephantina*) kivonatát is megvizsgálták helyben izolált *Steinernema* és *Heterorhabditis* fajok túlélésére és virulenciájára. Az tapasztalták, hogy az etanollal készített kivonat használatakor jobb volt az egyedek túlélési aránya, mint a vizes kivonat esetében, azonban a fertőzőképességüket nem rontotta a vizes kivonat (Oso et al. 2021). Lee és mtsai (2009) nematocid hatású növények kivonatát vizsgálták *Heterorhabditis* és *Steinernema* fajokon mikrotitráló lemezen. A *Daphne genkwa* 5,000 ppm kivonata 100%-os mortalitást okozott a vizsgált fajok esetében, míg az *Eugenia caryophyllata* és *Quisqualis indica* 5,000 ppm kivonatai 3 nap múlva okozták ugyanazt az eredményt. További

tapasztalatuk az volt, hogy az 1,000 ppm nem rontotta a *S. carpocapsae* Pocheon törzs túlélési- és fertőzési arányát, ha homok közegben vizsgálták azt.

Annak ellenére, hogy számos növény kivonatát tesztelték már korábban a kártevő csigák elleni védekezésben (Bakry 2009, Khdier 2012, Kiros et al. 2014, Ibrahim et al. 2020), a kivonatok és a csigaparazita *Ph. hermaphrodita* kombinálhatóságát azonban még nem vizsgálták korábban.

A korábban említett hatásmechanizmusok mellett, a növényi kivonatok kiválthatnak repellens- vagy épp csalogatóhatást is.

Hewlett és mtsai (1997) kísérletei alapján a tannin vonzza a *M. arenaria* és *M. incognita* fertőzőképes alakjait. Elméletük szerint a tannin és más polifenolok jelezhetik a juvenilis egyedek számára a gazdanövény közelségét, ezért lehet rájuk csalogatóhatással.

## 2.6 Komposztálás

A komposztálás egy olyan környezetkímélő eljárás, mely során különböző alapanyagú zöldhulladék újrahasznosítása megy végbe (Béres et al. 2017). A növényi maradványokat és szerves anyagokat lebontó szervezetek aprítják, illetve fogyasztják el (Biermaier és Wrba-Fuchsig 2012), majd a felaprózódás és átalakulás után a szerves anyagok a talaj mélyebb rétegeibe kerülnek (Fülek 1999).

A szerves anyagok lebontásában a mikro- mezo- és makrofauna csoportjai egyaránt részt vesznek: fonálférgek, atkák, ugróvillások, ászkarák, ezerlábúak, százlábúak, pókok, különböző rovarok és/vagy azok lárvái, valamint trágya- és földigiliszták (Biermaier és Wrba-Fuchsig 2012). Táplálkozásuk révén az ürülékükben még megtalálhatók szerves vegyületek, ezeket azonban a mikroorganizmusok (baktériumok, gombák) használják fel és a folyamat közben hő termelődik (Fülek 1999).

A komposztálódás folyamata négy fő részre osztható. A bevezető szakaszban néhány óra vagy nap alatt felszaporodnak a mikroorganizmusok. A termofil szakaszban (12–24 óra) olyan mezofil mikroorganizmusok vesznek részt, melyek hőigénye 25–30 °C. Hőtűrésük 45 °C-ig terjed, 55 °C felett már csak az ellenállóbb fajok maradnak meg. A biológiai lebontás 75°C-nál áll meg, e felett a kémiai folyamatok indulnak be. A harmadik, átalakulási, vagy érési szakasz több héten keresztül megy végbe a hőmérséklet csökkenése mellett. A nehezen lebontható anyagokat humuszanyagokká alakítják át a különböző mikroorganizmusok. Az utolsó szakaszban végbemegy a humuszosodás, melyben 15–20 °C-ot kedvelő gombák és baktériumok vesznek részt (Ángyán és Menyhért 2004).

A vermikomposztálás során a biológiailag lebomló anyagokat földigiliszták alakítják át, így hasznosíthatóbb lesz, könnyen hozzáférhetővé válik. A vermikomposzt enzimeket és hormonokat is tartalmaz, melyek a giliszta bélrendszerén áthaladva keverednek hozzá. Ezek az anyagok a növények növekedésére serkentőhatással bírnak, segítik egyes tápanyagok felvételét, riasztóhatással vannak egyes patogén szervezetekre, valamint sejtfalbontó tulajdonságuk is lehet (Gajalakshmi és Abbasi 2004, Serfoji et al. 2010, Rostami et al. 2014). A vermikomposzt képes visszaszorítani a *Meloidogyne javanica* petéit és lárváit, továbbá csökkenti a *M. incognita* által okozott kártétel mértékét azáltal, hogy a talaj tulajdonságait javítja (Rostami et al. 2014, Xiao et al. 2016).

## 2.7 Vizsgált komposztlakó élőlények és fertőzött növényi részek lebontása

Von Heynitz (2000) megállapítása szerint a különböző károsító szervezetek (kórokozók, kártevők, gyomnövények) túlélése a komposztálási folyamat során nem kellően kutatott terület, így ő is csak elméleti alapon tud ajánlásokat tenni. Meglátása szerint a *Meloidogyne* fajok a fermentálódás folyamatát már nem képesek túlélni, viszont a növénykórokozó gombák fertőzőképesek maradhatnak a komposztálás után is. Ezzel szemben, Alexa és mtsai (2003) szerint a beteg növényi részek is komposztálhatók, sőt Bollen és Volker (1996) szerint a fonálféreggel fertőzött növényi részek is. Egyrészt a folyamat közben képződő hő, másrészt pedig az intenzív szervesanyag bomlás és átalakulás segíti a növényi károsító szervezetek ártalmatlanítását. Ángyán és Menyhért (2004) szerint a komposztban domináló körülmények nem megfelelőek a növényi kórokozók számára, így a baktériumok és gombák kiszorítják őket.

A tenyészidőszak végén a letermett növények eltávolítása után számos lebontó szervezet kerülhet kapcsolatba a gubacsos gyökérzettel a komposztálás során.

A földigiliszták (Lumbricidae) és a fitofág fonálféreg közötti kapcsolatot már számos kutató vizsgálta. A különböző giliszta fajok csökkentik a cisztaképző fonálféreg (*Heterodera sacchari*) egyedszámát és cisztáit a talajban (Boyer et al. 2013). Enyhítik továbbá a fitofág fonálféreg kártételét (Lafont et al. 2007): a földigiliszták által előállított vermikomposzt is képes csökkenteni a *M. javanica* juvenilis egyedek számát és a gubacsosodás mértékét (Rostami et al. 2014). Egyes kutatások azonban azt bizonyítják, hogy a giliszta emésztőrendszerén áthaladt cisztákból több juvenilis egyed kel ki (Ellenby 1944).

A szárazföldi ászkarák (Isopoda) szerepe növényvédelmi szempontból kérdéses: elsősorban elhalt növényi részeket, hullott lombot fogyasztanak, ezáltal elsődleges lebontóként vesznek részt a komposztálás folyamatában (Biermaier és Wrbka-Fuchsig 2012, Blume et al. 2016). Üvegházakba, pincékbe kerülve azonban egyes fajok kártevővé is válhatnak a nedvdús

növényi részek károsításával. Fontos ugyanakkor megjegyezni, hogy ilyenkor másodlagos kártevőként jelennek meg (Loksa 1998). A gyökérgubacs-fonálférges és a szárazföldi ászkarákok kapcsolatát azonban nem tárták fel.

### 3. Anyag és módszer

#### 3.1 Szabadföldi talajtakarásos kísérletek

##### 3.1.1 Vizsgálati helyszínek

Két kísérletet a korábbi Szent István Egyetem Növényvédelmi Intézet Kísérleti terén állítottunk be Gödöllőn. A domináns talajtípus Haplic Luvisol (FAO, 2015) durva homok textúrával, 2% szervesanyag tartalommal és 6,8 pH (KCl) kémhatással. A kisebb (96 m<sup>2</sup> alapterületű) területen korábban szántóföldi kultúrnövényeket úgy, mint napraforgót, kukoricát, őszi búzát és burgonyát termesztettek 2011 és 2015 között. A nagyobb (144 m<sup>2</sup>) területen 2016 és 2018 között monokultúras burgonyatermesztést folyt. Mivel a burgonya betakarítása és értékelése során nem tapasztaltunk *Meloidogyne*-kártételre utaló tüneteket, ezért nem tartottuk indokoltnak a terület gyökérgubacs fonálféreg-fertőzöttségének felmérését a kísérlet megkezdése előtt. A területen előzetesen csak szántást végeztek, továbbá nem történt növényvédőszer vagy tápanyag-utánpótlás sem a területen.

Egy további kísérlet helyszíne Szolnokon volt, a szandaszőlősi külváros területén. A hobbitelek megközelítőleg 0,6 ha alapterületű, rajta különböző gyümölcsfák (alma, birs, cseresznye, dió, körte, meggy, szilva) találhatók. Ezen kívül 2017 nyara óta szabadtartású juhokat legeltettek a területen. Talaja az öntés réti talajokhoz sorolható, agyagos vályog textúrával, amelyet magyaráz a Tisza és a területtel párhuzamosan kialakított árvédelmi töltés, valamint a Holt-Tisza közelsége. A talaj 5,5 pH (KCl) kémhatású, valamint 2,76% szervesanyag tartalommal rendelkezik.

##### 3.1.2 Mikroparcellák kialakítása

Mindhárom kísérlet esetében egy fenyőfadeszkából készített keret adta a vázat és a fizikai izolációt a takaróanyagok és az egyes kezelések között. A deszkák körülbelül 15 cm magasak voltak, térbeli elrendezésüknek köszönhetően 2 × 2 m-es, vagyis 4 m<sup>2</sup> területű mikroparcellákra osztották szét a kísérleti területeket. Egy mikroparcellába 4–4 növényt ültettem ki, így minden növénynek 1 m<sup>2</sup> nagyságú tenyésztési terület volt biztosítva (**1. táblázat**).

##### 3.1.3 Tesztnövény eredete

A szabadföldi kísérletekben használt paradicsomfajta a „Dány” génbanki tétel volt, melyet a Növényi Diverzitás Központ (NöDiK), illetve az Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet (ÖMKi) segítségével szereztünk be. A Dány génbanki tétel származási helyéről kapta nevét, determinált típusú paradicsomfajta. Középerős növekedésű, jó lombmegújító képességgel

rendelkezik. Bogyója élénkpiros, kerek, 75–85 g átlagtömegű. Betegség-ellenállóság szempontjából közepes (Cseperkálóné Mirek et al. 2015).

A palántákat fűtött üvegházban, általános virágfölddel megtöltött cserepekben (5 × 5 cm) neveltük. A palántákat alkalmanként a VitaFlóra® eper és zöldségpalántáknak szánt tápoldatával öntöztük. A kiültetésekkor körülbelül 7–8 hetes korú palántákat használtunk.

#### **3.1.4 Fertőző anyag eredete**

A mesterséges *Meloidogyne*-fertőzés során nem J<sub>2</sub> stádiumban lévő juvenilis alakokból álló inokulumot alkalmaztam (Hooper et al. 2005), mivel úgy gondoltuk, hogy a kijuttatásuk közben sérülhetnek az állatok, így – habár a nominális sűrűségük ismert volna – nem mind lenne képes fertőzésre, tehát ez az eljárás sem adna teljesen pontos becslést a fertőzőképes állomány mennyiségére vonatkozóan. A fertőzött talajjal és a gyökérdarabokkal ráadásul életszerűbb fertőzést lehet végezni.

A fertőző anyagot 2016-ban és 2017-ben Kollár Ferenc paprikatermelőtől (Jászfényszaru), míg 2018. és 2019. években Szabó Piroska uborkatermelőtől (Csány) gyűjtöttük be. A fólia alatt termesztett paprika-, illetve uborkaállományból erősen fertőzött növényeket távolítottunk el, majd a növények gyökérzetét összeaprítottuk, és a növényekkel együtt kiásott talajjal kevertük össze. Tesztnövényenként 20 g-ot használtunk ebből a keverékből.

Néhány gubacsos gyökérdarabból *Meloidogyne*-nőstényeket különítettünk el a későbbi fajhatározáshoz, amelyet a 3.3.1 alfejezetben részletezek.

#### **3.1.5 Mikorrhiza-készítmény eredete**

A kereskedelmi forgalomban kapható készítmény 6 mikorrhiza gombafajból, adalékanyagokból és természetes agyaghordozókból tevődik össze. A készítményben több *Glomus* faj található: *Glomus claroideum*, *G. etunicatum*, *G. geosporum*, *G. intraradices*, *G. microaggregatum* és *G. mosseae* (Albrechtova et al. 2011).

#### **3.1.6 Takaróanyagok eredete**

A gödöllői kísérletekhez szükséges szerves talajtakaró anyagot 2016-ban a Zöld Híd Régió Kft. biztosította, az ennek anyagául szolgáló lombokat a gödöllői köztemetőben gyűjtötték össze. Faji összetétel alapján elsősorban juhar (*Acer* spp.) fajok lombját tartalmazta a gyűjtött takaróanyag. A további években a Szent István Egyetem Biztonságszervezési és Műszaki Igazgatóság Kertészeti osztálya biztosította a vegyesavart. Az Egyetem parkosított területeiről gyűjtötték össze a túlnyomó többségben juharlevelű platán (*Platanus x acerifolia*), kocsányos tölgy (*Quercus robur*), mezei juhar (*Acer campestre*) összetételű takaróanyagot. A dióavarhoz

Gödöllőn, házikertekben külön gyűjtött és zsákolt formában jutottunk hozzá. A szalmát szintén Gödöllőről, Babarczi József termelőtől szereztük be, míg a komposztanyag a 'Zöld Híd Komposzt' (04.2/3245-2/2017 NÉBIH 2019) kereskedelmi forgalomban kapható terméke, melyet a Zöld Híd B.I.G.G. Nonprofit Kft. állít elő települési és lakossági zöldhulladékból.

Szolnokon szintén szalmát használtunk szerves talajtakarónak, illetve fekete agroszövetet alkalmaztunk, mint fizikai kontrollt (**4. ábra**).



**4. ábra Szabadföldi talajtakarásos mikroparcellák** Felső sor: Gödöllő, vegyesvar takaróanyaggal (2016–2019) (bal), különböző takaróanyagokkal (2019) (jobb), alsó sor: Szolnok, agroszövettel és szalmával (2019) (Fotó: Petrikovszki Renáta, Ftaimi Nataly)

# 1. táblázat Szabadföldi talajtakarásos mikroparcellák részletes jellemzői

| Helyszín | Év   | Kezelések                                                                                                                                                                                             | Kezelés-kombinációk | Ismétlés/kezeléskomb.        | Parcella-méret | Parcella-szám | Teljes terület     | Kapcsolódó hallgató                            |
|----------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------------------------------|
| Gödöllő  | 2016 | Vegyesavarral takart vagy takaratlan<br>Öntözött vagy öntözetlen                                                                                                                                      | 16                  | 6                            | 2 × 2 m        | 24            | 96 m <sup>2</sup>  | Czuppon Máté<br>Erdei Mónika<br>Erdélyi Mónika |
|          | 2017 | Mesterséges <i>M. incognita</i> -fertőzés vagy hiánya<br>Mikorrhizakezelés vagy hiánya                                                                                                                |                     |                              |                |               |                    |                                                |
|          | 2018 | Vegyesavarral takart vagy takaratlan<br>Öntözött vagy öntözetlen<br>Mesterséges <i>M. incognita</i> -fertőzés vagy hiánya                                                                             | 8                   | 12                           |                |               |                    |                                                |
|          | 2019 | Vegyesavarral takart vagy takaratlan<br>Mesterséges <i>M. incognita</i> -fertőzés vagy hiánya                                                                                                         | 4                   | 24                           |                |               |                    |                                                |
| Gödöllő  | 2019 | Vegyesavarral takart<br>Dióavarral takart<br>Komposzttal takart<br>Szalmával takart<br>Takaratlan kontroll<br>Mesterséges <i>M. incognita</i> -fertőzés vagy hiánya                                   | 10                  | 16 (takarás)<br>8 (kontroll) | 2 × 2 m        | 36            | 144 m <sup>2</sup> | Rózsa Nándor                                   |
| Szolnok  | 2019 | Agroszövettel vagy szalmával takart<br>Műtrágyával vagy juh-istállótrágyával kezelt<br>Dióavar- vagy fokhagymakivonattal kezelés vagy hiánya<br>Mesterséges <i>M. incognita</i> -fertőzés vagy hiánya | 24                  | 4                            |                | 24            | 96 m <sup>2</sup>  | Ftaimi Nataly                                  |

### 3.1.7 Talajtakarás vegyesavar használatával, Gödöllő (2016–2019)

A vegyesavar talajtakarás mellett az első két évben mikorrhiza kezelés, az első három évben pedig öntözés hatását is vizsgáltuk. Előbbi során a SYMBIVIT® készítményt használtunk, növényenként 25 g-os dózisban. Az öntözés biztosításához csepegtető tűskéket telepítettünk az öntözni kívánt növények tövéhez. Heti 3 alkalommal történt az öntözés, amelyhez az öntözött növények optimális vízigényét Helyes és Varga (1994) módszere alapján számoltuk ki, majd a lehullott esőmennyiséggel korrigáltuk az öntözővíz mennyiségét.

A mesterséges *Meloidogyne*-fertőzés eléréséért 20 g fertőzött talaj és gyökérdarabok keverékét juttattuk a gyökérszónába, míg a vegyes kezelés esetében 25 g mikorrhiza-készítményt és 20 g fertőzőanyagot használtunk.

A mikroparcellákon belül a 4 növény 4 különböző kezelést kapott az első két évben: mesterségesen fertőzött, mikorrhiza-kezelt, a kettő kombinációja és a kontroll, ami egyik kezelésben sem részesült. Ezek a mikroparcellák párosultak csak öntözéssel, csak talajtakarással, mindkettővel, vagy egyikkel sem. A kísérlet előrehaladtával azonban egyes kezeléseket, úgy, mint a mikorrhizaoltást és később az öntözést kivettük a változók közül, mivel nem volt mérhető hatásuk a vizsgált paraméterek egyikére sem (1. táblázat).

Minden kísérleti év tavaszán a talajtakarást megújítottuk, mivel a tél folyamán az avar nagy része lebomlott (2. táblázat).

### 2. táblázat A szabadföldi vegyesavar talajtakarásos kísérlet egyéb adatai és időjárási viszonyai adott évben a kiültetéstől számítva a kísérlet felszámolásáig (2016-2019, Gödöllő)

| Év                    | 2016         | 2017                    | 2018          | 2019                      |
|-----------------------|--------------|-------------------------|---------------|---------------------------|
| Ültetés               | Június 2     | Május 12                | Május 9       | Május 30                  |
| Kísérlet felszámolása | Augusztus 30 | Szeptember 19           | Szeptember 26 | Október 4                 |
| Talajtakarás          | Március 18   | Március 17<br>Július 18 | Május 9       | Április 3<br>Augusztus 23 |
| Talajmintagyűjtés     | Augusztus 30 | Szeptember 18           | Szeptember 25 | Szeptember 5              |
| Csapadék              | 213 mm       | 299,5 mm                | 370,5 mm      | 166 mm                    |
| Öntözővíz             | 153 mm       | 303,2 mm                | 193,4 mm      | -                         |
| Átlag hőmérséklet     | 21,0 °C      | 21,1 °C                 | 21,6 °C       | 20,8 °C                   |
| Minimum hőmérséklet   | 8,6 °C       | 7,0 °C                  | 0,0 °C        | 3,0 °C                    |
| Maximum hőmérséklet   | 35,0 °C      | 38,0 °C                 | 35,0 °C       | 36,0 °C                   |

### **3.1.8 Talajtakarás különböző takaróanyagok használatával, Gödöllő (2019)**

A második gödöllői kísérletben többféle takaróanyagot vizsgáltam mesterséges *Meloidogyne*-fertőzés mellett. A parcellánként kiültetett 4 növényből 2 részesült mesterséges fertőzésben, míg a másik kettőt fertőzésmentes kontrollként hagytam meg. A takarások (szalma, dió mentes vegyesavar, dióavar, komposzt) mellett takaratlan mikroparcellák biztosították a kontrollt (1. táblázat).

### **3.1.9 Talajtakarás szalma és agroszövet használatával, Szolnok (2019)**

A Szolnokon beállított kísérletben több, eddig nem alkalmazott kezelést alkalmaztunk. A szalmatakarás mellett az agroszövevtakarás biztosította a fizikai kontrollt. A takarás mellett két fő kezeléstípust is bevezettünk: tápanyag-utánpótlás és növényi kivonatok használata. A szalmával takart mikroparcellák növényei vagy részesültek juh-istállótrágyában, vagy nem; míg az agroszövetes parcellákban műtrágyát (Biopon) használtunk vagy elhagytuk. A parcellákon belül, függetlenül a takarás típusától, három növényt mesterségesen megfertőztünk, majd ebből egy tő szolgált pozitív (kezeletlen) kontrollnak. A másik két fertőzött növény vagy dióavar- vagy fokhagymakivonatot kapott. A negyedik növény biztosította a kezeletlen kontrollt (1. táblázat).

A kivonatokat lehullott, száraz dióavarból, valamint nyers fokhagymából készítettük el. A kivonatokat 5%-os koncentrációban (5 g dióavar/fokhagyma 100 ml vízhez) 24 óráig áztattuk PET palackban, ezután leszűrtük őket. A kiültetés után 1 dl mennyiséget juttattunk ki a kijelölt fertőzött növények tövéhez. A kontroll növények ezzel egyidejűleg 1 dl vizet kaptak.

A terület uborkahálósá lett elkerítve a juhok átjárásának megakadályozása érdekében.

### **3.1.10 Vizsgálatok a tenyészidőszak során**

Minden kísérletben a tenyészidőszakok során több alkalommal végeztünk kézi gyomlálást a takart parcellákon és kapálást a takaratlan területeken. Szolnokon csak kézi gyomlálás volt megoldott.

A termésérés időszakában heti rendszerességgel szedtük le az érett, valamint a sérült, fertőzött vagy károsított bogyókat. A bogyókat egyesével lemértük ékszer-, vagy konyhamérleggel, valamint a bogyókon tapasztalt kár-, kórképeket, élettani elváltozásokat feljegyeztük.

A vegyesavar takarású kísérletnél, minden évben a kísérlet felszámolása előtt talajmintát gyűjtöttünk további vizsgálatokhoz. Ehhez 4–4 almintát vettem minden növény közvetlen közeléből egy T-alakú talajmintavevő (LD Agro) segítségével, körülbelül 20–30 cm mélységig, majd az almintákat parcellánként homogenizáltuk. Továbbá a 2016. és 2017. években kiegészítő

vizsgálatokat végeztünk a talaj egyes fizikai, kémiai és biológiai paramétereire. A 2017. évi tenyészidőszak során nyomon követtük a talaj tömörödöttségét, nedvességtartalmát, valamint a hőmérsékletét. A tenyészidőszak végén gyűjtött talajmintákból szervesanyag mennyiséget és kémhatást mértünk, továbbá a földigiliszták jelentését határoztuk meg. A felszámolt növények gyökérmintáiból mikorrhiza gyökérkolonizáció-vizsgálatot végeztünk.

### 3.1.11 A kísérletek végső kiértékelése

A kísérletek végén a növények felszedése során eltávolítottuk a be nem ért bogyókat, majd tömegüket lemértük. A növényeket földlabdával együtt kiástuk, gyökereket lemostuk, majd a *Meloidogyne*-kártétel megállapításához három bonitálási skálát alkalmaztunk: a Zeck-, a Garabedian és Van Gundy-, továbbá a Mukhtar-skálát. A különböző elveken alapuló skálák sokkal árnyaltabban, egymást akár kiegészítve adnak képet a kártétel mértékéről. A Zeck (1971) által megalkotott skála kevert skálaértékekkel rendelkezik, ugyanis a gubacsok jelenléte és nagysága mellett azoknak a gyökérzeten észlelhető százalékos arányával határozza meg a kártételt. A Garabedian és Van Gundy-féle skála (1984) a gyökérfertőzöttség százalékos arányát adja meg. Ezzel szemben a Mukhtar és mtsai (2013) által létrehozott skála a Taylor és Sasser (1978) által javasolt megközelítés módosított változata, mely a gyökérzeten található gubacsok száma alapján kategorizálja a kártétel mértékét (3. táblázat, 5. ábra).

### 3. táblázat Zeck (1971), Garabedian és Van Gundy (1984), valamint Mukhtar és mtsai (2013) által alkalmazott bonitálási skálák értékei

| Skála-<br>érték | Zeck (1971)                                 | Garabedian és Van Gundy<br>(1984) | Mukhtar et al.<br>(2013) |
|-----------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 0               | egészséges növény                           | nincs fertőzés                    | 0 gubacs                 |
| 1               | nehezen megállapítható apró gubacs          | 1–20%-os a fertőzés               | 1–2 gubacs               |
| 2               | nehezen megállapítható apró gubacsok        | 21–40%-os a fertőzés              | 3–10 gubacs              |
| 3               | sok kis gubacs, némelyik sorozatban         | 41–60%-os a fertőzés              | 11–30 gubacs             |
| 4               | egy-egy nagy gubacs, de a gyökérzet ép      | 61–80%-os a fertőzés              | 30–70 gubacs             |
| 5               | a gyökérzet 25 %-a funkcióképtelen          | 81–100%-os a fertőzés             | 71–100 gubacs            |
| 6               | a gyökérzet 50 %-a funkcióképtelen          |                                   | > 100 gubacs             |
| 7               | a gyökérzet 75 %-a funkcióképtelen          |                                   |                          |
| 8               | a gyökérzet 100 %-a funkcióképtelen         |                                   |                          |
| 9               | a gyökér elrothadt, a növény pusztulófélben |                                   |                          |
| 10              | a gyökérzet és a növény elpusztult          |                                   |                          |



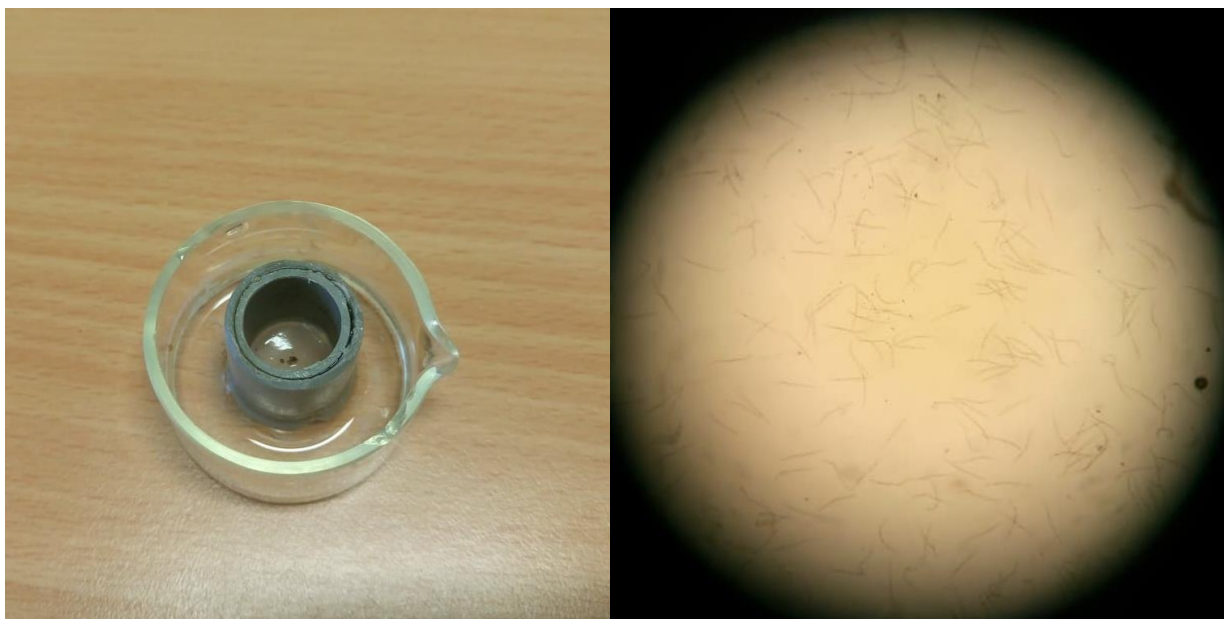
**5. ábra** *Meloidogyne incognita* által fertőzött paradicsomgyökér (Fotó: Petrikovszki Renáta, 2018)

## 3.2 Laboratóriumi kísérletek takaróanyag kivonatokkal

### 3.2.1 Tesztszervezetek előkészítése

Az entomopatogén és csigaparazita fonálférgekhez a Biobest<sup>®</sup> Belgium által forgalmazott készítmények formájában jutottam hozzá. A kísérletbe vont fajok a következők voltak: *Heterorhabditis bacteriophora* (B-Green), *S. carpocapsae* (Carpocapsae-System), *S. feltiae* (Steinernema-System), *Steinernema kraussei* (Kraussei-System) és *Ph. hermaphrodita* (Phasmarhabditis-System). A készítményeket 5 °C-on hűtőben tároltuk. Közvetlenül a kísérlet megkezdése előtt a készítményből egy kis mennyiséget vízbe helyeztünk. A nedvesség hatására a dauer (J3) lárvák aktiválódtak, így könnyen ki lehetett válogatni az élő, aktív mozgású egyedeket.

A *M. incognita* juvenilis egyedeket különböző gazdanövényeken (pl. uborka 'Monolit F1', paradicsom 'Dány') szaporítottam fel az évek során, azonban a kezdeti fertőzőanyag minden esetben Csányról, fűtetlen fóliasátorban termesztett uborkanövényekről származott. A gubacsos gyökerekről petezsákokat szedtem le, keltető szitára helyeztem, majd vízbe tettem őket és szobahőmérsékleten tároltam. Körülbelül 7–10 nap elteltével a kikelt juvenilis egyedeket használtuk fel a vizsgálatokhoz (**6. ábra**).



**6. ábra *Meloidogyne incognita* peték keltetése szitán (balra), kikelt juvenilis alakok 30× nagyításon (jobbra)** (Fotó: Petrikovszki Renáta)

### 3.2.2 Táptalajkészítés

A vizes agar elkészítéséhez 10 g agar agart 500 ml desztillált vízbe kevertük, majd 120 °C-on, 1 atm túlnyomáson 15 percig sterilizáltuk. Mivel kiöntéskor a táptalaj forró, kondenzációs víz csapódik le a Petri-csésze tetejének belső falán. Ha ez a kondenzációs víz az agarlemezre visszafolyik, befolyásolhatja nemcsak a juvenilis egyedek mozgását, hanem a kivonat felszívódásának hatékonyságát is. Ennek elkerülésére, a táptalaj kiöntése után a Petri-csésze tetejét 5 mm-es eltolással helyeztük fel, amin keresztül száradni tudott a táptalaj. Ebben az állapotban körülbelül 15 órán keresztül steril lamináris fülkében hagytuk a Petri-csészéket. Használat előtt felkapcsoltuk az UV-világítást 30 percre, a sterilitás biztosítása érdekében.

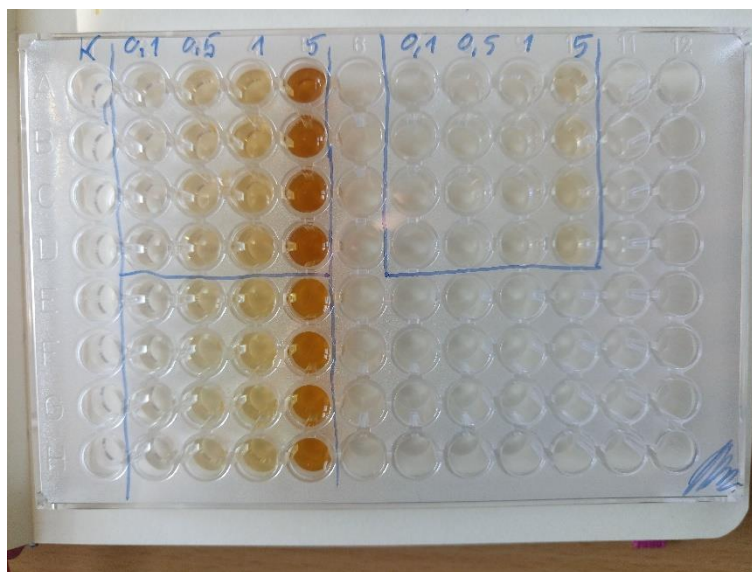
### 3.2.3 Kivonatkészítés

A felhasznált takaróanyagok a Szent István Egyetem területéről származtak. A közönséges dió (*Juglans regia*), a juharlevelű platán (*Platanus × hybrida*), a korai juhar (*Acer platanoides*) és a kocsányos tölgy (*Quercus robur*) leveleit lombhullás után gyűjtöttem össze, 2018. október 17-e és november 6-a között. A felhasznált komposzt a 'Zöld Híd Komposzt' terméke. Az összegyűjtött takaróanyagokat 2 napig szárítottuk (25 °C 20% RP). A száraz takaróanyagokból 5, illetve a dióavar esetében a töményebb koncentráció érdekében, 25 g-ot kávédarálóban (Bosch MKM 6000) 15 másodpercig daráltam. Az őrleményt 100 ml Milli-Q

(nagy tisztaságú) vízzel elkevertem, a főzőpoharat alufóliával letakartam, majd szobahőmérsékleten ázni hagytam. Végül 24 óra elteltével a törzskivonatot (5 és 25% w/v) vattán átszűrtem.

### 3.2.4 Mortalitási teszt beállítása

A kapott törzskivonatot Milli-Q vízzel hígítottam a további koncentrációk eléréséhez. A 96-küvettás mikrotitráló lemez (Kartell S.p.A., Olaszország) küvettáiba pipettáztuk a vizsgált faj egyedeit 60 µl csapvízzel. A kivonatok esetében 200 µl takaróanyag-kivonatot, a kontroll esetében pedig 200 µl Milli-Q vizet pipettáztunk az egyedekre. A takaróanyag kezeléseiből 4 ismétlést, a kontrollból 8 ismétlést állítottunk be. A mikrotitráló lemezt parafilmmel lezártuk, majd sötét termosztátba ( $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ ) helyeztük. Az elpusztult egyedeket transzmissziós sztereomikroszkóp (Olympus SZH 10) segítségével számoltuk meg 24 óra expozíciós idő elteltével. Az egyedeket 10 µl 5%-os tejsavval (Ciancio 1995 módosított eljárása) készítettük mozgásra, hogy megbizonyosodjunk arról, élnek-e. A kísérletet abban az esetben tekintettük érvényesnek, ha a kontrollban a mortalitás átlagos értéke nem haladta meg a 20%-ot (Kiss et al. 2018) (4. táblázat, 7. ábra).



**7. ábra A 96-küvettás mikrotitráló lemezben beállított mortalitás teszt.** (Fotó: Petrikovszki Renáta)

### 3.2.5 Területválasztási vizsgálat beállítása

A területválasztási vizsgálatban Hewlett et al. (1997) és Zhai et al. (2018) által kidolgozott eljárások kombinált és módosított verzióját alkalmaztam.

A 10%-os vizes agart 6 cm átmérőjű Petri-csészébe öntöttem, a 3.2.2 alfejezetben leírtak alapján előkészítettem, majd az agarlemezbe kettő, egyenként 5 mm átmérőjű lyukat vágtam ki,

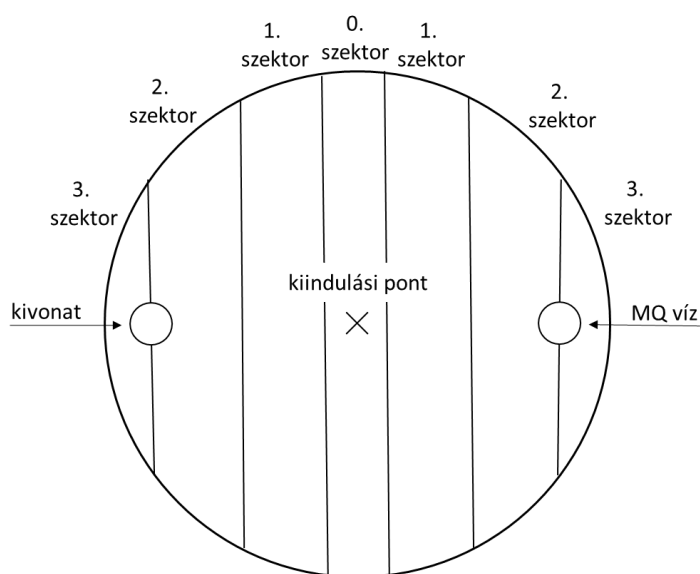
amibe később a kivonatokat pipettáztam. Az egyik lyuk mindig a kontroll volt, amibe 50 µl Milli-Q vizet pipettáztam, míg a vele szembe lévő lyukba mindig a kezelésnek szánt 5%-os takaróanyag kivonat került szintén 50 µl mennyiségben.

A kezeléspárok a következők voltak Petri-csészénként:

- Milli-Q víz – Milli-Q víz (nullkontroll)
- Juharavar kivonat – Milli-Q víz
- Platánavar kivonat – Milli-Q víz
- Tölgyavar kivonat – Milli-Q víz
- Dióavar kivonat – Milli-Q víz
- Szalma kivonat – Milli-Q víz
- Komposzt kivonat – Milli-Q víz

A Petri-csésze közepére 20–30 *M. incognita* lárvát pipettáztam 20 µl vízzel. Ezt követően a Petri-csészét 8 órára termosztátba helyeztem ( $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ )

Az expozíciós idő leteltével a juvenilis egyedek egyedszámát az egyes szektorokban transzmissziós sztereomikroszkópon (Olympus SZH 10) keresztül, 30× nagyításon állapítottam meg. Egy fóliára előre berajzoltam az agarlemez szektorait. A fóliát a Petri-csésze alá helyeztem, így le tudtam olvasni a juvenilis egyedek helyzetét. A 0. szektorban tartózkodó juvenilis egyedeket preferencia szempontjából semlegesnek tekintettem (4. táblázat, 8. ábra).



**8. ábra A területválasztási vizsgálat leolvasása során megállapított szektorok ábrázolása**

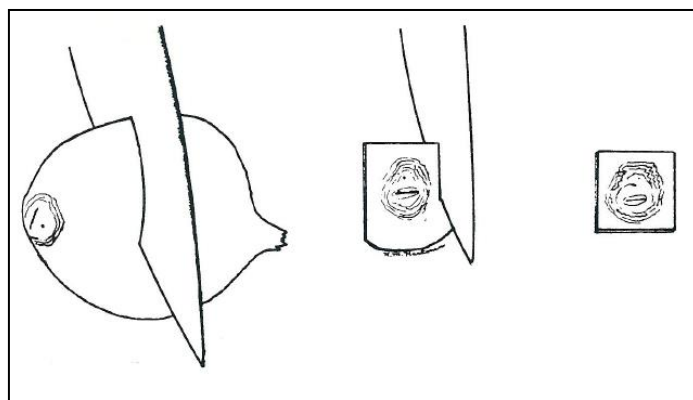
#### 4. táblázat Laboratóriumi kísérletek részletes jellemzői

| Kísérlet célja    | Vizsgált faj                                                                                                                                                                | Kivonat                                                               | Koncentráció (%)                        | Kitettség | Egyed/ismétlés                                                             | Ismétlés/kontroll | Ismétlés/kivonat | Tejsavas cseppentés | Közeg               | Kapcsolódó hallgató                  |                   |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Mortalitás-teszt  | <i>Heterorhabditis bacteriophora</i><br><i>Steinernema carpocapsae</i><br><i>Steinernema feltiae</i><br><i>Steinernema kraussei</i><br><i>Phasmarhabditis hermaphrodita</i> | Dióavar<br>Komposzt<br>Juharavar                                      | 0,1; 0,5; 1; 5                          | 24 óra    | 5 juvenilis egyed (J <sub>3</sub> )                                        | 8                 | 4                | +                   | Mikrotitráló lemez  | Pratik Doshi                         |                   |
|                   |                                                                                                                                                                             | Neemavar                                                              | 0,1; 0,3; 0,6; 1                        |           | 5 juvenilis egyed (J <sub>2</sub> )                                        |                   |                  |                     |                     |                                      | Jakusovszky Robin |
|                   |                                                                                                                                                                             |                                                                       | 0,1; 0,3; 0,5; 1                        |           |                                                                            |                   |                  |                     |                     |                                      |                   |
|                   | <i>Meloidogyne incognita</i>                                                                                                                                                | Dióavar<br>Tölgyavar<br>Platánavar<br>Juharavar<br>Komposzt<br>Szalma | 0,1; 0,5; 1; 5                          |           | 5 juvenilis egyed (J <sub>3</sub> )<br>5 juvenilis egyed (J <sub>2</sub> ) |                   |                  |                     |                     |                                      |                   |
|                   |                                                                                                                                                                             | Dióavar                                                               | 0,78; 1,56;<br>3,125; 6,25;<br>12,5; 25 |           |                                                                            |                   |                  |                     |                     |                                      |                   |
|                   |                                                                                                                                                                             |                                                                       |                                         |           |                                                                            |                   |                  |                     |                     | <i>Phasmarhabditis hermaphrodita</i> |                   |
|                   |                                                                                                                                                                             |                                                                       |                                         |           |                                                                            |                   |                  |                     |                     | <i>Meloidogyne incognita</i>         |                   |
| Terület-választás | <i>Meloidogyne incognita</i>                                                                                                                                                | Dióavar<br>Tölgyavar<br>Platánavar<br>Juharavar<br>Komposzt<br>Szalma | 5                                       | 8 óra     | 20–30 juvenilis egyed (J <sub>2</sub> )                                    | 10                | 10               | -                   | Petri-csésze (6 cm) |                                      |                   |

### 3.3 Kiegészítő vizsgálatok

#### 3.3.1 *Meloidogyne* fajhatározás

A Jászfényszaruról és Csányról hozott fertőzőanyagban található *Meloidogyne* nőtények faji meghatározásához a Hartman és Sasser (1985) által leírt preparátumkészítési leírás lépéseit követtem. A preparálási munkához Olympus SZH10 transzmissziós sztereomikroszkópot (30×-os nagyításon), majd a határozási munkához és a felvételek készítéséhez az Euromex Delphi-X Observer DX.1153-PLPHi fénymikroszkópot (400×-os nagyításon) és az Euromex ImageFocusAlpha fotóprogramot alkalmaztam. Sztereomikroszkóp alatt bonctű és csipesz használatával nőtényeket távolítottam el a gyökérgubacsokból. A kinyert nőtényeket félbevágtam szikével, majd a szerv- és bélmaradványokat eltávolítottam a kültakaró belső oldaláról. A perineum-rajzolat körüli felesleges részeket levágtam, a perineumot 10%-os formalinba helyeztem, majd fedőlemezrel lezártam a kész preparátumot (**9. ábra**). A faji meghatározáshoz helyszínenként 10–10 nőtény perineum-rajzolatából készült preparátumot használtam fel.



**9. ábra** *Meloidogyne* nőtény preparálása. (Forrás: Hartman és Sasser 1985)

#### 3.3.2 Szabadon élő fonálférges kinyerése talajmintákból

A kísérlet felszámolása előtt szedett mintákból egyenként 25 g mennyiséget használtam fel a talajmintákban található aktív fonálférges kinyeréséhez. Ehhez a Baermann-féle tölcséres módszer módosított változatát alkalmaztam (Szakálas et al. 2015) (**10. ábra**). Az így kapott mintákban Olympus SZH10 transzmissziós sztereomikroszkóp alatt, 30×-os nagyításon számoltam meg a kifuttatott fonálférges mennyiségét. Abban az esetben, ha találtam Mononchida

rendbe tartozó ragadozó fonálférget, azt külön feljegyeztem és kiválogattam a mintákból további határozási munkákhoz.



**10. ábra Baermann-tölcséres futtatók.** (Fotó: Petrikovszki Renáta)

### **3.3.3 Ragadozó fonálféreg faji szintű meghatározása**

A ragadozó fonálféreg egyedeket pipettával válogattam ki, majd Eppendorf csőbe helyezve 80 °C-os 4%-os formalinban rögzítettem őket. 48 óra elteltével alkohol-glicerín (9:1) keverékébe helyeztem az egyedeket, majd az alkohol elpárolgása után 87%-os glicerincseppben tartósítottam a mintákat. A határozáshoz és a felvételek készítéséhez Euromex Delphi-X Observer DX.1153-PLPHi fénymikroszkópot és a hozzá tartozó Euromex ImageFocusAlpha fotóprogramot alkalmaztam. A kifejlett egyedeket faji szintig, míg a juvenilis egyedeket – egyes faji bélyegek hiányában – genus szintig határoztam meg Andrassy (2009), valamint Ahmad és Jairajpuri (2010) leírásait követve. A ragadozó fonálféreg egyedszámát mind a négy évben feljegyeztem, viszont csak a 2018. és 2019. évben gyűjtött egyedek kerültek határozásra.

### **3.3.4 A vizsgálati helyszínnek talajának fizikai, kémiai és biológiai vizsgálata**

A talajtömörödöttséget LD-Agro penetrométerrel, a nedvességtartalmat Stelzner Tensiometer talajnedvességmérővel mértük meg, egy alkalommal. A talajhőmérsékletet heti egyszeri gyakorisággal mértük leszűrhető hőmérővel. A levegőhőmérsékletet Voltcraft DL-101-T adatrögzítő hőmérő rögzítette naponta.

A talaj pH méréshez Buzás (1988) módszerét, a szervesanyag tartalom meghatározásához a Walkley-Black módszert (Walkley 1947) alkalmaztunk, melynek elve a talaj szerves anyagában lévő szén nedves égetése.

A kísérlet felszámolása után a paradicsomtövek helyén azonos térfogatú talajt ( $25 \times 25 \times 25$  cm) műanyag fóliára kiemelve átmozdítottuk és a földigilisztákat az ISO 23611-1 2006 módszer alapján mintáztuk kézi válogatás módszerével.

A mikorrhiza gyökérkolonizáltságot Vierheilig és mtsai (1998) által leírt tinta-ecetes festési eljárás alapján végeztük. A megfestett mintákat glicerinbe helyeztük. A festett gyökérmintákból 10 darab körülbelül 1 cm hosszúságú szakaszt tárgylemezre helyeztünk, majd fedőlemezzel takartuk. A mintákat fénymikroszkóppal vizsgáltuk 400×-os nagyítás alatt. A mikorrhizagomba jelenlétét (1), illetve hiányát (0) feljegyeztük, így növényenként egy kolonizáltsági százalékot kaptunk a mintánként tíz darab hajszálgyökér vizsgálatával.

### **3.3.5 Takaróanyag kivonatok tannintartalmának mérése**

A takaróanyagok közül a juhar-, platán-, tölgy-, dióavár, valamint a szalmát és a komposztot vizsgáltattam be tannintartalomra. Az UV-VIS spektrofotométeres vizsgálatot a Budapesti Corvinus Egyetem Corvinus-Fitolabor Kft. laboratóriumában végezték el az MSZ ISO 9648:1994. számú szabvány alapján. Standard-nek a Sigma Aldrich által forgalmazott tanninsavat (United States Pharmacopeia Reference Standard) használták.

### **3.3.6 Takaróanyag kivonatok pH-mérése**

A takaróanyagok közül a juhar-, platán-, tölgy-, dióavart, valamint a szalma és a komposzt kivonat 0,1; 0,5; 1 és 5%-os koncentrációinak, valamint a kontrollként használt Milli-Q víz mintáinak pH-értékét határoztuk meg. Az 3.2.3 alfejezetben leírtak alapján elkészítettük a koncentrációkat, majd a Voltcraft pH-212 pH mérőműszerrel 5 ismétlésben megmértük a pH-értékeket.

## **3.4 Tenyészedényes és laboratóriumi kísérletek komposztlakó élőlényekkel**

### **3.4.1 Szuppresszivitás-vizsgálat**

A trágyagiliszták, valamint a vermikomposzt szuppresszivitás-vizsgálatára beállított kísérletek helyszíne a Növényvédelmi Intézet Kísérleti terén lévő üvegház volt.

### **Trágyagiliszták vizsgálata**

A 8 hetes Dány paradicsompalántákat virágföld és homok egyenlő arányú keverékébe ültettük, majd csepegtető öntözőrendszert telepítettünk a tenyészedényekbe. Tápanyag-utánpótlást a vegetációs időszak alatt nem alkalmaztunk. A talajtakaráshoz a szabadföldi kísérletben is

alkalmazott vegyesavarral 10 cm vastagon borítottuk a tenyészedények tetejét. A vegetációs időszak során a komposztálódó lombréteget folyamatosan pótoltuk. A mesterséges *Meloidogyne*-fertőzés a 3.1.4. alfejezetben leírtak alapján történt. A *Dendrobaena veneta* egyedekből pedig 20–20 darabot helyeztünk el a kijelölt edényekben (5. táblázat, 11. ábra).

Az érési időszakban a terméseredmények adatait hetente rögzítettük. Az ellenőrzések során a bogyókon előforduló kór-, és kárképeket is felmértük. Az állományt 18 hét után számoltuk fel. A tenyészedényekből átmozdítottuk a talajt, a gilisztákat kiválogattuk. Minden növény gyökérzetét átmostuk és megvizsgáltuk: a *Meloidogyne*-kártétel mértékét 3 féle skálával (Zeck-, Garabedian és Van Gundy-, Mukhtar-skála) mértük fel.



**11. ábra Talajtakarás és *Dendrobaena veneta* trágyagiliszta hatásának vizsgálata *Meloidogyne incognita* kártételére tenyészedényes paradicsomon.** (Fotó: Dr. Simon Barbara)

### **Vermikomposzt vizsgálata**

A kísérlet során két különböző talajt alkalmaztunk: általános virágföldet, illetve virágföld és Compastor gilisztakomposzt 1:1 keverékét. Az ültetőgödrök kialakítása után elhelyeztük a *Meloidogyne*-fertőzőanyagot. Ebben az esetben gödrönként 2–2 petezsákot juttattunk ki vízzel, melyeket burgonyagyökerekről távolítottunk el. Ezután elültettük a körülbelül 5 hetes bazsalikompalántákat. A nyár során, amikor a bazsalikom virágozni kezdett, levágtuk a bazsalikom lombját a második levélemeletig. Összesen háromszor vágtuk vissza a növényeket. A 17 hetes tenyészidőszak végén, az utolsó herbavágás után a gyökereket is eltávolítottuk a talajból,

majd a *Meloidogyne*-kártétel mértékét háromféle skálával értékeltük (Zeck-, Garabedian és Van Gundy-, Mukhtar-skála) (5. táblázat, 12. ábra).



**12. ábra Vermikomposzt hatásának vizsgálata *Meloidogyne incognita* kártételére tenyészedenyes bazsalikomnövényeken.** (Fotó: Petrikovszki Renáta)

### 3.4.2 Táplálékpreferencia

#### **Petezsák fogyasztási kísérlet**

A kísérlet során 9 cm átmérőjű Petri-csészébe szűrőpapír-korongot helyeztünk, amelyet körülbelül 3 ml vízzel nedvesítettünk át. Sztereomikroszkóp alatt gubacsos gyökerekről olyan szakaszokat választottunk le, amelyeken biztosan volt petezsák. Egy Petri-csészébe 5 ilyen gyökérszakasz került, majd 3 kifejlett érdes pinceászka (*Porcellio scaber*) példányt helyeztünk el az edényben. A Petri-csészéket sötét helyen, szobahőmérsékleten tároltuk 24 órán keresztül (5. táblázat, 13. ábra).



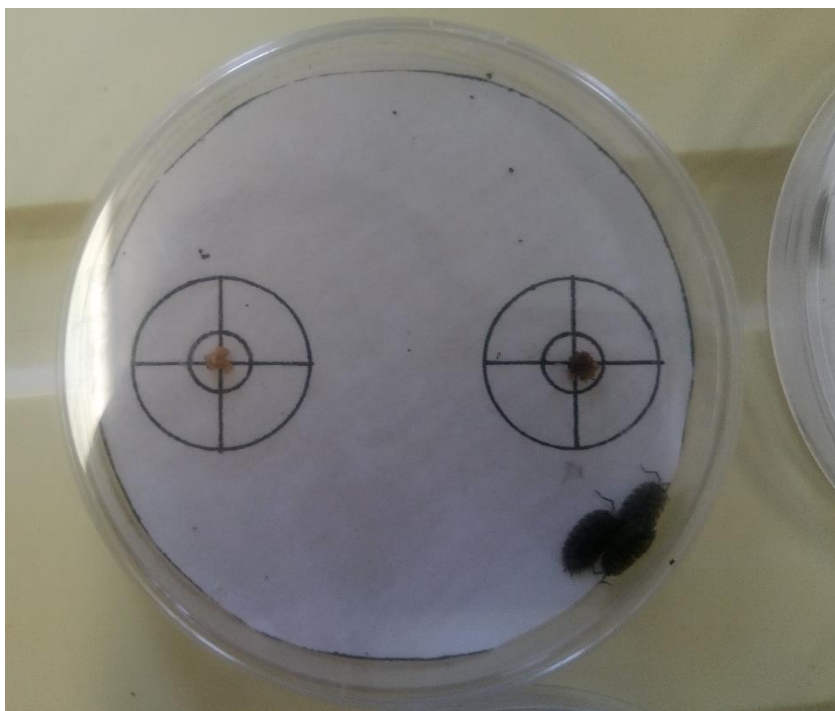
**13. ábra *Porcellio scaber* érdes pinceászkarákok *Meloidogyne incognita* petezsák-fogyasztási vizsgálata.** Piros kör: gubacsos gyökérdarabok petezsákokkal. (Fotó: Somogyi Eszter)

### **Táplálékválasztásos kísérlet**

A kísérletet Seres és mtsai (2018) ugróvillás táplálékválasztásos vizsgálatából kiindulva módosítottuk ászkarákokra formálva. Egy 9 cm átmérőjű Petri-csészébe szűrőpapír-korongot helyeztünk, amelyre a körkörös felosztású papírkorong került. A korongokat kb. 3 ml vízzel benedvesítettük, majd elhelyeztük a különböző táplálékpárokat a körökbe:

- friss gubacsos uborkagyökér és komposztált gubacsos uborkagyökér
- egészséges uborkagyökér és gubacsos uborkagyökér
- hársfalevél és komposztált gubacsos uborkagyökér

Előzőleg hársfalevélből 9 mm átmérőjű korongokat vágunk, a gyökérdarabokat pedig feldaraboltuk. Analitikai mérleggel megállapítottuk a felkínált táplálékok tömegét, ami megközelítőleg 0,006 g volt. Egy Petri-csészébe három *P. scaber* ászkarák egyedet helyeztünk el, amelyek korcsoport eloszlása vegyes volt. A belső körbe kerültek a táplálékok, a szélső arénában pedig az ászkák ürülékét számszerűsítettük. A Petri-csészéket sötét helyen, szobahőmérsékleten tároltuk 24 órán keresztül (5. táblázat, 14. ábra).



**14. ábra Táplálékválasztásos kísérlet *Porcellio scaber* érdes pinceászkákkal.** Balra: friss gubacsos gyökér, jobbra: komposztált gubacsos gyökér. (Fotó: Petrikovszki Renáta)

### 3.4.3 Lebontási kísérlet

A lebontási kísérleteket két szakaszra tagoltuk: az első szakaszban gubacsos gyökereket kínáltunk fel érdes pinceászkáknak, majd a második szakaszban az általuk elfogyasztott és átmozgatott közegbe teszt növényt ültettük annak érdekében, hogy megállapítsuk, hogy az elfogyasztott gubacsos gyökerek fertőzőképesek maradtak-e.

Az ászkákat házi komposztálókból (Monor) gyűjtöttem be. A begyűjtés után sor került a fajhatározásra is. Az ászkák faji azonosítása Farkas és Vilisics (2013) leírásai alapján történt.

#### Első szakasz

Műanyag vödörbe 200 g virágföldet és 150 g gubacsos uborkagyökeret mértünk ki. Ezt követően kezeléstől függően további 4–5 tőlgylevet és 20 db vegyes korcsoportú ászkát helyeztünk el. A vödrök tetejét kilyukasztottuk. Mivel a virágföld és a gubacsos gyökerek kellően nedvesek voltak, ezért külön nem volt szükséges vizet hozzáadni a közeghez. A vödröket pincekörülmények között tároltuk, majd 2,5 hónap után kiválogattuk az ászkákat a vödrökből.

**5. táblázat A komposztlakó élőlényekkel végzett tenyészedényes és laboratóriumi kísérletek részletes jellemzői**

| Kísérlet célja                                                   | Év                  | Vizsgált faj                                                                                                                                              | Tesztnövény       | Kezelések                                                                                                             | Időtartam | Kezelés-kombinációk  | Ismétlés/kezeléskomb. | Egyed/ismétlés | Közeg               | Kapcsolódó hallgató |
|------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------|-----------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| Szuppresszivitás-vizsgálat                                       | 2017                | <i>Dendrobaena veneta</i>                                                                                                                                 | Paradicsom 'Dány' | Avarral takart vagy takaratlan Gilisza jelenléte vagy hiánya<br>Mesterséges <i>M. incognita</i> -fertőzés vagy hiánya | 18 hét    | 8                    | 5                     | 20             | Tenyészedény (11 l) | Erdei Mónika        |
|                                                                  | 2018                | <i>Dendrobaena veneta</i> var. Compastor                                                                                                                  | Bazsalikom        | Gilisztakomposzt vagy virágföld<br>Mesterséges <i>M. incognita</i> -fertőzés vagy hiánya                              | 17 hét    | 4                    | 10                    | -              |                     | Bognár Domonkos     |
| Táplálék-preferencia                                             | 2020                | <i>Porcellio scaber</i>                                                                                                                                   | -                 | Petezsák gubacsos gyökérdarabon                                                                                       | 24 óra    | 1                    | 10                    | 3              | Petri-csésze (9 cm) | Somogyi Eszter      |
| Friss gubacsos uborkagyökér<br>Komposztált gubacsos uborkagyökér |                     |                                                                                                                                                           |                   | 2                                                                                                                     |           | Petri-csésze (9 cm)  |                       |                |                     |                     |
| Egészséges uborkagyökér<br>Friss, gubacsos uborkagyökér          |                     |                                                                                                                                                           |                   |                                                                                                                       |           |                      |                       |                |                     |                     |
| Hársavar<br>Komposztált gubacsos uborkagyökér                    |                     |                                                                                                                                                           |                   |                                                                                                                       |           |                      |                       |                |                     |                     |
| Lebontási kísérlet                                               |                     |                                                                                                                                                           | -                 | Ászka jelenléte vagy hiánya<br>Fertőzött gubacsos uborkagyökér                                                        | 10 hét    | 2                    | 20                    | 20             | Vödör (800 ml)      |                     |
|                                                                  | Uborka 'Monolit F1' | Virágföld (negatív kontroll)<br><i>M. incognita</i> -fertőzött talaj (pozitív kontroll)<br>Ászkák által átdolgozott, <i>M. incognita</i> -fertőzött talaj | 8 hét             | 3                                                                                                                     | -         | Tenyészedény (2,5 l) |                       |                |                     |                     |

## Második szakasz

A tesztnövényes kísérletben tenyészedényekbe helyeztünk 200 g általános virágföldet és hozzákevertük azokat a gyökérmaradványokat és a virágföldet, ami az első szakaszból maradt. A negatív kontrollnál csak virágföldet használtunk. Végül egyhetes uborkapalántákat ültettünk a közegekbe. A kísérlet felszámolása során minden növény gyökerét vízben óvatosan lemostuk, majd a gyökérzeteken lévő gubacsokat növényenként feljegyeztük. Mivel alacsony volt a fertőzés mértéke, ezért egyedül a Mukthar-skálát alkalmaztuk (5. táblázat).

### 3.5 Statisztikai értékelések

Az adatok feldolgozásához, a grafikonok és táblázatok elkészítéséhez Microsoft Excel 2016 programot alkalmaztam. Továbbá a PAST statisztikai programot (Hammer et al. 2001) használtam a kiértékelésekhez. A hagyományos egytényezős varianciaanalízisben (ANOVA) Tukey-féle post hoc tesztet, vagy Mann-Whitney U tesztet alkalmaztam.

A páronkénti összehasonlításakor Welch-tesztet használtam. Minden esetben  $p \leq 0,05$  szignifikancia szintet állapítottam meg.

A százalékos adatok esetében arcus-sinus négyzetgyöktranszformációt végeztem a statisztikai értékelés előtt.

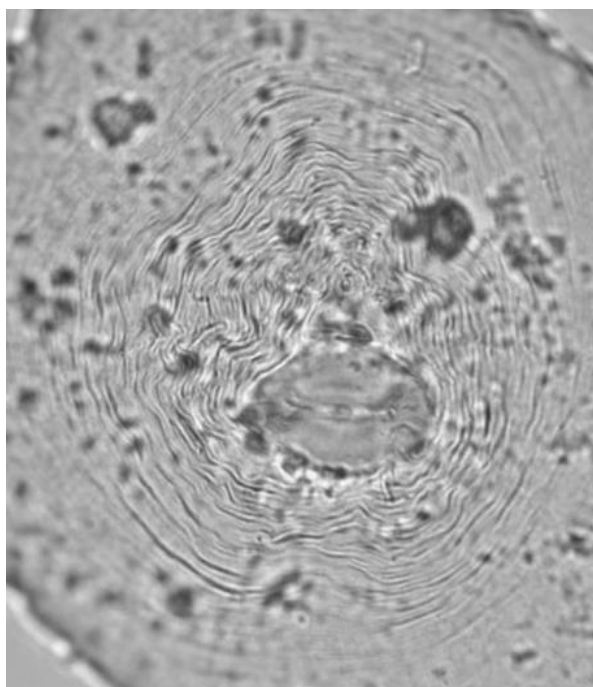
A mesterséges *Meloidogyne*-fertőzés okozta gyökérkártétel értékelésénél három bonítási skálát alkalmaztam. Mindhárom skálánál páronként összehasonlítottam a fertőzött és nem fertőzött értékeket és a legerősebb szignifikanciaszintet mutató skálát ábrázoltam a dolgozatban.

A *M. incognita* mortalitási adatok esetében a következő adatpárokkal végeztem korrelációanalízist: tannin-pH, tannin-mortalitás és a pH-mortalitás.

## 4. Eredmények

### 4.1 Faji szintű határozás

A *Meloidogyne*-fertőzőanyagban található faj meghatározására elkészített perineum preparátumok vizsgálata során kizárólag a kertészeti gyökérgubacs fonálféreg (*Meloidogyne incognita*) fajra utaló határozóbélyegeket figyeltem meg (**15. ábra**). Tehát a vizsgálatok során felhasznált gyökérgubacs fonálféreg faj a *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 volt.



**15. ábra** *Meloidogyne incognita* perineum-rajzolat (Fotó: Petrikovszki Renáta)

### 4.2 Szabadföldi talajtakarásos kísérletek

#### 4.2.1 Talajtakarás vegyesavar használatával, Gödöllő (2016–2019)

A tövenként betakarított termésmennyiség alapján elmondható, hogy arra az alkalmazott kezelések közül egyedül a talajtakarás bírt szignifikánsan befolyásoló hatással minden évben. Azonban 2018-ban a mesterséges *M. incognita*-fertőzés növelte a termésmennyiséget ( $p = 0,027$ ). Az öntözés és a mikorrhiza-kezelés azonban nem befolyásolta a termés mennyiségét (**6. táblázat**).

**6. táblázat Átlagos termésmennyiség (g/tő ± CI 95%) alakulása a talajtakarás, az öntözés, a mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés és a mikorrhiza-kezelés függvényében az egyes években** (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum,  $p \leq 0,05$  Welch-teszt)

|                                 | Takarás    |            | Öntözés    |            | <i>M. incognita</i> |            | Mikorrhiza |            |
|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|------------|
| kezelés -/+<br>ismétlések száma | -          | +          | -          | +          | -                   | +          | -          | +          |
| év                              | 48         | 48         | 48         | 48         | 48                  | 48         | 48         | 48         |
| 2016                            |            |            |            |            |                     |            |            |            |
| átlag ± CI 95%                  | 568 ± 81   | 1563 ± 206 | 1129 ± 242 | 1002 ± 173 | 1063 ± 219          | 1068 ± 204 | 1051 ± 212 | 1080 ± 211 |
| p-érték                         | < 0,001    |            | 0,395      |            | 0,977               |            | 0,853      |            |
| év                              | 2017       |            |            |            |                     |            |            |            |
| átlag ± CI 95%                  | 1597 ± 295 | 2203 ± 307 | 1728 ± 301 | 2071 ± 317 | 1772 ± 280          | 2027 ± 339 | 1777 ± 322 | 2022 ± 300 |
| p-érték                         | 0,023      |            | 0,153      |            | 0,232               |            | 0,226      |            |
| év                              | 2018       |            |            |            |                     |            |            |            |
| átlag ± CI 95%                  | 548 ± 89   | 1010 ± 157 | 742 ± 135  | 816 ± 152  | 678 ± 133           | 879 ± 149  | -          | -          |
| p-érték                         | < 0,001    |            | 0,398      |            | 0,027               |            | -          |            |
| év                              | 2018       |            |            |            |                     |            |            |            |
| átlag ± CI 95%                  | 744 ± 146  | 2200 ± 285 | -          | -          | 1531 ± 325          | 1412 ± 288 | -          | -          |
| p-érték                         | < 0,001    |            | -          |            | 0,601               |            | -          |            |

A mesterséges *M. incognita*-fertőzés okozta gyökérvérvétel alakulását három skálával értékeltem, viszont az ábrázolásnál a legerősebb szignifikanciaszint alapján a Mukhtar-skálát választottam (9.2.1. melléklet). A 2018-as évben tapasztalt erős szeptóriás levélfoltosság (*Septoria lycopersici*) okozta növénypusztulás miatt a gyökerek értékelhetetlenné váltak.

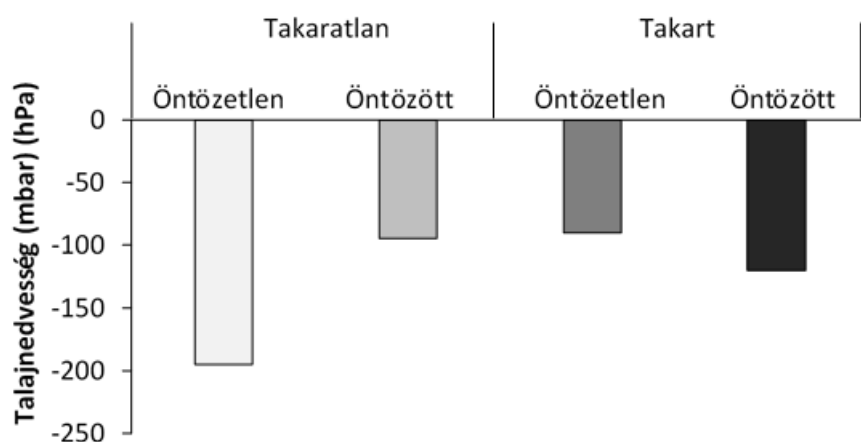
A vizsgálat során a talajtakarás két évben, 2017-ben és 2019-ben szignifikánsan csökkentette a kártétel mértékét ( $p = 0,002$  és  $1,356 \cdot 10^{-4}$ ). A kártétel erősségét nem befolyásolta sem az öntözés, sem a mikorrhiza-kezelés egyik évben sem (7. táblázat).

**7. táblázat A mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés okozta gyökérvérvétel alakulása a Mukhtar-skála értékei alapján a talajtakarás, az öntözés, a mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés és a mikorrhiza-kezelés függvényében** (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum,  $p \leq 0,05$  Welch-teszt)

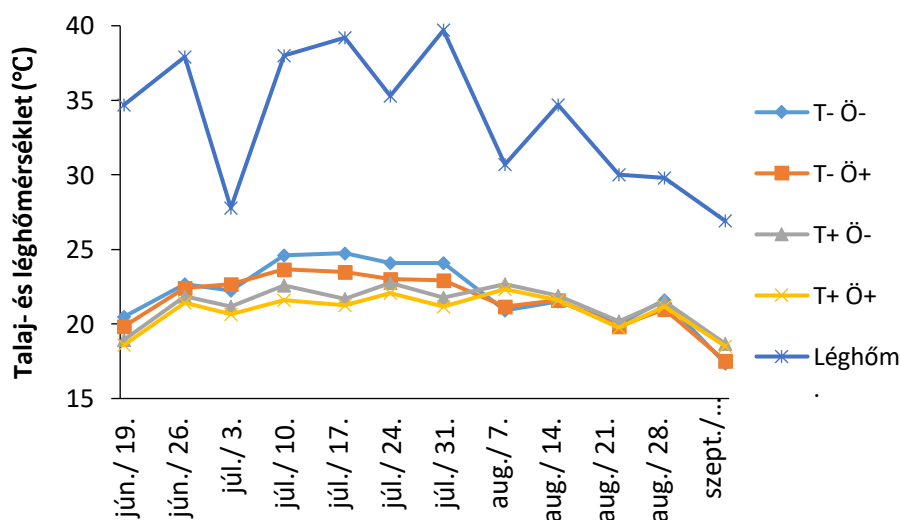
|                  | Takarás   |           | Öntözés   |           | <i>M. incognita</i> |           | Mikorrhiza |           |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|-----------|------------|-----------|
| kezelés -/+      | -         | +         | -         | +         | -                   | +         | -          | +         |
| ismétlések száma | 48        | 48        | 48        | 48        | 48                  | 48        | 48         | 48        |
| év               | 2016      |           |           |           |                     |           |            |           |
| átlag ± CI 95%   | 2,1 ± 0,7 | 0,9 ± 0,3 | 1,5 ± 0,6 | 1,5 ± 0,6 | 0,4 ± 0,2           | 2,6 ± 0,6 | 1,7 ± 0,6  | 1,3 ± 0,5 |
| p-érték          | 0,010     |           | 0,888     |           | < 0,001             |           | 0,116      |           |
| év               | 2017      |           |           |           |                     |           |            |           |
| átlag ± CI 95%   | 2,1 ± 0,7 | 0,7 ± 0,4 | 1,8 ± 0,6 | 1 ± 0,5   | 0 ± 0,2             | 2,7 ± 0,6 | 1,3 ± 0,5  | 1,5 ± 0,6 |
| p-érték          | 0,002     |           | 0,090     |           | < 0,001             |           | 0,478      |           |
| év               | 2019      |           |           |           |                     |           |            |           |
| átlag ± CI 95%   | 2,6 ± 0,5 | 1,1 ± 0,4 | -         | -         | 1,7 ± 0,5           | 2 ± 0,5   | -          | -         |
| p-érték          | < 0,001   |           | -         |           | 0,482               |           | -          |           |

A talaj nedvességtartalma a takaratlan, öntözetlen kezelés esetében volt a legalacsonyabb, míg a többi kezelés között nem volt jelentős eltérés (16. ábra). Emellett a M. incognita-kártétel és a talajnedvesség között sem volt szoros összefüggés ( $p = 0,895$ ).

A takaratlan kezeléseknél, függetlenül az öntözéstől, a talajhőmérséklet sokkal inkább követette a levegő hőmérsékletének ingadozását, míg a takart parcelláknál ez az érték és a tendencia kiegyenlítettebb volt (17. ábra). A talajhőmérséklet változása és a kártétel csökkenése között szignifikáns összefüggés volt ( $p = 6,651 \cdot 10^{-5}$ ).

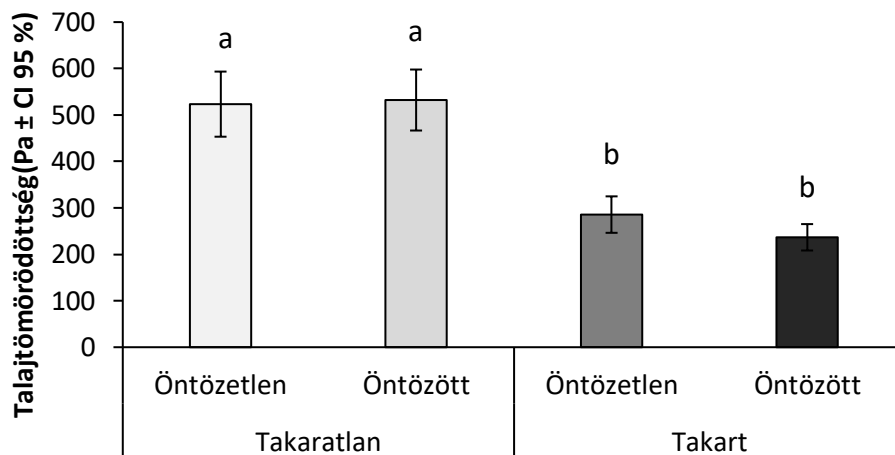


16. ábra A talaj nedvességtartalma a talajtakarás és az öntözés függvényében (Gödöllő, 2017)



17. ábra A talajhőmérséklet a talajtakarás és az öntözés függvényében, valamint a levegő hőmérséklete (Gödöllő, 2017) (Jelmagyarázat: T: Talajtakarás, Ö: Öntözés, ±: a kezelés megléte vagy hiánya)

A takaratlan parcellák talajai szignifikánsan tömörödtetebbek ( $7,822 \cdot 10^{-8}$ ) voltak, mint a takart területek talajai (**18. ábra**), azonban ez nem állt összefüggésben a kártétel csökkenésével ( $r = 0,113$ ).



**18. ábra** Az átlagos talajtömörödöttség a talajtakarás és az öntözés függvényében (Gödöllő, 2017) (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum, betűjelek: Tukey-féle post hoc teszt, az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)

A szervesanyag-tartalom értékeit az első évben (2016) nem befolyásolta sem a talajtakarás ( $p = 0,807$ ), sem az öntözés ( $p = 0,647$ ). A második évre viszont a takarás hatására szignifikánsan megnőtt ( $p = 7,706 \cdot 10^{-5}$ ) a szervesanyag mennyisége a talajban (**8. táblázat**). A kezelt parcellák kémhatása enyhén lúgos irányba mozdult el, melyet elsősorban az öntözés váltott ki szignifikánsan ( $p = 0,024$ ) (**9. táblázat**).

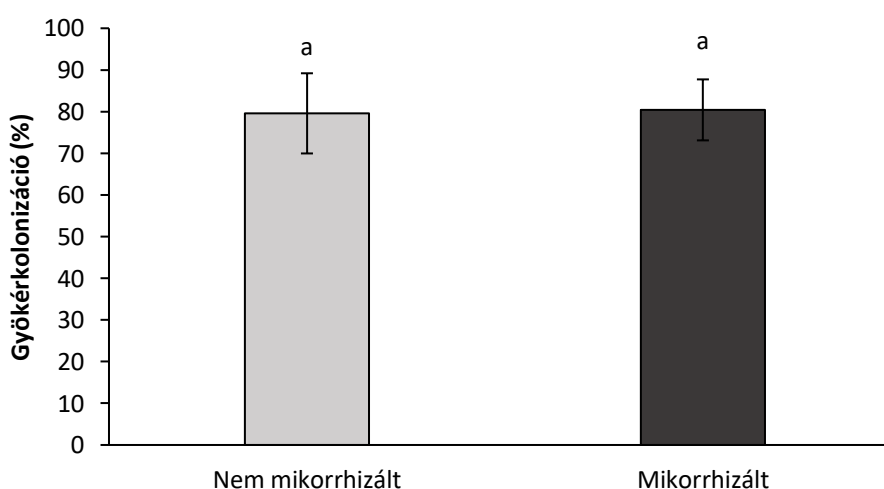
**8. táblázat** A talaj szervesanyag tartalma (%) a talajtakarás és az öntözés függvényében (Gödöllő, 2016 és 2017) (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum,  $p \leq 0,05$  Welch-teszt)

|                  | Takarás     |             | Öntözés     |             |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| kezelés +/-      | -           | +           | -           | +           |
| ismétlések száma | 12          | 12          | 12          | 12          |
| év               | 2016        |             |             |             |
| átlag ± CI 95%   | 1,96 ± 0,43 | 1,87 ± 0,57 | 2,01 ± 0,58 | 1,83 ± 0,42 |
| p-érték          | 0,807       |             | 0,647       |             |
| év               | 2017        |             |             |             |
|                  | 1,57 ±      | 2,14 ±      |             |             |
| átlag ± CI 95%   | 0,08        | 0,17        | 1,86 ± 0,2  | 1,8 ± 0,23  |
| p-érték          | < 0,001     |             | 0,904       |             |

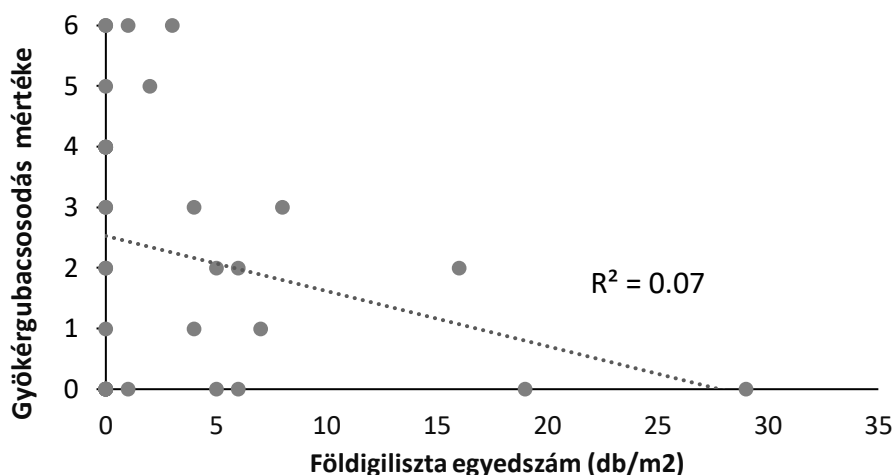
**9. táblázat A talaj kémhatása desztillált vizes talajoldat mérési értékei alapján a talajtakarás és az öntözés függvényében** (Gödöllő, 2016 és 2017) (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum,  $p \leq 0,05$  Welch-teszt)

|                  | Takarás     |             | Öntözés     |             |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| kezelés -/+      | -           | +           | -           | +           |
| ismétlések száma | 12          | 12          | 12          | 12          |
| év               | 2016        |             |             |             |
| átlag ± CI 95%   | 7,82 ± 0,11 | 7,82 ± 0,08 | 7,76 ± 0,11 | 7,88 ± 0,06 |
| p-érték          | 1,000       |             | 0,057       |             |
| év               | 2017        |             |             |             |
| átlag ± CI 95%   | 8,23 ± 0,1  | 8,18 ± 0,06 | 8,13 ± 0,09 | 8,28 ± 0,06 |
| p-érték          | 0,223       |             | 0,024       |             |

A mikorrhiza-kezelésnek nem volt hatása a paradicsomnövény mikorrhiza-gyökérkolonizáció értékeire ( $p = 0,893$ ) (**19. ábra**). A földigiliszták egyedszáma annak ellenére sem befolyásolta a *M. incognita*-kártétel mértékét ( $r = 0,262$ ) a 2017. évben, hogy a talajtakarás hatására szignifikáns mértékben megnőtt az egyedszámuk ( $p = 0,004$ ), (**20. ábra**).



**19. ábra Az átlagos ( $\pm$  CI 95%) mikorrhiza gyökérkolonizáció (%) a mikorrhiza kezelés függvényében** (Gödöllő, 2017) (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum, betűjelek: Welch-teszt, az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)



**20. ábra A földigiliszták egyedszáma (db/m<sup>2</sup>) és a mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés okozta gyökérkártétel (Mukhtar-skála 0-10) közötti összefüggésvizsgálat (Gödöllő, 2017) (Jelmagyarázat: R: korrelációs együttható)**

A szabadon élő, nem ragadozó fonálférgek egyedszámát elsősorban az évjáráthatás befolyásolta szignifikánsan ( $p = 1,095 \cdot 10^{-8}$ ), az alkalmazott kezelések nem. Azonban, ha az éveket külön veszem, 2017-ben a talajtakarás szignifikánsan megnövelte ( $p = 4,852 \cdot 10^{-5}$ ) az egyedszámukat, 2019-ben viszont a takaratlan parcellákon voltak szignifikánsan nagyobb egyedszámban jelen ( $p = 0,039$ ). A többi évben, illetve a többi kezelés azonban nem befolyásolta a megjelenésüket (10. táblázat, 9.2.3. melléklet).

**10. táblázat A szabadon élő, nem ragadozó fonálférgek egyedszámának (db/25 g talaj) alakulása a talajtakarás, az öntözés, a mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés és a mikorrhiza-kezelés függvényében (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum,  $p \leq 0,05$  Welch-teszt)**

|                                 | Takarás      |              | Öntözés      |              | <i>M. incognita</i> |              | Mikorrhiza   |              |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| kezelés +/-<br>ismétlések száma | -            | +            | -            | +            | -                   | +            | -            | +            |
|                                 | 48           | 48           | 48           | 48           | 48                  | 48           | 48           | 48           |
| év                              | 2016         |              |              |              |                     |              |              |              |
| átlag ± CI 95%                  | 155,9 ± 31,1 | 164,1 ± 32,4 | 154,7 ± 26,4 | 165,3 ± 36,3 | 149,7 ± 33,8        | 170,2 ± 29,3 | 142,9 ± 29,2 | 177,1 ± 33,5 |
| p-érték                         | 0,695        |              | 0,638        |              | 0,323               |              | 0,154        |              |
| év                              | 2017         |              |              |              |                     |              |              |              |
| átlag ± CI 95%                  | 110,5 ± 17,5 | 195,4 ± 32,3 | 144,6 ± 27,9 | 161,2 ± 29,2 | 139,7 ± 26,3        | 166,2 ± 30,4 | 146,5 ± 28,7 | 159,3 ± 28,6 |
| p-érték                         | < 0,001      |              | 0,404        |              | 0,236               |              | 0,575        |              |
| év                              | 2018         |              |              |              |                     |              |              |              |
| átlag ± CI 95%                  | 199,2 ± 62,6 | 202,6 ± 51,4 | 208,4 ± 57,1 | 193,4 ± 57,4 | 213,2 ± 62,7        | 188,6 ± 51,1 | -            | -            |
| p-érték                         | 0,942        |              | 0,708        |              | 0,598               |              | -            |              |
| év                              | 2019         |              |              |              |                     |              |              |              |
| átlag ± CI 95%                  | 316 ± 36,3   | 245,8 ± 57,3 | -            | -            | 265,9 ± 46          | 295,9 ± 51,5 | -            | -            |
| p-érték                         | 0.039        |              | -            |              | 0.362               |              | -            |              |

A ragadozó *Mononchida* egyedek előfordulását az évjáráthatás ( $p = 0,002$ ) és a talajtakarás befolyásolta ( $p = 0,002$ ). A 2017–2019 közötti időszakban a talajtakarás növelte, míg 2017-ben az öntözéses kezelés csökkentette az egyedszámukat. Azonban sem a mikorrhiza-kezelés, sem a mesterséges *M. incognita*-fertőzés nem volt rájuk hatással egyik évben sem (**11. táblázat, 9.2.3. melléklet**).

**11. táblázat A *Mononchida* ragadozó fonálférgek egyedszámának (db/25 g talaj) alakulása a talajtakarás, az öntözés, a mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés és a mikorrhiza-kezelés függvényében** (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum,  $p \leq 0,05$  Welch-teszt)

|                                 | Takarás   |           | Öntözés   |           | <i>M. incognita</i> |           | Mikorrhiza |           |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|-----------|------------|-----------|
| kezelés -/+<br>ismétlések száma | -<br>48   | +<br>48   | -<br>48   | +<br>48   | -<br>48             | +<br>48   | -<br>48    | +<br>48   |
| év                              | 2016      |           |           |           |                     |           |            |           |
| átlag ± CI 95%                  | 0,5 ± 0,3 | 0,5 ± 0,3 | 0,7 ± 0,4 | 0,4 ± 0,2 | 0,5 ± 0,3           | 0,6 ± 0,3 | 0,5 ± 0,3  | 0,6 ± 0,3 |
| p-érték                         | 1,000     |           | 0,092     |           | 0,688               |           | 0,537      |           |
| év                              | 2017      |           |           |           |                     |           |            |           |
| átlag ± CI 95%                  | 0,6 ± 0,3 | 1,2 ± 0,5 | 1,3 ± 0,5 | 0,5 ± 0,3 | 1 ± 0,4             | 0,9 ± 0,4 | 0,8 ± 0,3  | 1 ± 0,5   |
| p-érték                         | 0,008     |           | 0,005     |           | 0,659               |           | 0,253      |           |
| év                              | 2018      |           |           |           |                     |           |            |           |
| átlag ± CI 95%                  | 0,8 ± 0,4 | 3,6 ± 2,5 | 1,9 ± 0,9 | 2,5 ± 2,4 | 2,7 ± 2,5           | 1,8 ± 0,6 | -          | -         |
| p-érték                         | 0,016     |           | 0,609     |           | 0,450               |           | -          |           |
| év                              | 2019      |           |           |           |                     |           |            |           |
| átlag ± CI 95%                  | 0,5 ± 0,3 | 3 ± 0,8   | -         | -         | 1,7 ± 0,7           | 1,7 ± 0,7 | -          | -         |
| p-érték                         | < 0,001   |           | -         |           | 1,000               |           | -          |           |

Négy *Mononchida* génusz jelenlétét azonosítottam a vizsgált területről: *Clarkus*, *Mylonchulus*, *Prionchulus* és *Iotonchus*. Az egyedek gyakorisága igen változó volt a talajtakarással összefüggésben: a *Clarkus*, *Mylonchulus*, *Prionchulus* génuszra jellemző volt, hogy a takart parcellákban nagyobb egyedszámban fordultak elő, mint a takaratlanban. A két évet (2018 és 2019) tekintve, a *Clarkus* és *Mylonchulus* génusz összegyedszáma közel azonos maradt mindkét évben a takart területeken, azonban a takaratlan parcellákon lecsökkent a számuk. A *Prionchulus* génusz tagjait csak a takart parcellákban azonosítottam mindkét évben, azonban a számuk lecsökkent 2018-ról 2019-re. A *Iotonchus* génuszból mindössze egy egyedet találtam a takaratlan parcellákon, 2019-ben (**12. táblázat**).

**12. táblázat A ragadozó fonálféreg génuszok összegyedszáma (db) a talajtakarásos kezelések függvényében (Gödöllő, 2018 és 2019) (teljes mintaszám: 192)**

| Génusz                 | Kezelés    | Év   |      |
|------------------------|------------|------|------|
|                        |            | 2018 | 2019 |
| <i>Clarkus</i> sp.     | Takart     | 27   | 28   |
|                        | Takaratlan | 7    | 1    |
| <i>Mylonchulus</i> sp. | Takart     | 74   | 76   |
|                        | Takaratlan | 16   | 10   |
| <i>Prionchulus</i> sp. | Takart     | 29   | 5    |
|                        | Takaratlan | 0    | 0    |
| <i>Iotonchus</i> sp.   | Takart     | 0    | 0    |
|                        | Takaratlan | 0    | 1    |

Génuszokra bontva is hasonló tendencia figyelhető meg, miszerint a takart parcellákban, mindkét évben, egy kivétellel, magasabb denzitás mérhető, mint a takaratlan területeken. Az öntözés és a mesterséges *M. incognita*-fertőzés azonban nem befolyásolta a ragadozó fajok felszaporodását (13. táblázat, 14. táblázat, 15. táblázat).

Az említett génuszokon belül összesen három fajt azonosítottam: *Clarkus papillatus* (9.2.4. melléklet), *Mylonchulus brachyuris* (9.2.5. melléklet) és *Prionchulus punctatus* (9.2.6. melléklet, 16. táblázat). A *Iotonchus* juvenilis egyed faji szintű határozására azonban a határozóbélyegekként szolgáló ivarszervek hiánya miatt nem kerülhetett sor.

**13. táblázat A *Clarkus* ragadozó fonálférgek egyedszámának (db/25 g talaj) alakulása a talajtakarás, az öntözés, a mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés függvényében (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum,  $p \leq 0,05$  Welch-teszt)**

|                  | Takará      |             | Öntözés     |             | <i>M. incognita</i> |             |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|
| kezelés -/+      | -           | +           | -           | +           | -                   | +           |
| ismétlések száma | 48          | 48          | 48          | 48          | 48                  | 48          |
| év               | 2018        |             |             |             |                     |             |
| átlag ± CI 95%   | 0,15 ± 0,18 | 0,57 ± 0,32 | 0,40 ± 0,30 | 0,31 ± 0,23 | 0,40 ± 0,31         | 0,31 ± 0,21 |
| p-érték          | 0,001       |             | 0,642       |             | 0,543               |             |
| év               | 2019        |             |             |             |                     |             |
| átlag ± CI 95%   | 0,02 ± 0,04 | 0,58 ± 0,26 | -           | -           | 0,29 ± 0,18         | 0,31 ± 0,22 |
| p-érték          | < 0,001     |             | -           |             | 0,890               |             |

**14. táblázat A *Mylonchulus* ragadozó fonálférgek egyedszámának (db/25 g talaj) alakulása a talajtakarás, az öntözés, a mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés függvényében.** (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum,  $p \leq 0,05$  Welch-teszt)

|                  | Takarás     |             | Öntözés     |             | <i>M. incognita</i> |             |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|
| kezelés -/+      | -           | +           | -           | +           | -                   | +           |
| ismétlések száma | 48          | 48          | 48          | 48          | 48                  | 48          |
| év               | 2018        |             |             |             |                     |             |
| átlag ± CI 95%   | 0,33 ± 0,21 | 1,54 ± 2,16 | 0,52 ± 0,27 | 1,35 ± 2,16 | 1,48 ± 2,16         | 0,40 ± 0,20 |
| p-érték          | 0,264       |             | 0,460       |             | 0,317               |             |
| év               | 2019        |             |             |             |                     |             |
| átlag ± CI 95%   | 0,21 ± 0,14 | 1,58 ± 0,64 | -           | -           | 0,94 ± 0,7          | 0,85 ± 0,45 |
| p-érték          | < 0,001     |             | -           |             | 0,834               |             |

**15. táblázat A *Prionchulus* ragadozó fonálférgek egyedszámának (db/25 g talaj) alakulása a talajtakarás, az öntözés, a mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés függvényében.** (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum,  $p \leq 0,05$  Welch-teszt)

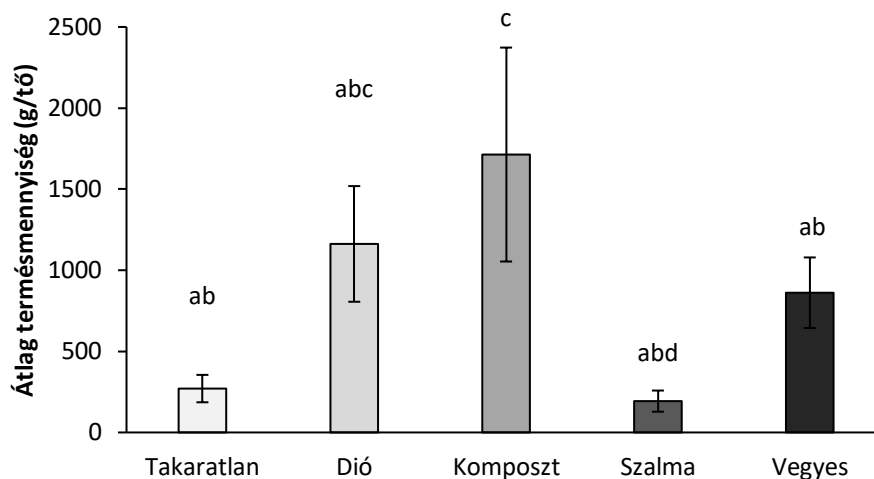
|                  | Takarás |             | Öntözés     |             | <i>M. incognita</i> |             |
|------------------|---------|-------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|
| kezelés -/+      | -       | +           | -           | +           | -                   | +           |
| ismétlések száma | 48      | 48          | 48          | 48          | 48                  | 48          |
| év               | 2018    |             |             |             |                     |             |
| átlag ± CI 95%   | 0 ± 0   | 0,60 ± 0,40 | 1,33 ± 0,34 | 0,27 ± 0,25 | 0,27 ± 0,33         | 0,33 ± 0,26 |
| p-érték          | 0,005   |             | 0,781       |             | 0,781               |             |
| év               | 2019    |             |             |             |                     |             |
| átlag ± CI 95%   | 0 ± 0   | 0,10 ± 0,09 | -           | -           | 0,04 ± 0,06         | 0,06 ± 0,07 |
| p-érték          | 0,024   |             | -           |             | 0,659               |             |

**16. táblázat A szabadföldi paradicsomkísérlet területén talált *Clarkus papillatus*, *Mylonchulus brachyuris* és *Prionchulus punctatus* fajok példányainak morfológiai tulajdonságai** (Gödöllő, 2018 és 2019) (Átlag  $\pm$  CI 95%, valamint a mért paraméterek értéktartományai, CI 95%: konfidencia intervallum, L: testhossz, V: vulvanyílás helyzete, a: testhossz / testátmérő, b: testhossz / nyelőcső hossza, c: testhossz / farokhossz)

| Tulajdonságok             | <i>Clarkus papillatus</i>          | <i>Mylonchulus brachyuris</i>   | <i>Prionchulus punctatus</i> |
|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| egyedszám                 | 20 ♀                               | 17 ♀                            | 1 ♂                          |
| L (μm)                    | 1212,2 $\pm$ 43,4<br>1012,8–1395,2 | 1089,2 $\pm$ 44,4<br>948–1288,2 | 1198,2<br>-                  |
| a                         | 24,3 $\pm$ 2,2<br>18,6–40,3        | 28,7 $\pm$ 1,8<br>22,1–34,7     | 31,6<br>-                    |
| b                         | 3,7 $\pm$ 0,1<br>3,4–4             | 3,7 $\pm$ 0,1<br>3,4–3,9        | 3,8<br>-                     |
| c                         | 16,6 $\pm$ 0,5<br>15,1–18,4        | 31,7 $\pm$ 1<br>28,1–35,5       | 31,9<br>-                    |
| V (%)                     | 62 $\pm$ 0,5<br>60,5–65,8          | 60,2 $\pm$ 0,6<br>57,1–62,2     | -<br>-                       |
| Szájüreg hossza (μm)      | 24,9 $\pm$ 0,5<br>22,5–26,3        | 20,6 $\pm$ 0,7<br>16,4–22,6     | 21,1<br>-                    |
| Szájüreg szélessége (μm)  | 12,9 $\pm$ 0,5<br>10,1–15,2        | 13,7 $\pm$ 0,9<br>12,1–16,3     | 12,4<br>-                    |
| Maximális testátmérő (μm) | 51,2 $\pm$ 3,6<br>30,7–68,7        | 38,4 $\pm$ 2,3<br>29,6–47,3     | 38<br>-                      |
| Anális testátmérő (μm)    | 28,8 $\pm$ 1,1<br>23,7–33,3        | 25 $\pm$ 1,4<br>19,5–31         | 31,3<br>-                    |
| Farokhossz (μm)           | 73,1 $\pm$ 2,8<br>63,6–85,8        | 34,5 $\pm$ 1,6<br>28,6–41,2     | 37,5<br>-                    |
| Ivari papillák            | -                                  | -                               | 12                           |

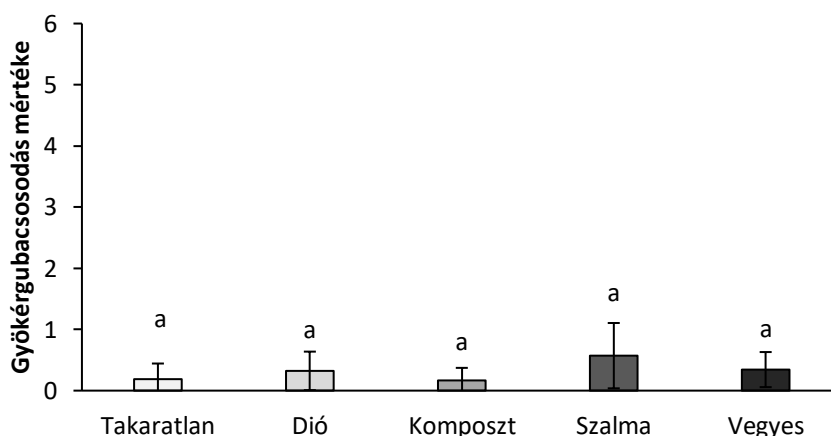
#### 4.2.2 Talajtakarás különböző takaróanyagok használatával, Gödöllő (2019)

A szalmával takart parcellák növényeiről átlagosan 193,2 g termés mennyiséget takarítottam be, mely nem tért el szignifikáns mértékben el sem a takaratlan parcellák ( $p = 1,000$ ), sem a vegyesavarral takart parcellák átlagtermésétől ( $p = 0,256$ ). A tisztán dióavarral takart parcellák átlagterméseinek mennyisége egyedül a szalmatakarástól tért el szignifikánsan ( $p = 0,026$ ). A komposzt takarás hatására a termés mennyisége a takaratlan ( $p = 0,002$ ), a szalmával ( $p = 3,577 \cdot 10^{-5}$ ), illetve a vegyesavarral takart ( $p = 0,042$ ) parcellák hozamához képest szignifikánsan nagyobb volt (**21. ábra**).



**21. ábra** Átlagos termésmennyiség (g/tő ± CI 95%) alakulása a különböző talajtakaróanyagok függvényében (Gödöllő, 2019) (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum; Tukey-féle post hoc teszt, az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)

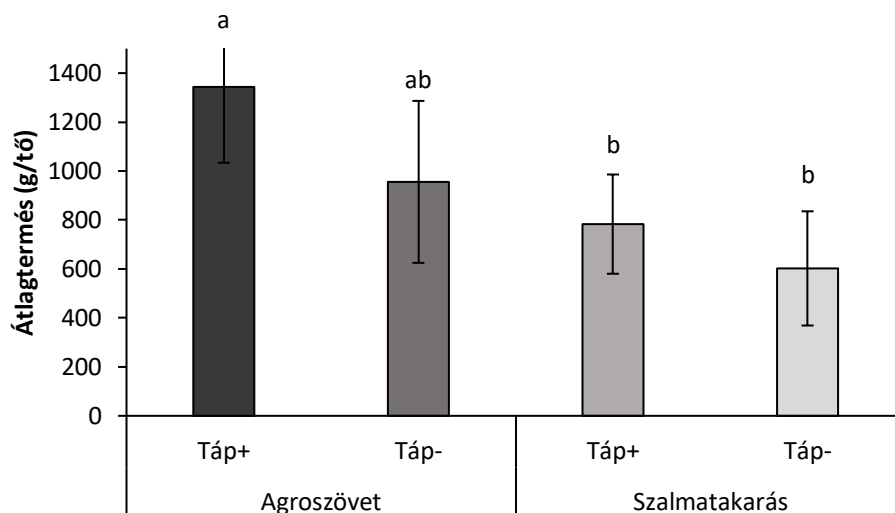
A mesterséges *M. incognita*-fertőzés tekintetében a Mukhtar-skála érték alapján a gyökérvártétel mértéke igen alacsony volt, továbbá nem volt különbség a talajtakaróanyagok hatásai között (22. ábra).



**22. ábra** A mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés okozta gyökérvártétel alakulása (átlag ± CI 95%) a Mukhtar-skála értékei (0–10) alapján a különböző talajtakarási kezelések függvényében (Gödöllő, 2019) (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum; betűjelek: Tukey-féle post hoc teszt, az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)

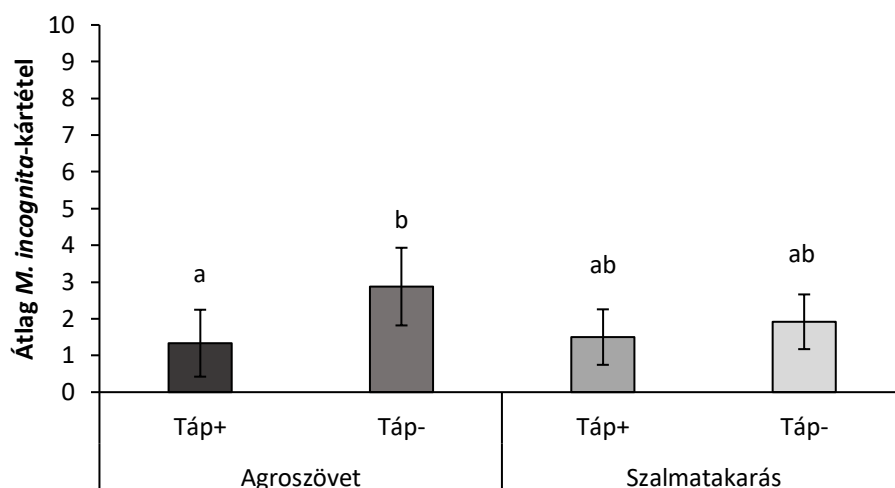
#### 4.2.3 Talajtakarás szalma és agroszövet használatával, Szolnok (2019)

Az átlagos termésmennyiség tekintetében csökkenő tendencia mutatkozott. Az agroszövet és a tápanyag-utánpótlás kezeléskombináció szignifikánsan magasabb átlagtermést biztosított, mint a szalmatakarás tápanyag-utánpótlással ( $p = 0,026$ ) vagy anélkül ( $p = 0,002$ ) (23. ábra).



**23. ábra** Átlagos termésmennyiség (g/t  $\pm$  CI 95%) alakulása a különböző talajtakaróanyagok és tápanyag-utánpótlás függvényében (Szolnok, 2019) (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum; betűjelek: Tukey-féle post hoc teszt, az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)

A *M. incognita* kártétele az agroszövettel takart, tápanyagután-pótlásban nem részesülő növények gyökérzetén volt a legerősebb, ami szignifikánsan magasabb volt ( $p = 0,043$ ), mint az agroszövetes, tápanyag-utánpótlásban részesült növényeken regisztrált kártételi érték. A szalmatakaráson belül a tápanyag-utánpótlás nem volt befolyásoló tényező ( $p = 0,389$ ), továbbá a szalmatakart kezelések nem különböztek az agroszövet-takarás kezeléseitől sem (24. ábra).



**24. ábra** A mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés okozta gyökérkártétel alakulása (átlag  $\pm$  CI 95%) a Zeck-skála értékei (0–10) alapján a különböző talajtakaróanyagok és tápanyag-utánpótlás függvényében (Szolnok, 2019) (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum; betűjelek: Mann-Whitney U teszt, az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)

### 4.3 Laboratóriumi kísérletek takaróanyag kivonatokkal

#### 4.3.1 Mortalitási tesztek

##### Neemavar-kivonat

A *H. bacteriophora* fajnál meredek emelkedés figyelhető meg: a 0,1%-os koncentráció nem okozott elhullást, azonban a 0,3%-os koncentráció közel 100%-os mortalitást eredményezett. A *S. carpocapsae* juvenilis egyedek esetében csak a 0,3%-os kezelés hatására alacsonyabb, míg a 0,6%-os és az 1%-os koncentráció magasabb mortalitást okozott. A *S. feltiae* esetében enyhe, de fokozatos mortalitás-növekedés tapasztalható, azonban nem volt szignifikáns különbség a kontroll, a 0,1% és a 0,3% kezelések között: a legmagasabb érték 19,4% volt. Ellenben a 0,6-os és az 1%-os koncentrációk 70,5% és 90,8% közötti mortalitást mutattak. A 0,1%-os koncentráció semmilyen hatással nem volt a *S. kraussei* egyedeinek túlélésére, azonban a 0,3%-os kivonat 46,5%-os mortalitást okozott, továbbá 95%-os és 100%-os mortalitást figyelhető meg a magasabb (0,6 és 1%-os) koncentrációkban. A 0,3%-os kivonat nem volt negatív hatással a *Ph. hermaphrodita*-juvenilis egyedekre, csak a magasabb koncentrációknál (0,6 és 1%-os) volt megfigyelhető letális hatás (85 és 95%) (17. táblázat).

A *M. incognita* esetében a 0,1%-os koncentráció hatására viszonylag alacsony (34,3%) mortalitási érték volt megfigyelhető a 0,3% kezeléshez képest (96,1%). Ugyanakkor magasabb koncentrációk (0,5 és 1%) ennél a fajnál is teljes mortalitást okoztak (17. táblázat).

**17. táblázat A neemavarkivonat különböző koncentrációinak hatása entomopatogén és csigaparazita fonálféreg-fajok, valamint *Meloidogyne incognita* J<sub>2</sub>-es juvenilis alakok százalékos mortalitására (átlag ± CI 95%) 24 óra expozíciós idő elteltével (ANOVA, Tukey-féle post hoc teszt (a *S. feltiae* fajnál), Mann–Whitney U teszt (a többi faj esetében); CI 95%: konfidencia-intervallum; az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)**

| Koncentrációk (%)        | Mortalitás (%) |               |               |               |               |
|--------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                          | 0              | 0,1           | 0,3           | 0,5*/0,6      | 1             |
| Fajok                    |                |               |               |               |               |
| <i>H. bacteriophora</i>  | 0 ± 0 a        | 0 ± 0 a       | 97,5 ± 4,9 b  | 100 ± 0 b     | 100 ± 0 b     |
| <i>S. carpocapsae</i>    | 0 ± 0 a        | 2,1 ± 4,1 a   | 13,8 ± 11,4 b | 80,4 ± 18,9 c | 79,6 ± 13,9 c |
| <i>S. feltiae</i>        | 7,3 ± 5,6 a    | 10,5 ± 10,2 a | 19,4 ± 8,6 a  | 70,5 ± 24,5 b | 90,8 ± 9,2 b  |
| <i>S. kraussei</i>       | 5 ± 9,8 a      | 0 ± 0 a       | 46,5 ± 9,5 b  | 95 ± 9,8 c    | 100 ± 0 c     |
| <i>Ph. hermaphrodita</i> | 0 ± 0 a        | 14,2 ± 14,2 b | 37,9 ± 26,2 b | 85 ± 19,3 c   | 95 ± 9,8 c    |
| <i>M. incognita</i> *    | 0 ± 0 a        | 34,3 ± 20 a   | 96,1 ± 5 b    | 100 ± 0 b     | 100 ± 0 b     |

#### A szabadföldi kísérletben alkalmazott takaróanyagok kivonatai

A 0,1 és 0,5%-os dióavar-kivonatok maximum 5%-os mortalitást idéztek a vizsgált entomopatogén és csigaparazita fonálféreg fajoknál. Azonban az 1%-os dióavar kivonatra már eltérően reagáltak a fajok: a *S. feltiae* 72,5%-a, a *S. carpocapsae* 83,3%-a, a *Ph. hermaphrodita* 93,8%-a, míg a *H. bacteriophora* és a *S. kraussei* egyedek 100%-a elpusztult. Az 5%-os dióavar-kivonat viszont mind az öt fajnál 100%-os mortalitást okozott.

A juharavar-kivonat alacsonyabb koncentrációinak (0,1 és 0,5%) letális hatása 10% alatti mértékű volt minden zoofág faj esetében. Az 1%-os juharavar-kivonat a *S. carpocapsae* faj lárváinál érte el a legalacsonyabb (12,6%), míg a *Ph. hermaphrodita* esetében a legmagasabb (41,7%) mortalitási értéket. A juharavar 5%-os kivonatának tesztelése során a *S. carpocapsae* bizonyult a legkevésbé érzékenynek: a juvenilis egyedek 35%-a pusztult el, szemben a többi fajjal, melyeknél a kivonat 100%-os hatást ért el (18. táblázat).

A komposzt-kivonatok vizsgálata során egy juvenilis egyed sem pusztult el a *H. bacteriophora* és a *Ph. hermaphrodita* fajok esetében. A három *Steinernema* faj mortalitási értékei 0 és 14,6% között maradtak (18. táblázat).

Minden avar- (dió, tölgy, platán, juhar) és szalmakivonat 5 %-os koncentrációja 100 %-os mortalitást váltott ki a *M. incognita* juvenilis egyedeken 24 óra elteltével. Az 1 %-os koncentrációk esetében azonban a platánavar csupán 29,6 %-os, a szalma pedig 8,3%-os letális hatást okozott, míg a többi avarkivonat 100 %-ot ért el. A juvenilis egyedek a komposztkivonatra voltak a legkevésbé érzékenyek: a legtöményebb koncentrációnál (5 %) is mindössze az állatok 22,4 %-a pusztult el (**18. táblázat**).

**18. táblázat A dióavar-, a juharavar- és a komposztkivonat különböző koncentrációinak hatása entomopatogén és csigaparazita fonálféreg-fajok, valamint *Meloidogyne incognita* J<sub>2</sub>-es juvenilis alakok százalékos mortalitására (átlag ± CI 95%) 24 óra expozíciós idő elteltével** (ANOVA, Tukey-féle post hoc teszt (a *S. carpocapsae* fajnál a juharavar-kivonat esetében), Mann–Whitney U teszt (a többi faj és kivonat esetében); CI 95%: konfidencia-intervallum; az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)

| Koncentrációk (%)        | Mortalitás (%)     |                |               |               |              |
|--------------------------|--------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|
|                          | 0                  | 0,1            | 0,5           | 1             | 5            |
| Fajok                    | Dióavar-kivonat    |                |               |               |              |
| <i>H. bacteriophora</i>  | 0 ± 0 a            | 0 ± 0 a        | 0 ± 0 a       | 100 ± 0 b     | 100 ± 0 b    |
| <i>S. carpocapsae</i>    | 16,7 ± 10,8 a      | 2,5 ± 4,9 a    | 3,6 ± 7 a     | 83,3 ± 23,1 b | 100 ± 0 b    |
| <i>S. feltiae</i>        | 14,7 ± 7,5 a       | 5 ± 9,8 a      | 3,6 ± 7 a     | 72,5 ± 10,8 b | 100 ± 0 b    |
| <i>S. kraussei</i>       | 3,7 ± 4,7 a        | 0 ± 0 a        | 0 ± 0 a       | 100 ± 0 b     | 100 ± 0 b    |
| <i>Ph. hermaphrodita</i> | 3,1 ± 6,1 a        | 0 ± 0 a        | 0 ± 0 a       | 93,8 ± 12,3 b | 100 ± 0 b    |
| <i>M. incognita</i>      | 6,3 ± 12,3 a       | 30,2 ± 7,3 ab  | 15 ± 15 b     | 100 ± 0 c     | 100 ± 0 c    |
|                          | Juharavar-kivonat  |                |               |               |              |
| <i>H. bacteriophora</i>  | 0 ± 0 a            | 0 ± 0 a        | 0 ± 0 a       | 20 ± 16 b     | 100 ± 0 c    |
| <i>S. carpocapsae</i>    | 16,7 ± 10,8 ab     | 8,3 ± 9,4 a    | 5,1 ± 6 a     | 12,6 ± 2,9 ab | 34,6 ± 7 b   |
| <i>S. feltiae</i>        | 14,7 ± 7,5 a       | 0 ± 0 b        | 7,7 ± 8,8 ab  | 21,5 ± 8,5 a  | 100 ± 0 c    |
| <i>S. kraussei</i>       | 3,7 ± 4,7 a        | 3,6 ± 7 a      | 8,3 ± 9,4 a   | 35 ± 9,8 b    | 100 ± 0 c    |
| <i>Ph. hermaphrodita</i> | 3,1 ± 6,1 a        | 0 ± 0 a        | 0 ± 0 a       | 41,7 ± 49 b   | 100 ± 0 b    |
| <i>M. incognita</i>      | 5 ± 9,8 a          | 19,6 ± 13,9 ab | 36,3 ± 9,2 b  | 100 ± 0 c     | 100 ± 0 c    |
|                          | Komposztkivonat    |                |               |               |              |
| <i>H. bacteriophora</i>  | 0 ± 0 a            | 0 ± 0 a        | 0 ± 0 a       | 0 ± 0 a       | 0 ± 0 a      |
| <i>S. carpocapsae</i>    | 16,7 ± 10,8 a      | 14,6 ± 16,8 a  | 4,2 ± 8,2 a   | 0 ± 0 a       | 0 ± 0 a      |
| <i>S. feltiae</i>        | 14,7 ± 7,5 a       | 0 ± 0 b        | 7,1 ± 8,1 ab  | 7,7 ± 8,8 ab  | 0 ± 0 b      |
| <i>S. kraussei</i>       | 3,7 ± 4,7 a        | 0 ± 0 a        | 0 ± 0 a       | 0 ± 0 a       | 4,2 ± 8,2 a  |
| <i>Ph. hermaphrodita</i> | 3,1 ± 6,1 a        | 0 ± 0 a        | 0 ± 0 a       | 0 ± 0 a       | 0 ± 0 a      |
| <i>M. incognita</i>      | 6,3 ± 12,3 a       | 0 ± 0 ab       | 2,8 ± 5,4 ab  | 11,1 ± 7,7 ab | 22,4 ± 7,2 b |
|                          | Platánavar-kivonat |                |               |               |              |
| <i>M. incognita</i>      | 5 ± 9,8 a          | 26,9 ± 12,8 ab | 22,9 ± 15,5 b | 29,6 ± 13,9 b | 100 ± 0 c    |
|                          | Szalmakivonat      |                |               |               |              |
| <i>M. incognita</i>      | 1,8 ± 3,5 a        | 0 ± 0 a        | 2,8 ± 5,4 a   | 8,3 ± 9,4 a   | 100 ± 0 b    |
|                          | Tölgyavar-kivonat  |                |               |               |              |
| <i>M. incognita</i>      | 5 ± 9,8 a          | 29 ± 20,8 ab   | 39,2 ± 17,4 b | 100 ± 0 c     | 100 ± 0 c    |

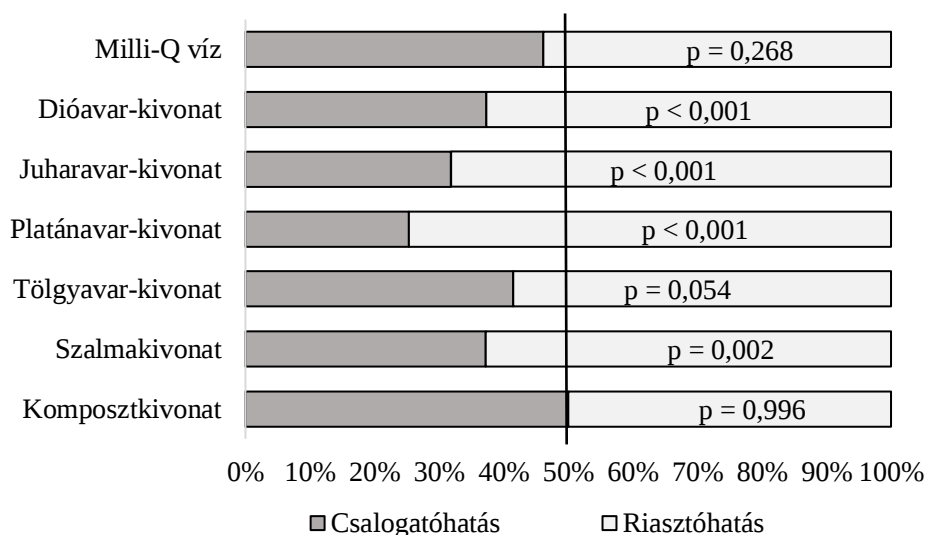
A 0,78%-os dióavar-kivonat koncentráció nem okozott elhullást a vizsgált *Ph. hermaphrodita* egyedeknél. A 3,125%-os, illetve 25%-os koncentrációk esetén 100%-os mortalitást váltott ki a friss dióavar-kivonat, illetve a többi koncentráció is átlagosan 80%-ot meghaladó elhullást eredményezett. A *M. incognita* juvenilis egyedek esetében a 0,78%-os koncentráció 79,2%-ot meghaladó, a többi koncentráció pedig 100%-os pusztulást okozott (19. táblázat).

**19. táblázat A dióavar-kivonat további koncentrációinak hatása *Phasmarhabditis hermaphrodita* és *Meloidogyne incognita* J<sub>2</sub>-es juvenilis alakok százalékos mortalitására (átlag ± CI 95 %) 24 óra expozíciós idő elteltével (ANOVA, Mann–Whitney U teszt; CI 95 %: konfidencia-intervallum; az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)**

| Fajok             | Mortalitás (%)           |                     |
|-------------------|--------------------------|---------------------|
|                   | <i>Ph. hermaphrodita</i> | <i>M. incognita</i> |
| Koncentrációk (%) |                          |                     |
| 0                 | 0 ± 0 a                  | 0 ± 0 a             |
| 0,78              | 0 ± 0 a                  | 79,2 ± 40,1 b       |
| 1,56              | 82,3 ± 2,7 b             | 100 ± 0 b           |
| 3,125             | 100 ± 0 c                | 100 ± 0 b           |
| 6,25              | 80 ± 27,7 bc             | 100 ± 0 b           |
| 12,5              | 85 ± 18,8 bc             | 100 ± 0 b           |
| 25                | 100 ± 0 c                | 100 ± 0 b           |

#### 4.3.2 Területválasztási vizsgálat

A *M. incognita* juvenilis egyedek területválasztási preferenciavizsgálata során közel azonos százalékban (46%–54%) választották a Milli-Q vizes kontroll két tételét, valamint nem tettek különbséget a komposztkivonat és a Milli-Q víz kezeléspárok (50%–50%) között. Az avar kivonatok jelenléte azonban riasztotta őket: a dióavart 63%-os, a juharavart 68%-os, a platánavart 75%-os, a tölgyavart 59%-os, valamint a szalmakivonatot 63%-os arányban kerülték el a kijuttatott juvenilis egyedek (25. ábra).



**25. ábra *Meloidogyne incognita* J<sub>2</sub>-es juvenilis alakok területválasztásának százalékos aránya a felkínált kezeléspárok (takaróanyag kezelések – Milli-Q víz kontroll) függvényében (Welch-teszt;  $p \leq 0,05$ )**

#### 4.3.3 Tannin- és pH-értékek

A kísérletekben alkalmazott kivonatok közül a juharavar tannintartalma volt a legmagasabb, majd a tölgyavar, a platánavar, a dióavar, végül a szalma kivonata következett. A komposztkivonatból nem sikerült tannintartalmat mérni (20. táblázat).

**20. táblázat A vizsgált takaróanyag-kivonatok különböző koncentrációinak tannintartalma** (Jelmagyarázat: n.d.: nem detektálható)

| Koncentrációk (%) | Tannintartalom (%) |         |         |        |          |
|-------------------|--------------------|---------|---------|--------|----------|
|                   | 0                  | 0,1     | 0,5     | 1      | 5        |
| Kivonatok         |                    |         |         |        |          |
| Dióavar           | n.d.               | 0,0008  | 0,004   | 0,008  | 0,04     |
| Juharavar         | n.d.               | 0,00521 | 0,02605 | 0,0521 | 0,260500 |
| Platánavar        | n.d.               | 0,00209 | 0,01045 | 0,0209 | 0,104500 |
| Tölgyavar         | n.d.               | 0,00241 | 0,01205 | 0,0241 | 0,12     |
| Szalma            | n.d.               | 0,00002 | 0,0001  | 0,0002 | 0,0010   |
| Komposzt          | n.d.               | n.d.    | n.d.    | n.d.   | n.d.     |

A vizsgált kivonatok 5%-os koncentrációinak kémhatása – a komposztkivonatok kivételével – az enyhén savas kategóriába esett. Ezen belül is a legsavasabb értéket a juharavar-,

majd a tölgyavar-, a platánavar-, a dióavar-, végül a szalmakivonat adta. A komposztkivonat 7,79 pH-értékkel az enyhén lúgos kategóriába került (**21. táblázat**).

**21. táblázat A vizsgált takaróanyag-kivonatok különböző koncentrációinak kémhatása (átlag  $\pm$  CI 95%) (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia intervallum)**

| Koncentrációk (%) | pH-érték        |                 |                 |                 |                 |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                   | 0               | 0,1             | 0,5             | 1               | 5               |
| Kivonatok         |                 |                 |                 |                 |                 |
| Dióavar           | 7,02 $\pm$ 0,04 | 6,3 $\pm$ 0,01  | 6,63 $\pm$ 0,03 | 6,68 $\pm$ 0,03 | 6,21 $\pm$ 0,04 |
| Juharavar         | 7,02 $\pm$ 0,04 | 5,33 $\pm$ 0,01 | 4,81 $\pm$ 0,02 | 4,78 $\pm$ 0,03 | 4,43 $\pm$ 0,03 |
| Platánavar        | 7,02 $\pm$ 0,04 | 6,42 $\pm$ 0,01 | 6,09 $\pm$ 0,03 | 5,36 $\pm$ 0,03 | 5,12 $\pm$ 0,02 |
| Tölgyavar         | 7,02 $\pm$ 0,04 | 5,95 $\pm$ 0,01 | 5,42 $\pm$ 0,02 | 5,23 $\pm$ 0,03 | 4,99 $\pm$ 0,03 |
| Szalma            | 7,02 $\pm$ 0,04 | 6,37 $\pm$ 0,02 | 6,41 $\pm$ 0,04 | 6,44 $\pm$ 0,01 | 6,46 $\pm$ 0,03 |
| Komposzt          | 7,02 $\pm$ 0,04 | 6,9 $\pm$ 0,01  | 7,29 $\pm$ 0,03 | 7,57 $\pm$ 0,03 | 7,79 $\pm$ 0,06 |

Tovább vizsgálva a mért paramétereket megállapítható, hogy a kivonatok többségénél nem volt hatása sem a kivonatok pH-érték, sem azok tannintartalmának a *M. incognita* juvenilis egyedek mortalitására. A komposztkivonatnál a pH szignifikánsan befolyásolhatta ( $p = 0,009$ ) a juvenilis egyedek mortalitását. Emellett a platánavar-kivonat esetében figyelhető meg a pH hatása a juvenilis egyedek mortalitására ( $p = 0,020$ ), illetve a szalmakivonat tannintartalma befolyásolta a juvenilis egyedek mortalitását ( $p = 0,0016$ ). A vizsgált kivonatok esetében nem volt összefüggés a tannintartalom és a kémhatás között (**22. táblázat**).

**22. táblázat A vizsgált takaróanyag-kivonatok kémhatásának, tannintartalmának és a *Meloidogyne incognita* J<sub>2</sub>-es juvenilis alakok százalékos mortalitásának összefüggés vizsgálata (Jelmagyarázat: n.a.: nincs adat)**

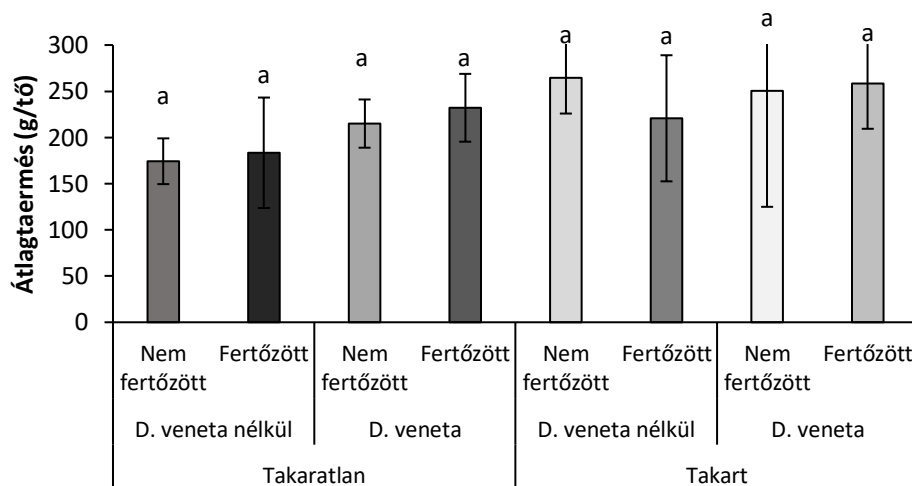
| Kivonatok  | pH/Mortalitás% | Tannin%/Mortalitás% | Tannin%/pH |
|------------|----------------|---------------------|------------|
| Dióavar    | 0,422          | 0,122               | 0,266      |
| Juharavar  | 0,177          | 0,280               | 0,433      |
| Platánavar | <b>0,020</b>   | 0,0800              | 0,2491     |
| Tölgyavar  | 0,089          | 0,2833              | 0,3878     |
| Szalma     | 0,784          | <b>0,0016</b>       | 0,8057     |
| Komposzt   | <b>0,009</b>   | n.a.                | n.a.       |

## 4.4 Tenyészedényes és laboratóriumi kísérletek komposztlakó élőlényekkel

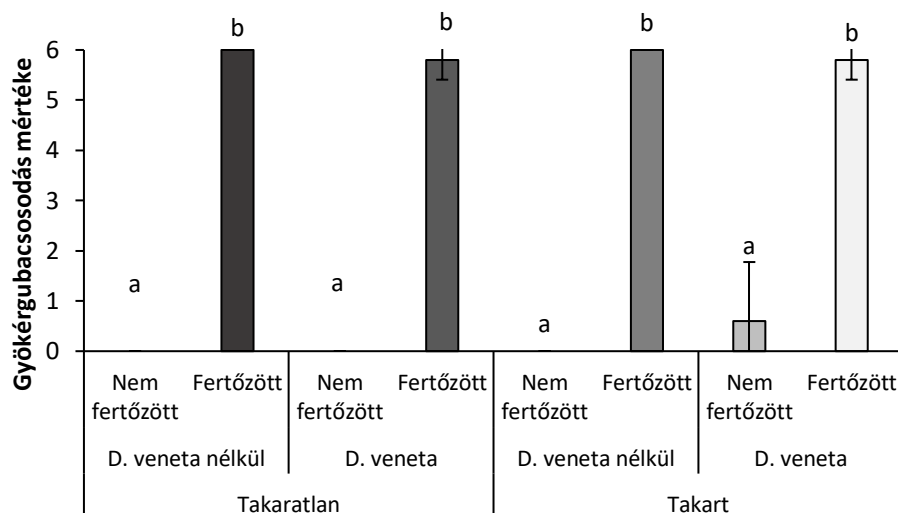
### 4.4.1 Szuppresszivitás-vizsgálat

#### Trágyagiliszta vizsgálata

A tenyészedényes paradicsomkísérlet esetében megállapítható, hogy sem a talajtakarás, sem a *D. veneta* egyedek betelepítése, továbbá ezek kombinációi nem befolyásolták sem a paradicsomnövények termésmennyiségét (26. ábra), sem a mesterséges *M. incognita*-fertőzés okozta kártétel mértékét (27. ábra).



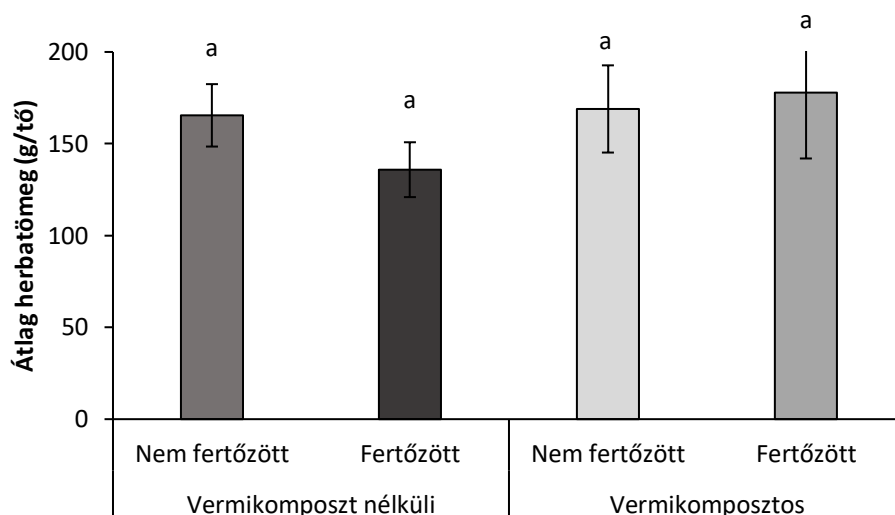
26. ábra Átlagos termésmennyiség (g/tő  $\pm$  CI 95%) alakulása a talajtakarás, a *Dendrobaena veneta* egyedek mesterséges hozzáadása és a mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés függvényében (Gödöllő, 2017) (CI 95%: konfidencia-intervallum; Mann-Whitney post hoc teszt, az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)



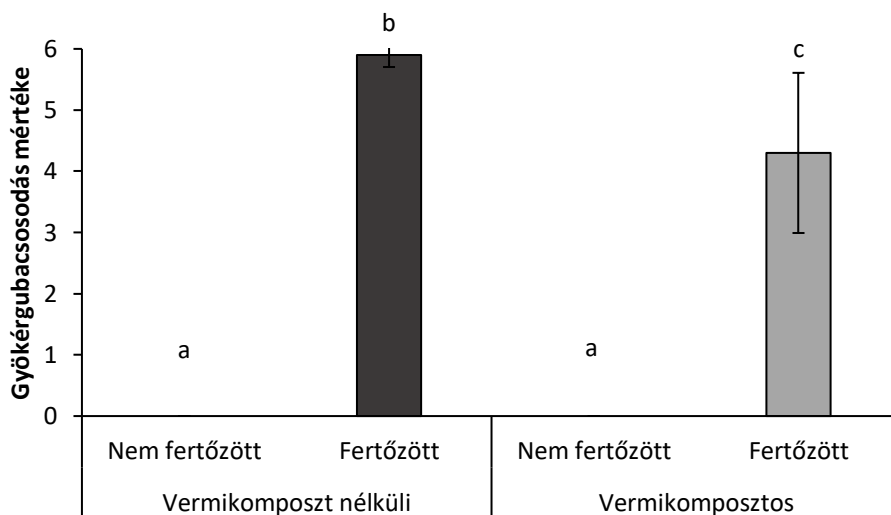
**27. ábra A mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés alakulása (átlag  $\pm$  CI 95%) a Mukhtar-skála (0-6) értékei alapján, a talajtakarás és a mesterséges *Dendrobaena veneta* egyedek hozzáadásának függvényében (Gödöllő, 2017) (CI 95%: konfidencia-intervallum; Mann-Whitney post hoc teszt, az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)**

### Vermikomposzt vizsgálata

A bazsalikom herbatömege esetében nem volt szignifikáns eltérés sem a komposztkezelés, sem a mesterséges fertőzés tekintetében (**28. ábra**). A mesterségesen nem fertőzött növényeken nem tapasztaltam kártételt. A vermikomposzt nélküli, csak virágföldbe ültetett és fertőzött növényeken a kártétel értéke azonban szignifikánsan magasabb ( $p = 0,040$ ) volt, mint a vermikomposzt közegbe ültetett bazsalikommnövényeken (**29. ábra**).



**28. ábra A bazsalikomnövények herbatömege (átlag  $\pm$  CI 95%) a vermikomposzt-kezelés és a mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés függvényében** (Gödöllő, 2018) (CI 95%: konfidencia-intervallum; Mann-Whitney post hoc teszt, az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)

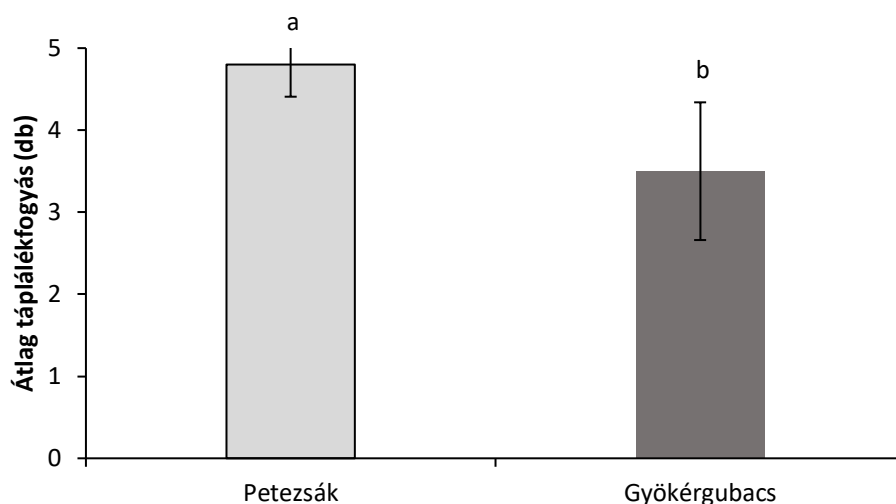


**29. ábra A mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés (átlag  $\pm$  CI 95%) alakulása a Mukhtar-skála (0–6) értékei alapján, a vermikomposzt-kezelés függvényében** (Gödöllő, 2018) (CI 95%: konfidencia-intervallum; Mann-Whitney U teszt, az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)

#### 4.4.2 Táplálékpreferencia

##### Petezsákfogyasztás

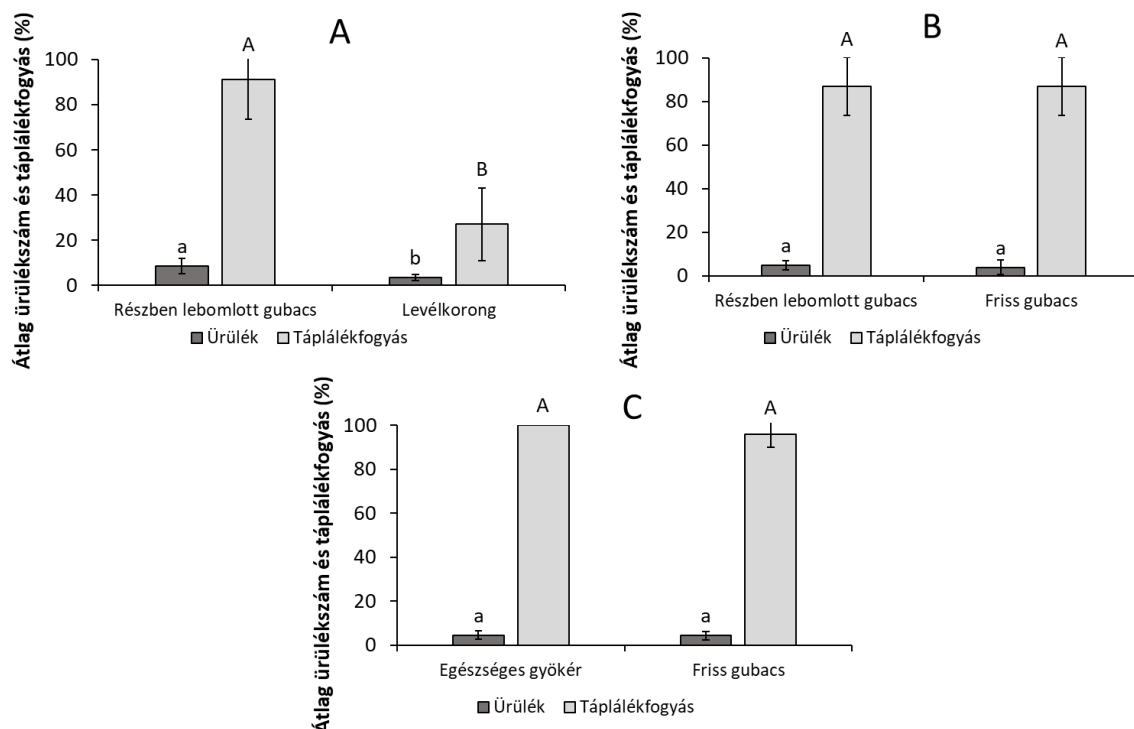
Az ászkarákok szignifikánsan ( $p = 0,009$ ) többször választották a petezsákot a gubacsos gyökérdarabhoz képest, mivel a rendelkezésükre álló 5-5 darabból 4,8 petezsák, illetve 3,5 gubacsos gyökérdarab fogyott el (30. ábra).



**30. ábra *Porcellio scaber* érdes pinceászka *Meloidogyne incognita* petezsák- és gubacsos uborkagyökér-fogyasztása (átlag  $\pm$  CI 95%).** (Jelmagyarázat: CI 95% konfidencia intervallum; Welch-teszt, az azonos betűjelek a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)

##### Táplálékválasztás

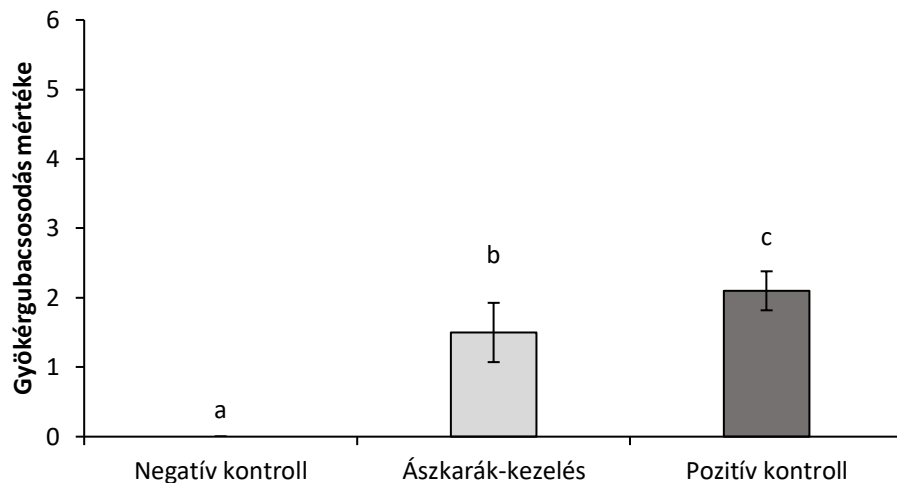
A táplálékválasztás-vizsgálatban a részben lebomlott gubacsos-gyökerek fogyasztása szignifikánsan nagyobb mértékű volt, mint a levélkorongoké ( $p = 0,037$ ). Ugyanez a tendencia a táplálékok körül található ürülék mennyiségében is megmutatkozott ( $p = 4,637 \cdot 10^{-4}$ ) (31. ábra/A). A *M. incognita* által fertőzött, részben lebomlott és friss uborkagyökerek fogyasztásában és a Petri-csészében számolt ászkaürülék mennyiségében nem volt lényeges eltérés ( $p = 1$  és  $p = 0,703$ ) (31. ábra/B). Megfigyelésünk szerint az ászkarákok azonos mértékben fogyasztották az egészséges és a friss, de *M. incognita* által fertőzött uborkagyökereket ( $p = 0,223$ ) is, ami az ürülékek mennyiségében is megmutatkozott ( $p = 0,889$ ) (31. ábra/C).



**31. ábra** *Porcellio scaber* érdes pinceászka-egyedek ürülékszám és táplálékfogyasztása (átlag  $\pm$  CI 95%) különböző táplálékpárok esetében (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum; az azonos betűjelek a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik; kisbetű: ürülékszám közötti különbség, nagybetű: táplálékfogyás közötti különbség)

#### 4.4.3 Lebontási kísérlet

A tenyészedényes kísérlet negatív kontroll növényein, melyek nem részesültek mesterséges fertőzésben, egyáltalán nem tapasztaltunk *M. incognita*-kártételt. A pozitív kontroll növények gyökerén a Mukhtar-skála szerinti 2,1 értékű fertőzést mértünk. Ezzel szemben azokon a gyökereken, amelyek az ászkárák által fogyasztott, gubacsos gyökerekkel kevert közegben fejlődtek, szignifikánsan alacsonyabb ( $p = 0,046$ ) fertőzési értéket észleltünk (32. ábra).



**32. ábra *Meloidogyne incognita*-kártétel alakulása (átlag ± CI 95%) a Mukhtar-skála (0–6) alapján uborkanövényeken, a következő kezelések függvényében: Negatív kontroll: gubacsos gyökér mentes, általános virágföld; Ászkarák-kezelés: előzetesen ászkarákok által fogyasztott gubacsos gyökér és közege; Pozitív kontroll: fertőzött, gubacsos gyökér és közege.** (Jelmagyarázat: CI 95%: konfidencia-intervallum; ANOVA, Tukey-féle post-hoc teszt; az azonos betűk a szignifikáns ( $p \leq 0,05$ ) különbség hiányát jelzik)

## 5. Következtetések és javaslatok

### 5.1 Szabadföldi talajtakarásos kísérletek

#### 5.1.1 Talajtakarás vegyesavar használatával, Gödöllő (2016–2019)

Az alkalmazott kezeléseket figyelembe véve, egyedül a talajtakarás növelte a termésmennyiséget. A mesterséges *M. incognita*-fertőzés nem volt negatív hatással a termésképzésre, sőt, 2018-ban látszólag stimuláló hatással volt a vizsgált paraméterre. Ebben az évben a szeptóriás fertőzés miatt nem lehetett értékelni a növények gyökérzetét, ezért nincs adat a tényleges fertőzöttségről. Emiatt nem lehet direkt összefüggésbe hozni a mesterséges fertőzést a terméseredményekkel. Azonban vannak szakirodalmak (Alam et al. 1990, Udo et al. 2008), illetve saját tapasztalat (Petrikovszki et al. 2018) is arról, hogy az enyhe fertőzés még akár pozitív hatással is lehet a vizsgált növényekre, például növénykárosítókkal szemben.

Számos publikáció számol be az öntözés termésnövelő hatásáról (Birhanu és Tilahun 2010, Helyes et al. 2012), azonban az ott leírtakkal ellentétben jelen kísérletben az öntözés nem befolyásolta a termés mennyiségét. A talajtakarás biztosította talajnedvesség elegendőnek bizonyult a növényeknek.

A tartamkísérletet a vegyes talajtakarás, az öntözés és a mikorrhizakezelés hatásának vizsgálatával kezdtem. A talaj nedvességtartalma, így az öntözés, nagyban befolyásolja a gyökérgubacs-fonálférgek életben maradását és fertőzőképességét. A *Meloidogyne triticroyae* fajjal végzett vizsgálatokban kimutatták, hogy a nyirkos talajban nagyobb a túlélési százalék, mint a légszáraz talaj esetén (Chandel et al. 2001). A talajvíz-potenciál ( $\Psi$ ) csökkenésével a peték és juvenilis egyedek túlélése is csökkenhet (Towson és Apt, 1983). A talaj vízkapacitásának csökkentésével a *M. javanica* kártétele, és petezsákjainak száma is csökken a gyökéren (Karajeh és Mohawesh, 2016; Mohawesh és Karajeh, 2015). Ezzel szemben jelen vizsgálatban az öntözés nem segítette a *M. incognita* juvenilis egyedek terjedését, életbenmaradását, felszaporodását.

Az arbuszkuláris mikorrhiza hatékonysága gombafajonként eltérő lehet. Elsen és mtsai (2002) kísérletében a *Glomus caledonium* és *Glomus macrocarpum* csökkentette a gubacsképződést, viszont a *Glomus mosseae* hatása erre a paraméterre nem volt szignifikáns. Más kutatások szerint viszont a *G. mosseae* rezisztenciát indukált a növényben (Vos et al. 2012b), valamint gátolta a juvenilis egyedek gyökérbe való bejutását (Vos et al. 2012a). A

*Glomus coronatum* fajjal végzett mikorrhiza-kezelés csökkentette a gubacsok számát a paradicsomnövények gyökérzetén (Diedhiou et al. 2003). Tartamkísérletem két éve alatt a mikorrhizakezelés, mely során egy több mikorrhizagomba faj keverékéből álló készítményt alkalmaztam, nem csökkentette a kártétel mértékét. Feltehető, hogy az egy időben történt fertőzés és kezelés során a mikorrhiza nem volt képes „előnyhöz jutni” és még azelőtt kialakítani egy szimbiotikus kapcsolatot a növényvel, mielőtt a gyökérkártévő *M. incongita* károsítani kezdte volna a növényt. Erre a jelenségre enged következtetni Talavera és mtsai (2001) eredménye is.

A mesterséges *M. incongita*-fertőzés okozta kártételt a vegyesavar talajtakarás volt képes visszaszorítani. A szerves talajtakarásnak igen komplex hatása van, mely befolyásolja a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait. Az első két évben igyekeztem összefüggéseket találni egyes talajparaméterek és a csökkent *M. incongita*-kártétel között. Annak ellenére, hogy a szakirodalmi források alapján a szervesanyag tartalom, a földigiliszták jelenléte, a mikorrhizáltság, illetve a talaj tömörödöttsége vagy épp nedvességtartalma befolyásolhatja a *Meloidogyne juvenilis* egyedek mozgását, túlélését és szaporodását, jelen kísérletben egyik tényezőt sem lehetett összefüggésbe hozni a tapasztalt jelenséggel. Egyedül a talajhőmérséklet esetében figyeltem meg szoros összefüggést. Feltételezhető, hogy a kiegyenlítettebb és alacsonyabb talajhőmérséklet nem teremtett megfelelő körülményeket a kártevő faj számára.

A szabadonélő, nem ragadozó fonálférgek denzitása igen erősen ingadozott az évek során a takaratlan területeken, az évjáráthatás erősen kiütközött. Többnyire r-stratégista életmódú fonálférgek (úgy, mint a Cephalobidae családba tartozó baktériumevő fajok) domináltak ezekben a mintákban, melyek gyorsabban képesek alkalmazkodni a környezeti változásokhoz. Ezzel ellentétben, a K-stratégista életmódot folytató ragadozó fonálférgek nem képesek ilyen szintű adaptációra, ezért a takaratlan parcellákban végig alacsony maradt az egyedszámuk (Bongers 1990, Khan és Kim 2007). A talajtakarás hatására azonban a nem ragadozó fonálférgek egyedszáma kiegyensúlyozott volt az évek során.

A tartamkísérlet kezdetén nem volt különbség a ragadozó fonálférgek egyedszámában a takarást tekintve, azonban a 2019-re szignifikánsan megnőtt a számuk a takart parcellákban. Az, hogy a takart területeket a kézi gyomláláson kívül semmilyen talajbolygatás nem érte, feltételezhetően hozzájárulhatott a ragadozó fonálférgek felszaporodásához, mely csoport kifejezetten érzékeny a bolygatásra, így a talajművelésre is (Yeates et al. 1998, Stubbs et al. 2004, Steel és Ferris 2016). Emellett a talajtakarás stabilabb ökológiai feltételeket képes biztosítani azáltal, hogy növeli a talaj nedvességtartalmát és kiegyensúlyozza a talaj hőmérsékletét (Sinkevičienė et al. 2009), ami kedvező feltételeket biztosíthat a K-stratégista

mononchidák számára. Arpin (1969, 1975) megállapította, hogy a mononchidák érzékenyebbek a talajnedvesség csökkentésére, mint a növénykártévő és a baktériumtevő fonálféreg.

Mivel a mesterségesen felszaporított és kijuttatott ragadozó fonálféreg populációk nem garantálnak megfelelő védelmet a növénykártévő fonálféreg elleni védekezésben (Small 1979), ezért fontos feladat a természetes ragadozó populációk felszaporodásának segítése. Amint Bilgrami és Brey (2005), munkájukban kihangsúlyozzák, hogy a szerves talajjavító anyagok és nitrogéntartalmú vegyületek kiemelkedő szerepet játszanak a ragadozó fonálféreg felszaporodásában. Továbbá megjegyzik, hogy a témában nem áll rendelkezésre elegendő információ. Mivel a szerves anyagok hozzáadása megváltoztatja a talaj tulajdonságait, ezáltal a megváltozott körülmények javíthatják a növények általános egészségi állapotát, vagy kedvező feltételeket hozhatnak létre és biztosíthatnak a természetes ellenségek populációi számára (Bilgrami és Brey 2005).

Eredményeim alapján a *P. punctatus* ragadozó fonálféreg számára előnyök voltak a mulcsozás feltételei. Ennek valószínűleg az az oka, hogy e faj nagyobb érzékenységet mutat a talajnedvesség vagy a talajhőmérséklet szélsőségei iránt, mivel csak mulcsozott parcellákon volt megtalálható, ahol az abiotikus körülmények kiegyensúlyozottabbak (Bilgrami 2008).

### **5.1.2 Talajtakarás különböző takaróanyagok használatával, Gödöllő (2019)**

A keletkezett termésmennyiség szempontjából a komposzttakarás volt a legkedvezőbb a paradicsom számára, míg a szalmatakarás a legkevésbé. A komposzt kiváló tápanyagforrás lehet, míg a nagy mennyiségű szalma pentozánhatást válthat ki (Döring et al. 2005, Harrison 2008). Emellett, a kötött talajon nagyon csúszóssá vált és rothadni kezdett, mivel nem eresztette át megfelelően a csapadékot. A takaróanyagok termésképzésre gyakorolt hatását Südiné Fehér és mtsai (2017) is vizsgálták burgonyában. Eredményeik alapján ugyanaz a sorrend alakult ki, mint a paradicsom esetében, vagyis a legkedvezőbb takaróanyag a komposzt, majd a vegyesavar, a dióavar, majd a szalma. A dióavar allelopatikus hatását nem tapasztaltam. Tirczka és mtsai (2015) igazolták, hogy a komposztálás során csökken a dióavar allelopatikus hatása fehér mustárra (*Sinapis alba*). Valószínűleg a helyben komposztálódás során csökkent a dióavarban a növénynövekedés szempontjából káros anyagok mennyisége. Mindezek mellett, ahogy Ercisli és mtsai (2005) javasolják, a dióavar felhasználása előtt érdemes meggyőződni az adott kultúrnövény fajának, fajtájának és fenológiai fázisának kompatibilitásáról.

A különböző takaróanyagok nem befolyásolták jelentősen a *M. incognita* kártételét, amellett, hogy maguk a kártételi értékek is igen alacsonyak voltak. Az alacsony fertőzöttségre

két magyarázat lehetséges. Az egyik, hogy magát a kísérleti területet jobban beárnyékolták a közeli fák, így alacsonyabb volt a területen hőmérséklet, ami már eleve nem kedvezett a melegkedvelő *M. incognita* faj felszaporodásának. A másik magyarázat a terület előéletében keresendő. Korábbi években a területen ugyanazokon a parcellákon ugyanazokat a takaróanyag kezeléseket alkalmazták, azonban antagonisták mikroorganizmusokat juttattak ki több éven keresztül (Südiné Fehér et al. 2019). Elképzelhető, hogy az alkalmazott *Trichoderma* és *Metarhizium* gombák, melyek rendelkeznek nematocid hatással (Leguizamón-Caycedo és Padilla-H 2001, Chen és Dickson 2004, Spiegel et al. 2005, 2007, Sharon et al. 2011, Ghayedí és Abdollahi 2013), felszaporodtak és visszaszorították a *M. incognita* kártételét. Másik felvetés az alacsony kártételi értékekre az intenzív mezőgazdaságra jellemző eljárások (például műtrágya és kémiai növényvédő szerek) hiánya. Ezek ugyanis képesek csökkenteni a talaj mikrobiomjának diverzitását, ami a szuppresszivitás csökkenéséhez is vezethet (Lupatini et al. 2017, Banerjee et al. 2019, Bai et al. 2020).

### **5.1.3 Talajtakarás szalma és agroszövet használatával, Szolnok (2019)**

A termésmennyiség szempontjából az agroszövetes talajtakarás hatása erősebb volt, mint a szalmatakarásé. Azonban ez a különbség csak akkor mutatkozott meg, amikor tápanyag-utánpótlást is alkalmaztam.

Az agroszövet tápanyag-utánpótlással kombinálva csökkentette leginkább a *M. incognita* kártételének mértékét. A szalmával takart parcellák esetében nem volt ilyen különbség a tápanyag függvényében. Valószínűleg a szalmából bomló szervesanyag már önmagában elegendő volt a *M. incognita* visszaszorítására. Egyes régiókban, például Egyiptomban, előszeretettel alkalmaznak fólia-, illetve agroszövetet talajfertőtlenítésre. Ez az eljárás fizikai, kémiai és biológiai hatásmechanizmusok ötvözte. Az erős besugárzás és a magas hőmérséklet következtében a fóliával takart területen megváltozik a gyökérszóna mikroklimája (El-Shami et al. 1990, Ogwulumba és Ugwuoke 2011). A takarásnak köszönhetően a hő tartósan megmarad a gyökérszónában, ami letális vagy riasztó lehet az aktívan mozgó kártevő fonálférgek számára. Ezáltal képes csökkenteni a juvenilis egyedek és a megjelenő gubacsok mennyiségét (Ogwulumba és Ugwuoke 2011, Aminu-Taiwo et al. 2014).

Habár a fokhagymakivonat nematocid hatása is ismeretes (El-Nagdi és Youssef 2013), jelen kísérletben ez nem mutatkozott. Feltételezhető, hogy a kivonat mennyisége és kijuttatásának gyakorisága, valamint annak a módja nem volt megfelelő.

## 5.2 Laboratóriumi kísérletek takaróanyag kivonatokkal

### 5.2.1 Mortalitási tesztek

#### Neemavar-kivonat

A neemavar-kivonattal végzett mortalitási vizsgálat esetében az entomopatogén és csigaparazita fonálféreg fajok között eltérő érzékenységet tapasztaltam. Hasonló jelenséget figyeltek meg ezen fajok fungicidekre adott válaszreakciója során (Laznik et al. 2012). Az eredmények alapján a *H. bacteriophora* faj a legérzékenyebb a vizsgált fajok közül, ami összhangban van egy korábbi kutatás eredményével (Abdel-Razek és Gowen 2002).

A *M. incognita* faj esetében észlelt letális hatást több kutató is igazolta korábban (Agbenin et al. 2005, Abo-Elyousr et al. 2010). Javed és mtsai (2008) eredményeivel ellentétben, 34–100% között mozgott a juvenilis egyedek mortalitási százaléka a vizes kivonatok esetében. Ez valószínűleg arra vezethető vissza, hogy az adott kivonatokban, illetve növényi részekben eltérő arányban lehetnek jelen azok a vízzoldható kémiai vegyületek és hatóanyagok, amelyek egyedül vagy szinergizmusban fejtik ki a hatásukat (Nile et al. 2017). Ilyen hatóanyag lehet az azadirachtin mellett a nimbin és a salannin, melyek szintén nematocid hatással rendelkeznek (Mojumder et al. 2002). Mivel nem végeztem hatóanyag-összetételvizsgálatot a neemavar-kivonat esetében, ezért nem lehet megállapítani, hogy melyik hatóanyag, vagy hatóanyagok okozhattak mortalitást a vizsgált fajoknál, azonban Qamar és mtsai (1989) szerint a kaempro és myricetin vegyületek felelősek a neemlevél kivonatok nematocid hatásáért.

#### A szabadföldi kísérletben alkalmazott takaróanyagok kivonatai

A szerves talajtakaróanyagokból kioldódó kémiai vegyületek toxikus hatással lehetnek kártevő (*M. hispanica*) és nem célszervezet (például a *Caenorhabditis elegans* modellszervezet) fonálférgekre egyaránt (Maleita et al. 2017, Wang et al. 2017). A dióavar-kivonat igen magas letális hatását magam is tapasztaltam. Az egyik magyarázat erre az lehet, hogy a gyűjtött avar frissen lehullott levelekből állt. A levelekben a juglon idővel lebomlik, és a mennyisége csökken a komposztálási folyamat során a talajban élő mikroorganizmusok aerob anyagcseréje következtében (Coder 1983, Ponder és Tadros 1985, Funt és Martin 2000). A juglon mellett a dióavar-kivonat számos egyéb allelopatikus hatással bíró hatóanyagot tartalmaz, melyek szintén rendelkezhetnek nematocid hatással (Kokalis-Burelle és Rodríguez-Kábana 2006, Soltys et al. 2013, Wang et al. 2014).

Az *Acer* fajok levélkivonatainak nematocid hatásáról eddig nincs tapasztalat, viszont a platánlevelű juhar (*A. platanooides*) fungicid és a cukorjuhar (*Acer saccharum*) antibakteriális hatását már lejegyezték (Dix 1974, Anderson 2005).

Az általam használt avarkivonatok nematocid hatását magyarázhatja, hogy mind a dióavar-, mind a juharavar-kivonat sötétebb volt a komposztkivonatnál. A kivonatok sötétebb színe a magasabb tannin és lignintartalommal magyarázható (Anderson 2005). A magas tannintartalmú növényi kivonatok pedig letálisak lehetnek például a *H. bacteriophora* fajra (Glazer et al. 2015).

A tesztelt komposztkivonat nem volt negatív hatással a vizsgált fajok életképességére. Ahogy egy korábbi tenyészedényes kísérletben megállapították, a különböző alapanyagból (kerti zöldhulladékból, faaprítékból és vermikomposztból) készült komposztok hordozóközegként alkalmasak lehetnek a *S. feltiae* faj esetében, mivel ezek a komposztok nincsenek toxikus hatással a fajra (Herren et al. 2018). Másrésről viszont bizonyos komposztok, köztük a konyhai és kerti vegyes szilárd hulladékból keletkezett komposzt a benne található szennyezőanyagok miatt ártalmas lehet különböző szervezetekre, mint például a kerti zsázsára (*Lepidium sativum*) és a trágyagilisztára (*Eisenia fetida*) (Pivato et al. 2016). Az alapanyaga mellett a komposzt érettségi foka is befolyásolhatja annak toxicitását (El Fels et al. 2016).

A kísérleteimben vizsgált fonálféreg fajok hasonlóképpen eltérő érzékenységgel reagáltak a kezelésekre, mint egy korábbi kísérletben, melyben különböző fungicidekkel kezelték entomopatogén fonálférgeket (Laznik et al. 2012), és az ott tapasztaltakhoz hasonlatosan a többi fajhoz képest a *S. carpocapsae* és a *S. feltiae* fajok bizonyultak kevésbé érzékenyeknek.

A *S. feltiae* faj esetében a juharavar-kivonatot vizsgálva az alacsonyabb koncentrációkban kisebbek voltak az elhullási százalékok, mint a kontrollban. Erre magyarázat lehet a hormézis jelensége, ami alapján bizonyos anyagok alacsony koncentrációban serkentőleg hatnak, míg magas dózisban már toxikus hatást gyakorolnak a tesztorganizmusra (Hofbrucker-MacKenzie et al. 2019).

A *M. incognita* fajnál már a legalacsonyabb alkalmazott dióavar-kivonat koncentráció (0,78%) is igen magas elhullást eredményezett. A kapott eredményeim hasonlóságot mutatnak Maleita és mtsai (2017) *M. hispanica* fajon végzett tesztek eredményeivel, mivel ők is jelentős mértékű mortalitást tapasztaltak. Fekrat és mtsai (2016) által *M. javanica* fajon végzett *in vitro* vizsgálatokban 72 órás kitettségre volt szükség a 20%-os friss, szárított diólevél-kivonat mellett a 100%-os mortalitás eléréséhez, bár a kisebb, 5%-os töménység szintén 72 óra alatt majdnem 80%-os mortalitást okozott.

A *Ph. hermaphrodita* esetében már az 1,56%-os friss dióavar koncentráció is letálisnak bizonyult. Azonban a legalacsonyabb, 0,78%-os koncentráció esetén egyáltalán nem volt tapasztalható elhullás, ami arra enged következtetni, hogy ennél a fajnál is nagyon szűk az a koncentrációtartomány, ahol dózis-hatás összefüggést lehet megállapítani.

A kertészeti zöldhulladékból keletkezett komposztkivonatnak nem volt egyértelmű letálíshatása a *M. incognita* juvenilis egyedekre. Hasonló eredményt tapasztaltak szabadföldi kísérlet esetén is (McSorley és Gallaher 1995).

A dióavar esetében a 100%-os elhullást csak 72 óra múlva tapasztalták *M. javanica* fajon (Fekrat et al. 2016), miközben az általam vizsgált *M. incognita* juvenilis egyedek 100%-a már 24 óra elteltével elpusztultak. Ennek két lehetséges magyarázata közül az egyik a vizsgált *Meloidogyne* fajok eltérő érzékenysége. A másik magyarázat pedig a dióavar eredete: amíg én lehullott dióavart alkalmaztam, addig Fekrat és mtsai (2016) közleményéből nem derül ki az általuk használt avar aktuális állapota.

Ellentétben a komposzttal, az avar- és a szalmakivonatok mindegyike tartalmaz tannint (Peng és Jay-Allemand 1991, Gessner és Chauvet 1994, Scutareanu és Lingeman 1994, Anderson 2005), ezért feltételezhető, hogy a komposztálási folyamatok során a tannin és más vegyületek jelentős részben lebomlanak, ezért nincs negatív hatásuk a fonálférgekre.

Vizsgálataimban az 1%-os szalma- és a dióavar-kivonatnak volt a legalacsonyabb tannintartalma (0,02, illetve 0,08%). A szalmakivonat esetében igen alacsony volt a mortalitás (8,3%), míg a dióavar-kivonatnál 100%-os. Ez azt jelenti, ahogy az összefüggésvizsgálat is rámutat, hogy nem a tannin, vagy nem egyedül ez a vegyület lehet a felelős a nematocid hatásért.

### 5.2.2 Területválasztási vizsgálat

A területválasztás eredményei összhangban vannak a mortalitási teszttel, vagyis a komposztkivonat nem befolyásolta a *M. incognita* juvenilis egyedek területválasztását. Az 5%-os kivonatok tannintartalma nem volt hatással a területválasztásra. Azonban Hewlett et al. (1997) tiszta tannint alkalmaztak, mely során a vegyület attraktáns hatását jegyezték fel *M. arenaria* és *M. incognita* fajok tesztelése során.

Wang et al. (2009) munkája alapján a 4.5–5.4 közötti kémhatás csalogató-hatással van a *Meloidogyne* fajok lárváira. Ellenben Rocha és mtsai (2017) munkája alapján a lúgos

kémhatás (pH 8) csalogató-, míg a savas (pH 5) riasztóhatással rendelkezik. Jelen összefüggés vizsgálat egyik eredményt sem támasztja alá.

### 5.3 Tenyészedényes és laboratóriumi kísérletek komposztlakó élőlényekkel

#### 5.3.1 Szuppresszivitás-vizsgálat

##### Trágyagiliszta vizsgálata

A kezelések közül sem a talajtakarás, sem a *D. veneta* gilisztafaj jelenléte nem csökkentette a gubacsosodás mértékét, ami eltérő eredmény a korábbi tapasztalatokhoz képest (Dionísio et al. 2014, Sunart 2015). Korábbi kutatások is változatos eredményekről számolnak be. Míg Dionísio és mtsai (2014) szerint az *Amyntas* spp. földgiliszta csökkentette a *Meloidogyne paranaensis* kártételének mértékét, addig Demetrio és munkatársai (2017) nem tapasztaltak ilyen hatást a *M. javanica* kártétele esetében. Lafont és mtsai (2007) megállapították, hogy a *Pontoscolex corethrurus* gilisztafaj nincs hatással a *Radopholus* sp. növénykártévő fonálféreg nem fejlődésére és terjedésére. Ezzel ellentétben az *Eisenia andrei* és *Lumbricus rubellus* földgilisztafajok csökkentették a növénykártévő fonálférgek egyedszámát (Ilieva és Makulec 2002, Dominguez et al. 2003).

A gyökérgubacsképző fonálférgek kártétele szempontjából a talajtípusoknak jelentős befolyásoló szerepe lehet, továbbá a talaj fizikai félesége a földgiliszta aktivitásának szempontjából is fontos befolyásoló tényező (Siddiqui és Mahmood 1998) Jelen kísérletben a talajtípusok szerepére nem tértem ki, a homok-virágföld keveréket elsősorban a gubacsos gyökerek egyszerűbb kimosása miatt alkalmaztam, mely során nem sérült a gyökérzet, ezáltal pontos képet kaptam annak fertőzöttségéről.

A 2017-es év nyarán meglehetősen meleg volt, ami miatt a fekete tenyészedények gyorsan felforrósodtak. Ezáltal a közeg is gyorsan átmelegedett, amin a talajtakarás nem tudott árnyékolni. Mivel a *M. incognita* melegigényes faj (Andrássy és Farkas 1988), számára kedvezők voltak ezek a körülmények, míg a *D. veneta* számára kevésbé.

##### Vermikomposzt

Egyes források szerint a vermikomposzt jótékony hatással van a bazsalikomnövények növekedésére és herbahozamára is (Reddy et al. 1996, Vedhera et al. 1998, Serfoji et al. 2010). Azonban jelen kísérletben ez a hatás nem mutatkozott meg egyértelműen.

A *D. veneta* var. *Compastor* giliszta komposzt hatására a *M. incognita* okozta gyökérkártétel mértéke csökkent, ami összhangban van korábbi eredményekkel. Az *Eisenia fetida* trágyagiliszta által létrehozott vermikomposzt szintén képes csökkenteni a *Meloidogyne*

fajok petéinek és lárváinak számát, továbbá a gubacsosodás mértékét (Rostami et al. 2014, Xiao et al. 2016).

### 5.3.2 Táplálékpreferencia

A petezsákok fogyasztása terén tapasztalt preferencia-különbség oka azzal magyarázható, hogy a *Meloidogyne*-fajok által létrehozott petezsák kocsonyás anyag, amelynek egyik feladata, hogy megvédje a petéket az antagonista mikroorganizmusoktól, a ragadozóktól, valamint a kiszáradástól (Eisenback 1985). Ez az anyag enzimekből, szénhidrátokból, fehérjékből és muko-poliszacharidokból épül fel (Bird és Soeffky 1972, Eisenback 1985, Orion és Franck 1990). A petezsák jobb emészthetősége adhat választ arra, hogy az ászkarákok előbb a petezsákot fogyasztották el, és csak később tértek rá a gubacsos gyökerekre. Hasonló táplálékpreferenciáról számolt be Farkas és Huczek (2008), miszerint a megfigyelt állatok különbséget tettek egyes fafajok levelei között, és a preferált táplálék a tömeggyarapodásban kifejezve hatékonyabbnak is bizonyult.

A táplálékválasztásos kísérletek során az ászkarákok a gubacsos gyökeret preferálták a nagylevelű hárs leveléhez képest. A magyarázat feltételezhetően a táplálék összetételében keresendő. A növényi sejteket kutin, poliszacharidok (cellulóz és hemicellulóz), lignin, tanninok, lipidek és szuberinek alkotják, emellett maga a gyökér magas proteintartalommal rendelkezik (Kögel-Knabner 2002). A falevél (avar) általában hamut, hemicellulózt, cellulózt és lignint tartalmaz, illetve kisebb mennyiségben nyers fehérjét (Williams és Gray 1974). Korábbi vizsgálatok rávilágítottak arra, hogy az ászkarákok a könnyebben bontható és alacsonyabb lignintartalmú táplálékot (falevelet) részesítik előnyben (Cotrufo et al. 1998).

Hassall és Rushton (1984) megfigyelése egybeesik az általam tapasztaltakkal, miszerint az ászkarákok többségében a friss növényi anyagokkal szemben a bomló, ezért puha textúrájú növényi anyagokat preferálták, és ahogyan a kísérlet is mutatta, függetlenül azok egészséges vagy fertőzött voltától.

### 5.3.3 Lebontási kísérlet

Bollen és Volker (1996) szerint megfelelő komposztálással hatástalaníthatók a fertőzött növényi részek. Tenyészedényes kísérletben a komposztálódás még hatékonyabb volt ott, ahol ászkarákat alkalmaztam. Ez összefüggésben lehet a petezsákfogyasztásos kísérlet eredményével, vagyis előbb a petezsákot fogyasztották el az ászkarákok, és csak utána magát a gyökeret.

Összességében elmondható, hogy a komposztálódás és az ászkarákok lebontó munkája során csökkenhet a gubacsos gyökérmaradványok fertőzőképessége, azonban erre vonatkozóan további vizsgálatok szükségesek.

## 5.4 Javaslatok

Javaslom mind a szervesanyagokkal, mind az agroszövettel történő talajtakarást a gyökérgubacs-fonálféreg elleni védekezésben, azonban a megfelelő technológia megválasztásakor érdemes figyelembe venni a környezeti és a talaj adottságait.

A szerves talajtakarás képes ugyanakkor segíteni a ragadozó fonálféreg létszámának növekedését, befolyásolhatja a faji összetételüket is. Érdemes tehát hosszabb távon vizsgálni a szervezetek egyedszámának változását különböző takaróanyagok, célzottan egyes talajparaméterek (pl. hőmérséklet, nedvességtartalom, pH) esetében.

Az általam alkalmazott bonitálási skálák esetenként kiegészítették egymást, azonban azt figyeltem meg, hogy a Mukhtar-skálát inkább a rövidebb tenyészidejű (maximum 1–2 hónapos) kísérletekben érdemes alkalmazni. Ilyen esetekben inkább több apró gubacs jelenik meg, és a gubacsszámok pontosabb képet adhatnak a fertőzés mértékéről, mint például egy százalékos érték.

A takaróanyag-kivonatokkal végzett kísérletek alapján megállapítható, hogy bizonyos komposztok alkalmas hordozóanyagok lehetnek az entomopatógén és csigaparazita fonálféreg kijuttatására. Azonban további vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy a dió- és a juharavar negatív hatását kiküszöböljük. Erre megoldás lehet a különböző takaróanyagok keverése, de különösen az érettebb avarok használata. Javaslom további kísérletek elvégzését különböző érési fázisban lévő avarokkal. A folyamatok megértésének érdekében a nematicid hatást okozó hatóanyagok azonosítása és további karakterizálása is indokolt, ideértve szisztematikus toxicitási tesztelésüket is.

Megállapítható továbbá, hogy létezik olyan koncentráció, amelyben a tesztelt potenciális antagonistákra és lebontó szervezetekre nincs letális hatással a dióavar vizes kivonata, ellenben a vizsgált kártevő fonálféreg fajra igen. Ez alapján érdemes lehet célzott kísérletet beállítani, melyben a hasznos *Ph. hermaphrodita* és a kártevő *M. incognita* egyszerre van jelen. Ennek révén kifejleszthetők lennének olyan, a gyakorlatban is alkalmazható védekezési eljárások, amelyek során egy növényi hatóanyagot és egy állati szervezetet együttesen és biztonságosan lehet alkalmazni egy talajlakó (fonálféreg) és egy talajfelszíni (háztalan csiga) kártevő ellen.

A területválasztásos kísérletben a komposztkivonat kivételével a mortalitást is okozó kivonatokat elkerülték a *M. incognita* juvenilis egyedek. Ezért feltételezhető, hogy a nematocid hatás mellett nematosztatikus hatással is rendelkeznek a vizsgált kivonatok. Érdeemes lehet további kivonatokat, illetve koncentrációkat is megvizsgálni annak érdekében, hogy a potenciális repellens hatást megismerhessük.

A komposztlakó élőlényekkel végzett vizsgálatok tapasztalatai alapján célszerű lehet további kísérletekben vegyes fajösszetételű ászkarák-együttest vizsgálni, mivel az egyes fajok között létrejövő táplálkozási szinergizmusok még hatékonyabbá tehetik a fertőzött növényi részek ártalmatlanítási folyamatát. Előfordulhat az is, hogy egyes ászkafajok más táplálékot részesítenek előnyben, így az egyik faj több petezsákot, míg a másik több fertőzött gyökérzetet fogyaszt, így fokozva tovább a hatékonyságot. Továbbá érdemes lehet más komposztlakó élőlények bevonásával további lebontási kísérleteket is végezni.

## 6. Új tudományos eredmények

- 1.) Elsőként vizsgáltam a vegyesavar talajtakarás hatását *Meloidogyne incognita*-val fertőzött paradicsomon szabadföldi körülmények között. Megállapítottam, hogy a vegyesavar talajtakarás csökkenti a *M. incognita* okozta gyökérgubacsosodás mértékét szabadföldi paradicsomon, miközben megnöveli a paradicsom termésmennyiségét.
- 2.) Kimutattam, hogy a szerves talajtakarás következtében megváltozott talajparaméterek közül a talajhőmérséklet mutatta a legerősebb összefüggést a *M. incognita* okozta gyökérgubacsosodás mértékével.
- 3.) Megállapítottam, hogy a vizsgált Mononchida ragadozó fonálféreg fajok, a *Clarkus papillatus*, a *Mylonchulus brachyuris* és a *Prionchulus punctatus* egyedszámát növeli a vegyesavar talajtakarás.
- 4.) Elsőként vizsgáltam dió-, juhar-, platán-, tölgyavar, továbbá búzaszalma vizes kivonatának hatását entomopatogén (*Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*, *Steinernema kraussei*) és csigaparazita (*Phasmarhabditis hermaphrodita*) fonálféreg, valamint gyökérgubacs-fonálféreg (*Meloidogyne incognita*) juvenilis egyedek mortalitására. Kimutattam, hogy a *S. carpocapsae* és a *S. feltiae* fajok lárvái kevésbé érzékenyek a vizsgált kivonatokra, mint a többi vizsgált faj juvenilis alakjai.
- 5.) A *M. incognita* juvenilis alakjai érzékenyebbnek bizonyultak a vizsgált entomopatogén és csigaparazita fonálféreg fajok juvenilis alakjainál a vizsgált kivonatok esetébenlárváinál.
- 6.) A szerves takaróanyagok vizes kivonatainál tapasztaltam nematocid hatást, azonban a belőlük készült komposzt esetében nem.
- 7.) A fertőzött gyökérmaradványok biológiai ártalmatlanításának vizsgálata során megállapítottam, hogy az érdes pinceászka (*Porcellio scaber*) egyedei fogyasztják a *M. incognita* által fertőzött gyökérzetet, előnyben részesítve a petezsákokat a gyökérgubacsokkal szemben.

## 7. Összefoglalás

Kutatómunkám célja volt, hogy a vegyesavar talajtakarás kártételcsökkentő hatását megvizsgáljam szabadföldi paradicsomon, mesterséges *Meloidogyne incognita*-fertőzés mellett. A növénykártévő fonálféreg egyik potenciális szabályozó szervezetei a Mononchida ragadozó fonálféreg lehetnek, melyek védelme és segítése kiemelten fontos. Ezért évről-évre megvizsgáltam az egyedszámukat a takart és a nem takart parcellákban.

A paradicsom tesztnövény termésértékelései során új kártevő problémát észleltem a takart parcellákon: csigák, valamint drótféreg károsítását jegyeztem fel. Ez a jelenség adta a feltevést, hogy az új kártevők elleni biológiai védekezésben jelentős szerepet játszhatnak az entomopatogén (Heterorhabditidae, Steinernematidae) és csigaparazita (Phasmarhabditidae) fonálféreg. Ahhoz, hogy a jövőben sikeresen tudjuk alkalmazni ezen hasznos szervezeteket talajtakarás mellett, fontos kideríteni, hogy a takaróanyagok nincsenek-e negatív hatással ezekre a fonálféreg csoportokra.

Az évek alatt az alapkísérletet bővítettem mind szabadföldi, mind laboratóriumi kísérletekkel és vizsgálatokkal. Szabadföldön további takaróanyagokat vontam be a kísérletekbe, továbbá a takaróanyagokból készített oldatok direkt (letális és repellens) hatását is megvizsgáltam annak érdekében, hogy kiderítsem, a talajtakarás milyen módon hathat a kártevő *M. incognita* egyedeire. További háttéradatnak a kivonatok pH-értékét és tannintartalmát is meghatároztam.

Ezzel a kutatási iránnyal párhuzamosan, de vele összefüggésben kezdtem egy kísérletsorozatot, melyben a *Meloidogyne*-fertőzött növényi részek biológiai ártalmatlanítását tűztem ki célul, ugyanis beépült a köztudatba, hogy ezeket a fertőző részeket nem szabad a komposztálóba tenni, mert a komposztanyag fertőzési forrásként szolgálhat. Ennek tesztelésére a komposztálóban található állatcsoportok közül trágyagilisztával és ászkarakkál végeztem vizsgálatokat. Ezeket a vizsgálatokat három fő téma köré csoportosítottam: szuppresszivitás-vizsgálat, táplálékpreferencia és lebontási kísérletek.

Vizsgálataim során megállapítottam, hogy a vegyesavarral történő talajtakarás csökkentette a *M. incognita* okozta kártétel mértékét, növelte a Mononchida ragadozó fonálféreg egyedszámát, továbbá kedvező hatással volt a paradicsom tesztnövény termésképzésére.

A különböző takaróanyagokból készült kivonatokra eltérő érzékenységgel reagáltak a vizsgált fonálféregfajok, közülük is az entomopatogén *S. carpocapsae* és *Steinernema feltiae*

fajok mutatták a legalacsonyabb érzékenységet. A 0,78%-os dióavar-kivonat a csigaparazita *Phasmarhabditis hermaphrodita* nem okozott mortalitást, azonban a kártevő *M. incognita* juvenilis alakjainál közel 80%-os elhullás következett be. A komposztkivonat nem okozott szignifikáns letális hatást egyik vizsgált fajnál sem. A területválasztás eredményei összhangban voltak a mortalitási teszttel, vagyis a komposztkivonat nem befolyásolta a *M. incognita* juvenilis egyedek területválasztását.

A szuppresszivitás-vizsgálatra irányuló kísérletek során a *Dendrobaena veneta* trágyagiliszta és a talajtakarás nem csökkentette tenyészedényes paradicsomon a *M. incognita* kártételét, azonban a *Dendrobaena veneta* var. *Compastor* vermikomposztja szignifikánsan csökkentette a *M. incognita* kártételét bazsalikomon.

A táplálékpreferencia-vizsgálatok során az érdes pincáskák (*Porcellio scaber*) előnyben részesítették a *M. incognita* faj petezsákjait, továbbá nagyobb arányban fogyasztották a gubacsos gyökereket, mint a felkínált avart.

A lebontási kísérlet esetében elmondható, hogy a komposztálódás és az ászkárák lebontó tevékenysége során csökkenhet a gubacsos gyökérmaradványok fertőzőképessége.

## 8. Summary

The aim of my research work was the examination of the effect of leaf litter mulching on the root damage caused by artificial *Meloidogyne incognita*-infestation in an open-field tomato experiment. Mononchida predatory nematodes could be a potential natural enemies of plant-parasitic nematodes. Therefore, the helping and enhancing of mononchids is an essential task. To that effect, the density of mononchids nematodes was followed in every year under mulched and unmulched plots.

During the yield evaluations of the tomato plants, a new pest problem occurred in the mulched plots: the damage of snails, slugs and wireworms was recorded. This phenomenon has suggested that entomopathogenic (Heterorhabditidae, Steinernematidae) and snail parasitic (Phasmarhabditidae) nematodes may play a significant role in the biological control of new pests. In order to successfully apply these beneficial organisms together with organic mulching in the future, it is important to find out whether the mulching materials have a negative effect on these nematodes.

Over the years, the main experiment was expanded with field and laboratory experiments and studies. In the case of the open field experiment, additional mulch materials were included in the experiments. In addition, the direct (lethal and repellent) effect of the extracts derived from the mulch materials was also examined in order to find out how mulching can affect *M. incognita* individuals. Moreover, pH and tannin content of the extracts were also determined as additional background data.

In parallel with, yet in connection with this research area, a series of experiments was began with the aim of the biological disposal of *Meloidogyne*-infested roots. As a matter of fact, these infectious plant materials should not be placed in the compost because compost can be a source of infection. To test this, tests were performed with earthworms and woodlice, representing two animal groups in the composter. These studies were sorted into three main topics: suppressivity study, food preference, and decomposition experiments.

During my research, I found that mulching with mixed leaf litter reduced the rate of *Meloidogyne incognita* damage, while had a beneficial effect on tomato yield. In addition, mulching increased the number of mononchid predatory nematodes on the field.

The tested nematodes species responded various sensitivities to the extracts made from different mulching materials, of which *Steinernema carpocapsae* and *Steinernema feltiae*

entomopathogenic species showed the lowest sensitivity. The 0.78% concentration of walnut leaf litter extract did not cause the mortality of the snail-parasitic *Phasmarhabditis hermaphrodita*, while in the same concentration, a mortality of nearly 80% occurred in the plant-parasitic *M. incognita*. Yard-waste compost extracts did not cause significant lethal effects in any of the examined species. The results of the area choice test were in tune with the mortality test: compost extract did not affect the preference of *M. incognita* larvae.

In suppressivity experiments, *Dendrobaena veneta* earthworms and mulching did not reduce *M. incognita* damage on tomato plants in pot experiments, however, vermicompost of *D. veneta* var. *Compastor* significantly reduced *M. incognita* damage on basil.

In food preference studies, Common rough woodlouse (*Porcellio scaber*) preferred *M. incognita* eggmasses and consumed a higher proportion of root galls than offered leaf litter.

From the decomposition experiment, it can be concluded that during composting and the decomposing work of woodlice, the infectivity of the *M. incognita*-infested root residues can be reduced.

## 9. Melléklet

### 9.1 Irodalomjegyzék

- Abad, P., Favery, B., Rosso, M.N., Castagnone-Sereno, P. (2003): Root-knot nematode parasitism and host response: molecular basis of a sophisticated interaction. *Molecular Plant Pathology*, 4: 217–224.
- Abdel-Razek, A.S., Gowen, S. (2002): The integrated effect of the nematode-bacteria complex and neem plant extracts against *Plutella xylostella* (L.) larvae (Lepidoptera: Yponomeutidae) on chinese cabbage. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 35: 181–188.
- Abo-Elyousr, K. A., Khan, Z., El-Morsi Award, M., Abedel-Moneim, M.F. (2010): Evaluation of plant extracts and *Pseudomonas* spp. for control of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on tomato. *Nematropica*, 40, 289–299.
- Adediran, J.A., Adegbite, A.A., Akinlosotu, T.A., Agbaje, G.O., Taiwo, L.B., Owolade, O.F., Oluwatosin, G.A. (2005): Evaluation of fallow and cover crops for nematode suppression in three agroecologies of south western Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 4 (10): 1034–1039.
- Adekalu, K.O., Olorunfemi, I.A., Osunbitan, J.A. (2007): Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. *Bioresource Technology*, 98: 912–917.
- Agbenin, N.O., Emechebe, A.M., Marley, P.S., Akpa, A.D. (2005): Evaluation of nematicidal action of some botanicals on *Meloidogyne incognita* *in vivo* and *in vitro*. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics*, 106 (1): 29–39.
- Ahmad, W., Jairajpuri, M.S. (2010): Mononchida: The predatory soil nematodes. Nematology Monographs and Perspectives, Vol. 7. Leiden: Brill Leiden-Boston. 320 p.
- Akhtar, M. (2000): Nematicidal potential of the neem tree *Azadirachta indica* (A. Juss). *Integrated Pest Management Reviews*, 5: 57–66.
- Akhtar, M., Alam, M. M. (1992): Effect of crop residues amendments to soil for the control of plant-parasitic nematodes. *Bioresource Technology*, 41 (1): 81–83.
- Akhtar, M., Mahmood, I. (1993): Effect of *Mononchus aquaticus* and organic amendments on *Meloidogyne incognita* development on chilli. *Nematologia Mediterranea*, 21: 251–252.

- Akhtar, M., Mahmood, I. (1996): Control of plant-parasitic nematodes with organic and inorganic amendments in agricultural soil. *Applied Soil Ecology*, 4: 243–247.
- Alam, M. M., Samad, A., Anver, S. (1990): Interaction between tomato mosaic virus and *Meloidogyne incognita* in tomato. *Nematologica Mediterranea*, 18: 131–133.
- Albrechtova, J., Latr, A., Nedorost, L., Pokluda, R., Posta, K., Miroslav Vosatka, M. (2011): Dual inoculation with mycorrhizal and saprotrophic fungi applicable in sustainable cultivation improves the yield and nutritive value of onion. *The ScientificWorld Journal*, 2012 (2012): 374091.
- Alexa L., Dér S. (1999): A komposztálás elméleti és gyakorlati alapjai. Bio-Szaktanácsadó Bt., Gödöllő. 136 p.
- Alexa L., Dér S., Hartman M. (2003): 4.2.6. A szerves anyagok komposztálása és a komposztok felhasználása. 323–326. pp. In: Ángyán J., Tardy J., Vajnáné Madarassy A. (Szerk.): *Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 625 p.
- Aminu-Taiwo, B.R., Idowu, A.A., Alamu, O.O., Olaniyi, O.W., Olufunmi, O.O. (2014): Influence of mulch materials on population of plant parasitic nematode, growth and yield of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7 (4): 12–17.
- Anderson, O.R. (2005): Effects of aqueous extracts from leaves and leaf litter on the abundance and diversity of soil gymnamoebae in laboratory microcosm cultures. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 52 (4): 391–395.
- Andrássy I., Farkas K. (1988): Kertészeti növények fonálféreg kártevői. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 419 p.
- Andrássy, I. (2009): Free-living nematodes of Hungary (*Nematoda errantia*). Vol. III. Pedozoologica Hungarica No. 5. Hungarian Natural History Museum and Systematic Zoology Research Group of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest. 608 p.
- Ángyán J., Menyhért Z. (2004): Alkalmazkodó növénytermesztés, környezet- és tájgazdálkodás. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 560 p.
- Arpin, P. (1969): Etude preliminaire d'un facteur écologique important pour les nematodes: L'humidité actuelle du sol. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 6: 429–435.
- Arpin, P. (1975): Sur quelques aspects des interactions sol-nématodes dans des biocénoses forestières ou herbacées. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 12: 57–67.
- Askary, T.H., Abd-Elgawad, M.M.M. (2017): Beneficial nematodes in agroecosystems: A global perspective. 3–25. pp. In: Abd-Elgawad, M.M.M., Askary, T.H., Coupland, J.

- (Szerk.): *Biocontrol agents: entomopathogenic and slug parasitic nematodes*. CAB International, Wallingford, UK. 662 p.
- Askary, T.H., Ahmad, M.J. (2017): Entomopathogenic nematodes: mass production, formulation and application. 261–286. pp. In: Abd-Elgawad, M. M. M., Askary, T. H., Coupland, J. (Szerk.): *Biocontrol agents: entomopathogenic and slug parasitic nematodes*. CAB International, Wallingford, UK. 662 p.
- Askary, T.H., Khan, A.A., Waliullah, M.I.S., Banday, S.A., Iqbal, U., Mir, M.M. (2012): Slug pest management through nematodes in agricultural and horticultural crops. 197–211. pp. In: Boeri, F., Chung, J.A. (Szerk.): *Nematodes: morphology, functions and management strategies*. Nova Publishers: New York, NY, USA. 327 p.
- Azmi, M.I., Jairajpuri, M.S. (1977): Attraction of plant-parasitic nematodes to host roots. *Nematologica*, 23: 119–121.
- Bai, Y.-Ch., Chang, Y.-Y., Hussain, M., Lu, B., Zhang, J.-P., Song, X.-B., Lei, X.-Sh., Pei, D. (2020): Soil chemical and microbiological properties are changed by long-term chemical fertilizers that limit ecosystem functioning. *Microorganisms*, 8: 694.
- Bakry, F.A. (2009): Use of some plant extracts to control *Biomphalaria alexandrina* snails with emphasis on some biological effects. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 95 (3): 159–165.
- Banerjee, S., Walder, F., Büchi, L., Meyer, M., Held, A.Y., Gattinger, A., Keller, Th., Charles, R., van der Heijden, M.G.A. (2019): Agricultural intensification reduces microbial network complexity and the abundance of keystone taxa in roots. *The ISME Journal*, 13: 1722–1736.
- Barzman, M., Bàrberi, P., Birch, A.N.E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J.E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J.R., Messéan, A., Moonen, A.-C., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J.-L., Sattin, M. (2015): Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, 35: 1199.
- Béres A., Csiffáry N., Gadácsi R., Laczkó B., Márton Zs. (2017): A komposzt is érték! A helyben végzett komposztálás elmélete és gyakorlata. Adu-Press Nyomda Kft. Hermann Ottó Intézet, Budapest. 40 p.
- Bharadwaj, A., Sharma, S. (2007): Effect of some plant extracts on the hatch of *Meloidogyne incognita* eggs. *International Journal of Botany*, (3): 312–316.
- Biermaier, M., Wrbka-Fuchsig, I. (2012): Komposztáljunk! Mezőgazda Kiadó, Budapest. 82 p.
- Bilgrami, A.L. (2008): Biological control potentials of predatory nematodes. 3–28. pp. In: Ciancio, A., Mukerji, K.G. (Szerk.): *Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes*. Springer, Dordrecht, Netherlands. 356 p.

- Bilgrami, A.L., Ahmad, I., Jairajpuri, M.S. (1986): A study on the intestinal contents of some mononchs. *Revue de Nematologie*, 9: 191–194.
- Bilgrami, A.L., Ahmad, I., Jairajpuri, M.S. (1985): Responses of adult *Hirschmanniella oryzae* towards different plant roots. *Révue de Nematologie*, 8: 265–272.
- Bilgrami, A.L., Brey, C. (2005): Potential of predatory nematodes to control plant-parasitic nematodes. 447–464. pp. In: Grewal, P.S., Ehlers, R.U., Shapiro-Ilan, D.I. (Szerk.): *Nematodes as biocontrol agents*. CAB International, Wallingford, UK. 528 p.
- Bird, A.F. (1959): The attractiveness of roots to the plant-parasitic nematodes *Meloidogyne javanica* and *M. hapla*. *Nematologica*, 4: 322–335.
- Bird, A.F., Soeffky, A. (1972): Changes in the ultrastructure of the gelatinous matrix of *Meloidogyne javanica* during dehydration. *Journal of Nematology*, 4 (3): 166–169.
- Birhanu, K., Tilahun, K. (2010): Fruit yield and quality of drip-irrigated tomato under deficit irrigation. *African Journal of Food Agriculture, Nutrition and Development*, 10 (2): 2139–2151.
- Blume, H.-P., Brümmer, G.W., Fleige, H., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K., Wilke B-M. (2016): Scheffer/Schachtschabel Soil Science. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 618 p.
- Bognár S., Huzián L. (1979): Növényvédelmi állattan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 557 p.
- Bollen, G.J. and Volker, D. (1996): Phytohygienic aspects of composting of plant residues. 233–246. pp. In: de Bertoldi M., Sequi P., Lemmes B., Papi T. (Szerk): *The science of composting*. Springer, Dordrecht, Netherland. 1452 p.
- Bond, W., Grundy, A.C. (2001): Non-chemical weed management in organic farming systems, *Weed Research*, 41: 383–405.
- Bongers, T. (1990): The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83: 14–19,
- Boyer, J., Reversat, G., Lavelle, P., Chabanne, A. (2013): Interactions between earthworms and plant-parasitic nematodes. *European Journal of Soil Biology*, (59): 43–47.
- Brusca, R.C., Brusca, G.J. (1990): Invertebrates. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA. 992 p.
- Budai Cs., Somogyi E., Illés M. (2005): A kertészeti gyökérgubacs-fonálféreg (*Meloidogyne incognita* Chitwood) szabadföldi áttelelése Magyarországon. 2. p. In: Horváth J., Haltrich A., Molnár J. (Szerk.): 51. *Növényvédelmi Tudományos Napok*. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, Budapest. 105 p.
- Budai, Cs. (2002): Növényvédelem a zöldségfajtákban. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 150 p.

- Bulluck III, L.R., Barker, K.R., Ristaino, J.B. (2002): Influences of organic and synthetic soil fertility amendments on nematode trophic groups and community dynamics under tomatoes. *Applied Soil Ecology*, 21: 233–250.
- Buzás I. (1988): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2., Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 242 p.
- CABI: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/33245#toDistributionMaps>
- Cerdà, A., Rodrigo-Comino, J., Giménez-Morera, A., Keesstra, S.D. (2017): An economic, perception and biophysical approach to the use of oat straw as mulch in Mediterranean rainfed agriculture land. *Ecological Engineering*, 108 (Part A): 162–171.
- Chandel, S.T., Gaur, H.S., Alam, M.M. (2001): Effect of soil moisture on *Meloidogyne triticroyzae* root-knot nematode. *Pakistan Journal of Nematology*, 19 (1 & 2): 77–80.
- Chen, S., Dickson, D.W. (2004): Biological control of nematodes by fungal antagonists. 979–1040. pp. In: Chen, Z.X., Chen, S.Y., Dickson, D.W. (Szerk.): *Nematology: Advances and Perspectives, Volume 2*. CAB International, Wallingford, UK. 608 p.
- Cheng. W., Yang. J., Nie. Q., Huang, D., Yu, Ch., Zheng, L., Cai, M., Thomashow, L.S., Weller, D.M., Yu, Z., Zhang, J. (2017): Volatile organic compounds from *Paenibacillus polymyxa* KM2501-1 control *Meloidogyne incognita* by multiple strategies. *Scientific Reports*, 7: 16213.
- Ciancio, A. (1995): Observations on the nematicidal properties of some mycotoxins. *Fundamental and Applied Nematology*, 18 (5): 451–454.
- Coder, K.D. (1983): Seasonal changes of juglone potential in leaves of black walnut (*Juglans nigra* L.). *Journal of Chemical Ecology*, 9 (8): 1203–1212.
- Cotrufo, M.F., Briones, M.J.I., Ineson, P. (1998): Elevated CO<sub>2</sub> affects field decomposition rate and palatability of tree leaf litter: importance of changes in substratequality. *Soil Biology and Biochemistry*, 30 (12): 1565–1571.
- Cuadra, R., Cruz, X., Fajardo, J.L. (2000): Cultivos de ciclo corto Como plantas trampas Para el control del nematodo agallador. *Nematropica*, 30: 241–246.
- Cseperkálóné Mirek B., Drexler D., Divéky-Ertsey A. (2015): Paradicsom tájfajták vizsgálata ökológiai gazdálkodásban. 61–79. pp. In: Drexler, D. (szerk.): *On-farm kutatás, 2014. A harmadik év eredményei*. Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest. 112 p.
- de Waal, J.Y., Malan, A.P., Addison, M.F. (2011): Evaluating mulches together with *Heterorhabditis zealandica* (Rhabditida: Heterorhabditidae) for the control of diapausing codling moth larvae, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Biocontrol Science and Technology*, 21 (3): 255–270.

- Demetrio, W. C., Dionísio, J. A., Maceda, A. (2017): Earthworms and root-knot nematodes: effect on soil biological activity and tomato growth. *Semina: Ciências Agrárias*, 38 (4): 2449–2462.
- Devi, G., George, J. (2018): Predatory nematodes as bio-control agent against plant-parasitic nematode -A review. *Agricultural Reviews*, 39: 55–61.
- Dezsény Z. (2015): Compost mulch no-tillage systems in organic vegetable production. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 18: 138–141.
- Diedhiou, P.M., Hallmann, J., Oerke, E.-C., Dehne, H.-W. (2003): Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and a non-pathogenic *Fusarium oxysporum* on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato. *Mycorrhiza*, (13):199–204.
- Dionísio, J. A., Lunardi, M. F., Maceda, A., Kusdra, J. F. (2014): Como reduzir o número de galhas de *Meloidogyne paranaensis* em raízes de tomateiro usando minhocas? *Semina: Ciências Agrárias*, 35 (2): 781–786.
- Dix, N.J. (1974): Identification of a water-soluble fungal inhibitor in the leaves of *Acer platanoides* L. *Annals of Botany*, 38 (2): 505–514.
- Dominguez, J., Parmelee, R. E., Edwards, C.A. (2003): Interactions between *Eisenia andrei* (Oligochaeta) and nematode populations during vermicomposting. *Pedobiologia*, 47 (1): 53–60.
- Döring, T.F., Brandt, M., Heß, J., Finckh, M.R., Saucke, H. (2005): Effects of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds yield and soil erosion in organically grown potatoes. *Field Crops Research*, 94: 238–249.
- Dubey N.K. (2011): Natural Products in Pest Management. CAB International, London. 312 p.
- Dudás P., Gedeon Cs., Menyhárt L., Ambrus G., Tóth F. (2016): The effect of mulching on the abundance and diversity of ground beetle assemblages in two Hungarian potato fields. *Columella - Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 3: 45–53.
- Dury, J., Schaller, N., Garcia, F., Reynaud, A., Bergez, J.E. (2012): Models to support cropping plan and crop rotation decisions. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32: 567–580.
- Dusenbery, D.B. (1987): Theoretical range over which bacteria and nematodes locate plant roots using carbon dioxide. *Journal of Chemical Ecology*, 13: 1617–1624.
- Ebel, R. (2013): Organic habanero pepper (*Capsicum chinense*): Effect of intercropping marigold (*Tagetes erecta*) and mulching with sawdust to control the white fly (*Bemisia tabaci*) and root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). *HortScience Supplement, American Society of Horticultural Science*, 48 (9): S127.

- Eddaoudi, M., Ammati, M., Rammah, A. (1997): Identification of the resistance breaking populations of *Meloidogyne* on tomatoes in Morocco and their effect on new sources of resistance. *Fundamental and Applied Nematology*, 20 (3): 285–289.
- Eisenback, J. (1985): Detailed morphology and anatomy of second-stage juveniles, males, and females of the genus *Meloidogyne* (root-knot nematodes). 47–77. pp. In: Barker, K.R., Carter, C.C., Sasser, J.N. (Szerk.): *An advanced treatise on Meloidogyne Volume II: Methodology*. North Carolina State University Graphics. Raleigh, North Carolina. 168 p.
- El Fels, L., Hafidi, M., Ouhdouch, Y. (2016): *Artemia salina* as a new index for assessment of acute cytotoxicity during co-composting of sewage sludge and lignocellulose waste. *Waste Management*, 50: 194–200.
- Ellenby, C. (1944): Influence of earthworms on larval emergence in the potato-root eelworm, *Heterodera rostochiensis* Wollenweber. *Annals of Applied Biology*, 31 (4): 332–339.
- El-Nagdi, W.M.A.-E., Youssef, M.M.A. (2013): Comparative efficacy of garlic clove and castor seed aqueous extracts against the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* infecting tomato plants. *Journal of Plant Protection Research*, 53 (3): 285–288.
- Elsen, A., Declerck, S., De Waele, D. (2002): Effect of three arbuscular mycorrhizal fungi on root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) infection of Musa. *InfoMusa*, 11 (1): 21–23.
- El-Shami, M.A., Fadl, F.A., Salem, D.E., Ashour, W.E., El-Zayat, M.M. (1990): Soil solarization and plant disease management: 1-Monitoring of temperature in solarized soil in relation to some soil properties. *Agricultural Research Review*, 68: 589–599.
- Ercisli, S., Esitken, A., Turkkal, C., Orhan, E. (2005): The allelopathic effects of juglone and walnut leaf extracts on yield, growth, chemical and PNE compositions of strawberry cv. Fern. *Plant, Soil and Environment*, 51 (6): 283–287.
- FAO. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome.
- Farkas S., Huczek K. (2008): A *Proporcellio vulcanicus* (Verhoeff 1908) (Isopoda: Oniscidea) táplálékfogyasztása és tömeggyarapodása. *Somogyi Múzeumok Közleményei*, 18: 63–67.
- Farkas S., Vilisics F. (2013): Magyarország szárazföldi ászkarák faunájának határozója (Isopoda: Oniscidea). *Natura Somogyiensis*, 23: 89–124.
- Fauna Europaea: <https://fauna-eu.org/>

- Fekrat, F., Azami-Sardooei, Z., Salari, Kh. and Palashi, N. (2016): Effects of aqueous extract of walnut leaves against *Meloidogyne javanica* on tomato plant. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 7: 321–326.
- Ferraz, S., Freitas, L.G., Lopes, E.A., Dias-Arieira, C.R. (2010): Manejo sustentável de fitonematoides. Editora UFV: Viçosa, Brasil. 304 p.
- Forge, T.A., Hogue, E., Neilsen, G., Neilsen, D. (2003): Effects of organic mulches on soil microfauna in the root zone of apple: Implications for nutrient fluxes and functional diversity of the soil food web. *Applied Soil Ecology*, 22: 39–54.
- Forge, T.A., Kempler, C. (2009): Organic mulches influence population densities of root-lesion nematodes, soil health indicators and root growth of red raspberry. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 31: 241–249.
- Fuller, V.L., Lilley, C.J., Urwin, P.E. (2008): Nematode resistance. *New Phytologist*, 180: 27–44.
- Funt, R.C., Martin, J. (2000): Black walnut toxicity to plants, humans and horses. Ohio State University Extension Fact Sheet HYG-1148–93.
- Füleky Gy. (1999): 5. Élőlények a talajban. 59–70. pp. In: Stefanovits P. (szerk.): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 470 p.
- Gajalakshmi, S., Abbasi, S. A. (2004): Earthworms and vermicomposting. *Indian Journal of Biotechnology*, 3 (4): 486–494.
- Galbally, I., Meyer, M., Bently, S., Weeks, I., Leuning, R., Kelly, K., Phillips, F., Barker-Reid, F., Gates, W., Baigent, R., Eckard, R., Grace, P. (2005): A study of environmental and management drivers of non-CO<sub>2</sub> greenhouse gas emissions in Australian agro-ecosystems. *Environmental Sciences*, 2 (2–3): 133–142.
- Garabedian, S., Van Gundy, S.D. (1984): Use of avermectins for the control of *Meloidogyne incognita* on tomato. *Journal of Nematology*, (15): 503–510.
- García, L.E., Sánchez-Puerta, M.V. (2012): Characterization of a root-knot nematode population of *Meloidogyne arenaria* from Tupungato (Mendoza, Argentina). *Journal of Nematology*, 44 (3): 291–301.
- Gencsi L., Vancsura R. (1992): Dendrológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 728 p.
- Gessner, M.O., Chauvet, E. (1994): Importance of stream microfungi in controlling breakdown rates of leaf litter. *Ecology*, 75, 1807–1817.
- Ghayedi, S., Abdollahi, M. (2013): Biocontrol potential of *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae), isolated from suppressive soils of the Boyer-Ahmad region, Iran, against J2s of *Heterodera avenae*. *Journal of Plant Protection Research*, 53: 165–171.

- Giannakou, I.O., Panopoulou, S. (2019): The use of fluensulfone for the control of root-knot nematodes in greenhouse cultivated crops: Efficacy and phytotoxicity effects. *Cogent Food & Agriculture*, 5: 1.
- Gierczik K., Sasvári Z., Posta K. (2012): Különböző időpontban történő mikorrhizaoztás és szárazság stressz hatása fűszerpaprika terméshozamára. *Tájökológiai Lapok*, 10 (2): 385–391.
- Glazer, I., Salame, L., Dvash, L., Muklada, H., Azaizeh, H., Mreny, R., Markovics, A., Landau, S.Y. (2015): Effects of tannin-rich host plants on the infection and establishment of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 128: 31–36.
- Godlewska, K., Ronga, D., Michalak, I. (2021): Plant extracts – Importance in sustainable agriculture. *Italian Journal of Agronomy*, 16: 1851.
- Goulet, E., Dousset, S., Chaussod, R., Bartoli, F., Doledec, A.F., Andreux, F. (2004): Water-stable aggregates and organic matter pools in a calcareous vineyard soil under four soil-surface management systems. *Soil Use Manage*, 20: 318–324.
- Griffin, C.T., Boemare, N.E., Lewis, E.E. (2005): Biology and behaviour. 47–64. pp. In: Gewal, P.S., Ehlers, R.-U., Shapiro-Ilan, D.I. (Szerk.): *Nematodes as biocontrol agents*. CAB International, Wallingford, UK. 528 p.
- Hajihassani, A., Davis, R.F., Timper, P. (2019): Evaluation of selected nonfumigant nematicides on increasing inoculation densities of *Meloidogyne incognita* on cucumber. *Plant Disease*, 103: 3161–3165.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1): 9.
- Harrison, R.B. (2008): Composting and Formation of Humic Substances. 713–719. pp. In: Jørgensen, S.E., Fath, B.D. (Szerk): *Encyclopedia of Ecology. 2nd edition*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. 2780 p.
- Hartman, K.M., Sasser, C.C. (1985): Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal-pattern morphology. 69–78. pp. In: Barker, K.R., Carter, C.C., Sasser, J.N. (Szerk.): *An advanced treatise on Meloidogyne Volume II: Methodology*. North Carolina State University Graphics. Raleigh, North Carolina. 168 p.
- Hartmann M., Alexa L., Dér S., Schád P. (2001): Hulladékok a mezőgazdaságban, az erdészetben, a gyümölcsösben és a szőlészetben. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. 39. p.

- Hassall, M., Rushton, S.P. (1984): Feeding behaviour of terrestrial isopods in relation in plant defences and microbial activity. 487–505. pp. In: Sutton, S.L., Holdich, D. (Szerk.): *The biology of terrestrial isopods*. Zoological Society of London, London, UK. 518 p.
- Haydock, P.P.J., Woods, S.R., Grove, I.G., Hare, M.C. (2006): Chemical Control of Nematodes. 459-521. pp. In: Perry, R.N., Moens, M. (Szerk.): *Plant Nematology*. 2nd edition. CAB International, Wallingford, UK. 542 p.
- Helyes L. (1999): A paradicsom és termesztése. SYCA Szakkönyvszolgálat, Budapest. 234 p.
- Helyes L., Lugasi A., Pék Z. (2012): Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36: 702–709.
- Helyes L., Varga Gy. (1994): Irrigation demand of tomato according to the results of three decades. *Acta Horticulturae*, (376): 323–328.
- Herren, G.L., Binnemans, I., Joos, L., Viaene, N., Ehlers, R.-U., Vandecasteele, B., Bert, W. Steel, H. (2018): Compost as a carrier medium for entomopathogenic nematodes - the influence of compost maturity on their virulence and survival. *Biological Control*, 125: 29–38.
- Hewlett, T.E., Hewlett, E.M., Dickson, D.W. (1997) Response of *Meloidogyne* spp., *Heterodera glycines*, and *Radopholus similis* to tannic acid. *Journal of Nematology*, 29 (4S): 737–741.
- Hofbrucker-MacKenzie, S.A., Sivaprakasam, I., Ji, Y., Kessels, M.M., Qualmann, B. (2019): Neuronal stress and its hormetic aspects. 171–180. pp. In: Rattan, S.I.S. and Kyriazis, M. (Szerk.): *The science of hormesis in health and longevity*. Elsevier Science Publishing Co Inc., San Diego, United States. 326 p.
- Hooper, D.J., Hallman, J., Subbotin, S. (2005): Methods for extraction, processing and detection of plant and soil nematodes. 53–86. pp. In: Luc, M., Sikora, R., Bridge, J. (Szerk.): *Plant-parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Second ed. CABI, Wallingford, UK. 896 p.
- Hunt, D.J., Handoo, Z.A. (2009): Taxonomy, identification and principal species. 55–97. pp. In: Perry, R.N., Moens, M. (Szerk.): *Root-knot nematodes*. CAB International, Wallingford, UK, 520. p.
- Hussain, M., Zouhar, M., Ryšánek, P. (2017): Comparison between biological and chemical management of root knot nematode, *Meloidogyne hapla*. *Pakistan Journal of Zoology*, 49 (1): 205–210.
- Ibrahim, A.M., Ghoname, S.I., Mansour, Sh.M., El- Dafrawy, Sh.M. (2020): Effect of some medicinal plant extracts as molluscicidal and apoptotic agents on *Biomphalaria alexandrina* snails. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 24 (2): 291–300.

- Ilieva-M.K., Makulec, G. (2002): Effect of the earthworm *Lumbricus rubellus* on the nematode community in a peat meadow soil. *European Journal of Soil Biology*, 38 (1): 59–62.
- Iqbal, R., Raza, M.A.S., Valipour, M., Saleem, M.F., Zaheer, M.S., Ahmad, S., Toleikiene, M., Haider, I., Aslam, M.U., Nazar, M.A. (2020): Potential agricultural and environmental benefits of mulches – a review. *Bulletin of the National Research Centre*, 44: 75.
- Jafari, F., Kartoolinejad, D., Amiri, M., Shayanmehr, M., Akbarian, M. (2017): Long term effect of oil mulch on richness and biodiversity of soil macro-fauna and vegetation in Jask, Iran. *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 7: 27–38.
- Jagdale, G.B., Kamoun, S., Grewal, P.S. (2009): Entomopathogenic nematodes induce components of systemic resistance in plants: Biochemical and molecular evidence. *Biological Control*, 51: 102–109.
- Javed, N., Gowen, S.R., El-Hassan, S.A., Inam-ul-Haq, M., Shahina, F., Pembroke, B. (2008): Efficacy of neem (*Azadirachta indica*) formulations on biology of root-knot nematodes (*Meloidogyne javanica*) on tomato. *Crop Protection*, 27: 36–43.
- Johnson, P.W., McKeen, C.D. (1973): Vertical movement and distribution of *Meloidogyne incognita* (Nematodea) under tomato in a sandy loam greenhouse soil. *Canadian Journal of Plant Science*, 53 (4): 837–841.
- Kandel, S.L., Shrestha, S.M., Poudyal, D.S. Dahal, K.R. (2011): Effect of tillage, mulch and nitrogen management on soil microorganisms of rice-wheat cropping system in Nepal. *Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science*, 32: 151–158.
- Karajeh, M., Mohawesh, O. (2016): Root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) – deficit irrigation interactions on eggplant cropped under open field conditions. *Journal of Horticultural Research*, 24 (1): 73–78.
- Karuri, H. (2022): Root and soil health management approaches for control of plant-parasitic nematodes in sub-Saharan Africa. *Crop Protection*, 152: 105841.
- Katan, J., Gamliel, A. (2011). Soilborne diseases, control by physical methods. 813–816. pp. In: Glinski, J. Horabik, J., Lipiec, J. (Szerk.): *Encyclopedia of agrophysics*. Springer, Dordrecht, Dordrecht, Netherland. 660 p.
- Keszthelyi S. (2017): Kártevők elleni védekezés lehetőségei. Agroinform Kiadó, Budapest. 247 p.
- Khan, A.A., Khan, M.W. (1991): Race composition of *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria* populations in vegetable fields in Uttar Pradesh. *Supplement to Journal of Nematology*, 23 (4S): 615–619.
- Khan, Z., Kim, Y.H. (2007): A review on the role of predatory soil nematodes in the biological control of plant parasitic nematodes. *Applied Soil Ecology*, 35: 370–379.

- Khdier, F.A. (2012): The study of the effect of some medical plant extracts on snail *Lymnaea auricularia*. *Journal of Kerbala University*, 10 (1): 177–180.
- Kiros, G., Erko, B., Giday, M., Mekonnen, Y. (2014): Laboratory assessment of molluscicidal and cercariacidal effects of *Glinus lotoides* fruits. *BMC Research Notes*, 7: 220.
- Kiss I. (2003): Fonálférgek (Nematoda). 207–221. pp. In: Bakonyi G. (Szerk.): Állattan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 718 p.
- Kiss L.V., Hrács K., Nagy P.I., Seres, A. (2018): Effects of zinc oxide nanoparticles on *Panagrellus redivivus* (Nematoda) and *Folsomia candida* (Collembola) in various test media. *International Journal of Environmental Research*, 12 (2): 233–243.
- Kokalis-Burelle, N., Rodríguez-Kábana, R. (2006): Allelochemicals as biopesticides for management of plant-parasitic nematodes. 15–29. pp. In: Inderjit, K.G., Mukerji (Szerk.): *Allelochemicals: biological control of plant pathogens and diseases*. Springer-Verlag New York Inc. New York, NY, United States. 208 p.
- Kovács D. (2000): Diófalevélből jó a komposzt. *Biokultúra*, 11 (6): 20–21.
- Kögel-Knabner, I. (2002): The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 34 (2):139–162.
- Krieger, J. Breer, H. (1999): Olfactory reception in invertebrates. *Science*, 286: 720–723.
- Krishnayya, P.V., Grewal, P.S. (2002): Effect of neem and selected fungicides on viability and virulence of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*. *Biocontrol Science and Technology*, 12: 259–266.
- Lacey, L.A., Georgis, R. (2012): Entomopathogenic nematodes for control of insect pests above and below ground with comments on commercial production. *Journal of Nematology*, 44: 218–225.
- Lacey, L.A., Granatstein, D., Arthurs, S.P., Headrick, H., Fritts, R. (2006): Use of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae) in conjunction with mulches for control of overwintering codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Entomological Science*, 41 (2): 107–119.
- Lafont, A., Riséde, J.-M., Loranger-Merciris, G., Clermont-Dauphin, C., Dorel, M., Rhino, B., Lavelle, P. (2007): Effects of the earthworm *Pontoscolex corethrurus* on banana plants infected or not with the plant-parasitic nematode *Radopholus similis*. *Pedobiologia*, (51): 311–318.
- Langat, J.K., Kimenju, J.W., Mutua, G.K., Muiro, W.M., Otieno, W. (2008): Response of free-living nematodes to treatments targeting plant parasitic nematodes in carnation. *Asian Journal of Plant Sciences*, 7: 467–472.

- Laznik, Ž., Vidrih, M., Trdan, S. (2012): The effects of different fungicides on the viability of entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* (Filipjev), *S. carpocapsae* Weiser, and *Heterorhabditis downesi* Stock, Grin & Burnell (Nematoda: Rhabditida) under laboratory conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72: 62–67.
- Lee, D.-W., Choi, H.-Ch., Kim, T.-S., Park, J.-K, Park, J.-Ch., Yu, H.-B., Lee, S.-M., Choo, H.-Y. (2009): Effect of some herbal extracts on entomopathogenic nematodes, silkworm and ground beetles. *Korean Journal of Applied Entomology*, 48 (3): 335–345.
- Lee, H., Lautenbach, S., Nieto, A.P.G., Bondeau, A., Cramer, W., Geijzendorffer, I.R. (2019): The impact of conservation farming practices on Mediterranean agro-ecosystem services provisioning—a meta-analysis. *Regional Environmental Change*, 19: 2187–2202.
- Leguizamón-Caycedo, J.E., Padilla-H, B.H. (2001): Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control del nematodo del nudo radical del café. *Cenicafé*, 52: 29–41.
- Leite, L.G., Schmidt, F.S., Harakava, R., Filho, A.B., Giometti, F.H.C., de Castro Pietrobon, T., Chacon-Orozco, J. (2015): The influence of mulch on the persistence of *Steinernema brazilense* (Nematoda: Steinernematidae) in sugarcane fields. *Revista Colombiana de Entomología*, 41 (2): 176–179.
- Liu, J., Xie, S., Feng, J., Cai J. (2013): Protective effect of *Dryopteris crassirhizoma* extracts in the control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 120 (1): 34–40.
- Loksa I. (1998) Törzs: Ízeltlábúak – Arthropoda. 169–176. pp. In: Jermy T., Balázs K. (Szerk.): *A növényvédelmi állattan kézikönyve 1*. Akadémia Kiadó Budapest. 443 p.
- Lopes, E.A., Dallemole-Giaretta, R., dos Santos Neves, W., Parreira, D.F., Ferreira, P.A. (2019): Eco-friendly approaches to the management of plant-parasitic nematodes. 167–186. pp. In: Ansari, R.A., Mahmood, I. (Szerk.): *Plant health under biotic stress. Volume 1: Organic Strategies*. Springer Singapore, Singapore. 256 p.
- Lupatini, M., Korthals, G.W., de Hollander, M., Janssens, Th.K.S., Kuramae, E.E. (2017): Soil microbiome is more heterogeneous in organic than in conventional farming system. *Frontiers in Microbiology*, 7: 2064.
- MacMillan, K., Haukeland, S., Rae, R., Young, I., Crawford, J., Hapca, S., Wilson, M. (2009): Dispersal patterns and behaviour of the nematode *Phasmarhabditis hermaphrodita* in mineral soils and organic media. *Soil Biology & Biochemistry*, 41 (7): 1483–1490.
- Maleita, C., Esteves, I., Chim, R., Fonseca, L., Braga, M.E.M., Abrantes, I., de Sousa, H.C. (2017): Naphthoquinones from walnut husk residues show strong nematicidal activities

- against the root-knot nematode *Meloidogyne hispanica*. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 5 (4): 3390–3398.
- Marbán-Mendoza, N., Manzanilla-López, R.H. (2012): Chemical and non-chemical tactics to control plant-parasitic nematodes. 729–759. pp. In: Manzanilla-López, R.H., Marbán-Mendoza, N. (Szerk.): *Practical plant nematology*. Biblioteca Basica de Agricultura: Montecillo, Mexico. 881 p.
- McSorley, R., Gallaher, R.N. (1995): Effect of yard waste compost on plant-parasitic nematode densities in vegetable crops. *Supplement to the Journal of Nematology*, 27 (4S): 545–549.
- Medina-Canales, M.G., Terroba-Escalante, P., Manzanilla-López, R.H., Tovar-Soto, A. (2019): Assessment of three strategies for the management of *Meloidogyne arenaria* on carrot in Mexico using *Pochonia chlamydosporia* var. *mexicana* under greenhouse conditions. *Biocontrol Science and Technology*, 29: 671–685.
- Mohácsi, M., Porpáczy, A., Kollányi, L., Szilágyi, K., (1965): Szamóca, málna, szeder. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 291 p.
- Mohawesh, O., Karajeh, M. (2015): Greenhouse evaluation of deficit irrigation on the growth of tomato and eggplant and their interactions with *Meloidogyne javanica*. *South African Journal of Plant and Soil*, 32 (1): 55–60.
- Mojumder, V., Kamra, A., Dureja, P. (2002): Effect of neem extracts on activity and mortality of second-stage juveniles of *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea*, 30: 83–84.
- Mukhtar, T., Kayani, M.Z., Hussain, M.A. (2013): Response of selected cucumber cultivars to *Meloidogyne incognita*. *Crop Protection*, (44): 13–17.
- Navarrete, M., Djian-Caporalino, C., Mateille, Th., Palloix, A., Sage-Palloix, A.-M., Lefèvre, A., Fazari, A., Marteu, N., Tavoillot, J., Dufils, A., Furnion, C., Pares, L., Forest, I. (2016): A resistant pepper used as a trap cover crop in vegetable production strongly decreases root-knot nematode infestation in soil. *Agronomy for Sustainable Development*, 36: 68.
- NÉBIH Termésnövelők adatbázisa.  
<https://termesnodelo.nebih.gov.hu/Engedelykereso/DocumentHandler.ashx?documentId=T343&documentName=Szelekt%c3%advkomposzt2015.pdf>
- Nermut', J. (2012): The persistence of *Phasmarhabditis hermaphrodita* (Rhabditida: Rhabditidae) in different substrates. *Russian Journal of Nematology*, 20 (1): 61–64.
- Ni, X., Song, W., Zhang, H., Yang, X., Wang, L. (2016): Effects of mulching on soil properties and growth of tea olive (*Osmanthus fragrans*). *PLoS ONE*, 11: e0158228.

- Nielsen, DC., Calderón, F.J. (2011): Fallow effects on soil. 287–300. pp. In: Hatfield, J.L., Sauer, T.J. (Szerk.): *Soil management: building a stable base for agriculture*. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, USA. 432 p.
- Nile, A.S., Nile, S.H., Keum, Y.S., Kim, D.H., Venkidasamy, B., Ramalingam, S. (2017): Nematicidal potential and specific enzyme activity enhancement potential of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) aerial parts. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 5. 4204–4213.
- Niu, Q., Huang, X., Zhang, L., Xu, J., Yang, D., Wei, K., Niu, X., An, Zh., Bennett, J.W., Zou, Ch., Yang, J., Zhang, K.-Q. (2010): A Trojan horse mechanism of bacterial pathogenesis against nematodes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107: 16631–16636.
- Ntalli, N.G., Menkissoglu-Spiroudi, U., Giannakou, I.O., Prophetou-Athanasiadou, D.A. (2009): Efficacy evaluation of a neem (*Azadirachta indica* A. Juss) formulation against root-knot nematodes *Meloidogyne incognita*. *Crop Protection*, (28): 489–494.
- Ntidi, K.N., Fourie, H., Mc Donald, A.H., De Waele, D., Mienie, Ch.M.S. (2012): Plant-parasitic nematodes associated with weeds in subsistence agriculture in South Africa. *Nematology*, 14 (7): 875–887.
- Nxumalo, K.A., Aremu, A.O., Fawole, O.A. (2021): Potentials of medicinal plant extracts as an alternative to synthetic chemicals in postharvest protection and preservation of horticultural crops: A review. *Sustainability*, 13: 5897.
- O'Halloran, D.M., Fitzpatrick, D.A., Burnell, A.M. (2006): The chemosensory system of *Caenorhabditis elegans* and other nematodes. 71–88. pp. In Dicke, M., Takken, W. (Szerk.): *Chemical ecology: From gene to ecosystem*. Springer Netherlands: Heidelberg, Germany. 192 p.
- Ogwulumba, S.I., Ugwuoke, K.I. (2011): The effect of coloured plastic mulches on the control of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica* Treub) infection on some tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivars. *International Journal of Plant Pathology*, 2: 26–34.
- Ogwulumba, S.I., Ugwuoke, K.I., Ogbuji, R.O. (2011): Reaction of tomato cv. Roma VF (*Solanum lycopersicum*) to *Meloidogyne javanica* Treub infestation in an ultisol treated with aqueous leaf extracts of bitter leaf (*Vernonia amygdalina* L.) and mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Plant Protection Research*, 51 (1): 14–17.
- Ononuju, C.C., Ikwunagu, E.A., Okorocho, A.D., Okorie, C.C. (2014): Effects of different agricultural wastes and botanical on root knot nematode (*Meloidogyne* spp.) on okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Journal of Entomology and Nematology*, 6 (5): 56–61.

- Orion, D., Franck, A. (1990): An electron microscopy study of cell wall lysis by *Meloidogyne javanica* gelatinous matrix. *Revue de Nematologie*, 13: 105–107.
- Osei, K., Addico, R., Nafeo, A., Edu-Kwarteng, A., Agyemang, A., Danso, Y., Sackey-Asante, J. (2011): Effect of some organic waste extracts on hatching of *Meloidogyne incognita* eggs. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (10): 2255–2259.
- Oso, A.A., Ramakuwela, T., Ashafa, A.O.T. (2021): Compatibility of entomopathogenic nematodes with plant extracts and post-exposure virulence test under laboratory condition. *Turkish Journal of Zoology*, 45: 384–394
- Pane, C., Piccolo, A., Spaccini, R., Celano, G., Villecco, D., Zaccardelli, M. (2013): Agricultural waste-based composts exhibiting suppressivity to diseases caused by the phytopathogenic soil-borne fungi *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor*. *Applied Soil Ecology*, 65: 43–51.
- Papp O., Cseperkálóné Mirek B. (2015): A paradicsom ökológiai termesztése. Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet, Budapest. 40 p.
- Pavela, R. (2016): History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects – A review. *Plant Protection Science*, 52 (4): 229–241.
- Peng, S., Jay-Allemand, C. (1991): Use of antioxidants in extraction of tannins from walnut plants. *Journal of Chemical Ecology*, 17: 887–896.
- Petrikovszki R., Körösi K., Tóth F. (2018): Lehet-e barát az ellenség? – mesterséges *Meloidogyne*-fertőzés lehetséges pozitív hatásai tenyészedényes paradicsomon. *Növényvédelem*, 54 (5): 189–195.
- Phani, V., Khan, M.R., Dutta, T.K. (2021): Plant-parasitic nematodes as a potential threat to protected agriculture: Current status and management options. *Crop Protection*, 144: 105573.
- Pinamonti, F. (1998): Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51: 239–248.
- Pivato, A., Raga, R., Lavagnolo, M.C., Vanin, S., Barausse, A., Palmeri, L., Cossu, R. (2016): Assessment of compost dosage in farmland through ecotoxicological tests. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 18: 303.
- Ponder, F., Tadros, S.H. (1985): Juglone concentration in soil beneath black walnut interplanted with nitrogen-fixing species. *Journal of Chemical Ecology*, 11 (7): 937–942.
- Prasad, B.C. Reed, R.R., (1999): Chemosensation: molecular mechanisms in worms and mammals. *Trends in Genetics*, 15: 150–153.

- Prot, J.C. (1980): Migration of plant-parasite nematodes towards plant roots. *Révue de Nematologie*, 3: 305–318.
- Pupalienè, R., Sinkevičienè, A., Jodaugienè, D., Bajorienè, K. (2015): Weed control by organic mulch in organic farming system. 65–86. p. In: Pilipavičius, V. (Szerk.): *Weed Biology and Control*. InTech: Rijeka, Croatia. 134 p.
- Pusztai P. (2010): Talajtakarási módszerek összehasonlító értékelése paradicsomtermesztésben. Doktori (PhD) értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 156 p.
- Qamar, F. M., Safed, M., Kapadia, Z., Seema, NN., Badar, Y. (1989): Nematicidal properties of crude extracts of some indigenous plants, Part I. *Pakistan Journal of Science and Industrial Research*, 32: 600–602.
- Radwan, M.A., Farrag, S.A.A., Abu- Elamayem, M.M., Ahmed, N.S. (2012): Biological control of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on tomato using bioproducts of microbial origin. *Applied Soil Ecology*, (56): 58–62.
- Reddy, B.M.R., Krishnappa, K., Kasura, K. (1996): Management of root-knot nematode on tomato by seedlings base- root dips in chemicals. *Journal of Soil Biology and Ecology*, 16: 145–147.
- Ritzinger, C.H.S.P., McSorley, R. Gallaher, R.N. (1998): Effect of *Meloidogyne arenaria* and mulch type on okra in microplot experiments. *Supplement to the Journal of Nematology*, 30 (4S): 616– 623.
- Robinson, A.F., Saldana, G. (1989): Characterization and partial purification of attractants for nematode *Orrina phyllobia* from foliage of *Solanum elaeagnifolium*. *Journal of Chemical Ecology*, 15: 481–495.
- Rocha, T.L., Soll, C.B., Boughton, B.A., Silva, T.S., Oldach, K., Firmino, A.A.P., Callahan, D.L., Sheedy, J., Silveira, E.R., Carneiro, R.M.D.G., Silva, L.P., Polez, V.L.P., Pelegrini, P.B., Bacic, A., Grossi-de-Sa, M.F., Roessner, U. (2017): Prospection and identification of nematotoxic compounds from *Canavalia ensiformis* seeds effective in the control of the root knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Biotechnology Research and Innovation*, 1: 87–100.
- Rostami, M., Majid Olia, M. Arabi, M. (2014): Evaluation of the effects of earthworm *Eisenia fetida*-based products on the pathogenicity of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) infecting cucumber. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 3: 58.
- Ruszkai Gy. (2011): Komposztáljunk diólevelet! *Biokultúra*, 22 (5): 10–11.

- Scutareanu, P., Lingeman, R. (1994): Natural content of phenols and tannin in *Quercus robur* leaves related to development of *Euproctis chrysorrhoea* caterpillars. *Acta Horticulturae*, 381: 738–741.
- Seres A., Szakálas J., Boros G., Ónodi G., Kröel-Dulay Gy., Nagy, P. (2018): Feeding preference of three Collembola species on two plant residues. *Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 5 (1): 45–49.
- Serfoji, P., Rajeshkumar, S., Selvaraj, T. (2010): Management of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on tomato cv Pusa Ruby. by using vermicompost, AM fungus, *Glomus aggregatum* and mycorrhiza helper bacterium, *Bacillus coagulans*. *Journal of Agricultural Technology*, 6 (1): 37–45
- Šernaitė, L. (2017): Plant extracts: antimicrobial and antifungal activity and appliance in plant protection (Review). *Sodininkystė ir Daržininkystė*, 36 (3–4): 58–68.
- Shapiro, D.I., Obrycki, J.J., Lewis, L.C., Jackson, J.J. (1999): Effects of crop residue on the persistence of *Steinernema carpocapsae*. *Journal of Nematology*, 31 (4): 517–519.
- Shapiro-Ilan, D.I., Gouge, D.H., Piggott, S.J., Fife, J.P. (2006): Application technology and environmental considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control. *Biological Control*, 38: 124–133.
- Shapiro-Ilan, D.I., Han, R., Dolinski, C. (2012): Entomopathogenic nematode production and application technology. *Journal of Nematology*, 44 (2): 206–217.
- Sharma, N., Trivedi, P.C. (2002): Screening of leaf extracts of some plants for their nematocidal and fungicidal properties against *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum*. *Asian Journal of Experimental Sciences*, 16 (1&2): 21–28.
- Sharon, E., Chet, I., Spiegel, Y. (2011): *Trichoderma* as a biological control agent. 183–201. pp. In: Davies, K., Spiegel, Y. (Szerk): *Biological control of plant-parasitic nematodes: Building coherence between microbial ecology and molecular mechanisms, Progress in biological control*. Springer Netherlands: Heidelberg, Germany. 314 p.
- Siddiqui, Z. A., Mahmood, I. (1998): Effect of a plant growth promoting bacterium, an AM fungus and soil types on the morphometrics and reproduction of *Meloidogyne javanica* on tomato. *Applied Soil Ecology*, (8): 77–84.
- Sikora R.A., Bridge J., Starr J.L. (2005): Management practices: an overview of integrated nematode management technologies. 793–825. pp. In: Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. (Szerk.): *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*, 2nd ed. CAB International, Wallingford, UK. 898 p.
- Simsek, U., Erdel, E., Barik, K. (2009): Effect of mulching on soil moisture and some soil characteristics. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26: 7437–7443.

- Singh, U.B., Sahu, A., Sahu, N., Singh, B.P., Singh, R.K., Renu, Singh, D.P., Jaiswal, R.K., Sarma, B.K., Singh, H.B., Manna, M.C., Subba Rao, A., Rajendra Prasad, S. (2013): Can endophytic *Arthrobotrys oligospora* modulate accumulation of defence related biomolecules and induced systemic resistance in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) against root knot disease caused by *Meloidogyne incognita*. *Applied Soil Ecology*, (63): 45–56.
- Sinkevičienė, A., Jodaugienė, D., Pupalienė, R., Urbonienė, M. (2009): The influence of organic mulches on soil properties and crop yield. *Agronomy Research*, 7: 485–491.
- Small, R. (1979): The effects of predatory nematodes on populations of plant parasitic nematodes in pots. *Nematologica*, 25: 94–103.
- Soltys, D., Krasuska, U., Bogatek, R., Gniazdowska, A. (2013): Allelochemicals as bioherbicides – present and perspective. 517–542. pp. In: Price, A.J., Kelton, J.A. (Szerk.): *Herbicides – current research and case studies in use*. InTech Rijeka, Croatia. 666 p.
- Spiegel, Y., Sharon, E., Bar-Eyal, M. (2007): Evaluation and mode of action of *Trichoderma* isolates as biocontrol agents against plant-parasitic nematodes. *IOBC WPRS Bulletin*, 30: 129–133.
- Spiegel, Y., Sharon, E., Chet, I. (2005): Mechanisms and improved biocontrol of the root-knot nematodes by *Trichoderma* spp. *Acta Horticulturae*, 698: 225–228.
- Stark, J.D. (1996): Entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae): Toxicity of neem. *Ecotoxicology*, 89: 68–73.
- Stavi, I. (2020): On-site use of plant litter and yard waste as mulch in gardening and landscaping systems. *Sustainability*, 12: 7521.
- Steel, H., Ferris, H. (2016): Soil nematode assemblages indicate the potential for biological regulation of pest species. *Acta Oecologica*, 73: 87–96,
- Steel, H., Vandecasteele, B., Willekens, K., Sabbe, K., Moens, T., Bert, W. (2012): Nematode communities and macronutrients in composts and compost-amended soils as affected by feedstock composition. *Applied Soil Ecology*, 61: 100–112.
- Stirling, G.R. (1991): Biological control of plant parasitic nematodes: Progress, problems and prospects. CAB International: Wallingford, UK. 282 p.
- Stirling, G.R., Halpin, N.V., Bell, M.J. (2011): A surface mulch of crop residues enhances suppressiveness to plant parasitic nematodes in sugarcane soils. *Nematropica*, 41: 109–121.
- Stubbs, T.L., Kennedy, A.C., Schillinger, W. (2004): Soil ecosystem changes during the transition to no-till cropping. *Journal of Crop Improvement*, 11: 105–135.

- Sunart I. (2015): The effectiveness test of biological materials from the earthworm (*Lumbricus rubellus*) to the development of root knot nematodes population (*Meloidogyne* spp.) on the tomato crops of Karina Variety (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 4 (3): 224–233.
- Suteu, D., Rusu, L., Zaharia, C., Badeanu, M., Daraban, G.M. (2020): Challenge of utilization vegetal extracts as natural plant protection products. *Applied Sciences*, 10: 8913.
- Südiné Fehér A., Erdős E., Tóthné Bogdányi F., Turóczi Gy., Tóth F. (2019): *Metarhizium anisopliae* és *Trichoderma asperellum* kölcsönhatásának vizsgálata laboratóriumi és szabadföldi körülmények között. *Növényvédelem*, 80 (7): 295–303.
- Südiné Fehér A., Mészárosné Póss A., Tóth F., Turóczi Gy. (2017): Termésmenvelés és károsítók elleni védekezés burgonyában szerves talajtakaró anyagokkal. *Biokultúra*, 28 (5): 14–15.
- Szakálas J., Kröel-Dulay Gy., Kerekes I., Seres A., Ónodi G. & Nagy P. (2015): Extrém szárazság és a növényzeti borítottság hatása szabadon élő fonálféreg együttesek denzitására. *Természetvédelmi Közlemények*, (21): 293–300.
- Talavera, M., Itou, K., Mizukubo, T. (2001): Reduction of nematode damage by root colonization with arbuscular mycorrhiza (*Glomus* spp.) in tomato-*Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Meloidogynidae) and carrot-*Pratylenchus penetrans* (Tylenchida: Pratylenchidae) pathosystems. *Applied Entomology and Zoology*, 36 (3): 387–392.
- Taylor, A.L., Sasser, J.N. (1978): Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). A cooperative publication of North Carolina State University, Dept. of Plant Pathology, and USAID, Raleigh, NC, USA. 111 p.
- Thomas, S.H., Schroeder, J., Murray, L.W. (2005): Symposium the role of weeds in nematode management. *Weed Science*, 53: 923–928.
- Tihohod, D. (1993): Nematologia Agrícola Aplicada. FUNEP: Jaboticabal, Brasil. 372 p.
- Tirczka I., Hayes, M., Prokaj E. (2015): Evaluation of walnut (*Juglans regia* L.) leaf compost as growing media. *Hungarian Agricultural Research: Environmental Management Land Use Biodiversity*, 24 (2): 27–30.
- Tirczka I., Molnár E., Prokaj E. (2014): Diólevél komposzt hatása római saláta növekedésére, *Kertgazdaság*, 46 (4): 55–66.
- Towson, A.J., Apt, W.J. (1983): Effect of soil water potential on survival of *Meloidogyne javanica* in fallow soil. *Journal of Nematology*, 15 (1): 110–115.
- Tzortzakakis, E.A., Vieira dos Santos, M.-C., Conceição, I. (2016): An update on the occurrence of resistance-breaking populations of root-knot nematodes (*Meloidogyne*

- spp.) on resistant tomato in Greece with six new records from Crete. *Hellenic Plant Protection Journal*, 9: 60–65.
- Udo, I. A., Ugwuoke, K. I., Ukeh, D. A. (2008): Antagonistic effect of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on Pepper Veinal Mottle Virus (PVMV) (Genus: Potyvirus) infecting nigerian pepper (*Capsicum* sp.) lines. *Agricultural Journal*, 3 (1): 31–35.
- van Capelle, C., Meyer-Wolfarth, F., Meiners, T., Schrader, S. (2021): *Lumbricus terrestris* regulating the ecosystem service/disservice balance in maize (*Zea mays*) cultivation. *Plant and Soil*, 462 (1–2): 459–475.
- Vedhera, I., Tiwari, S.P., Dave, G.S. (1998): Integrated management of root- knot nematode, *Meloidogyne incogita* in ginger. *Indian Phytopathology*, 51: 161–163.
- Vierheilig, H., Coughlan, A. P., Wyss, U., Piché, Y. (1998): Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 64 (12): p. 5004–5007.
- Von Heynitz, K., (2000): Kompost im garten. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, Deutschland. 127 p.
- Vos, C., Claerhout, S., Mkandawire, R., Panis, B., De Waele, D., Elsen, A. (2012b): Arbuscular mycorrhizal fungi reduce root-knot nematode penetration through altered root exudation of their host. *Plant Soil*, (354): 335–345.
- Vos, C.M., Tesfahun, A.N., Panis, B., De Waele, D., Elsen, A. (2012a): Arbuscular mycorrhizal fungi induce systemic resistance in tomato against the sedentary nematode *Meloidogyne incognita* and the migratory nematode *Pratylenchus penetrans*. *Applied Soil Ecology*, (61): 1–6.
- Walkley, A. (1947): A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63, 251–263.
- Wang, C., Bruening, G., Williamson, V.M. (2009): Determination of preferred pH for root-knot nematode aggregation using pluronic F-127 gel. *Journal of Chemical Ecology*, 35: 1242–1251.
- Wang, J., Zeng, G., Huang, X., Wang, Z., Tan, N. (2017): 1,4-Naphthoquinone triggers nematode lethality by inducing oxidative stress and activating insulin/IGF signaling pathway in *Caenorhabditis elegans*. *Molecules*, 22 (5): 798.
- Wang, Q., Xu, Z., Hu, T., Rehman, H.ur, Chen, H., Li, Z., Ding, B. Hu, H. (2014): Allelopathic activity and chemical constituents of walnut (*Juglans regia*) leaf litter in walnut–winter vegetable agroforestry system. *Natural Product Research*, 28 (22): 2017–2020.

- Westerdahl, B.B. (2020): Evaluation of trap cropping for management of root-knot nematodes on annual crops. *Acta Horticulturae*, 1270: 141–146.
- Williams, S.T., Gray, T.R.G. (1974): Decomposition of litter on the soil surface. 611–632. pp. In: Dickinson, C.H., Pugh, G.J.F. (Szerk.): *Biology of plant litter decomposition, Volume 2*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. 622 p.
- Wilson, M.J., Glen, D.M., George, S.K. (1993): The rhabditid nematode *Phasmarhabditis hermaphrodita* as a potential biological control agent for slugs. *Biocontrol Science and Technology*, 3: 503–511.
- Wilson, M.J., Grewal, P.S. (2005): Biology, production and formulation of slug-parasitic nematodes. 421–429. pp. In: Grewal, P.S., Ehlers, R.-U., Shapiro-Ilan, D.I. (Szerk.): *Nematodes as biocontrol agents*. CAB International, Wallingford, UK. 528 p.
- Wilson, M.J., Grewal, P.S. (2005): Biology, production and formulation of slug-parasitic nematodes. 421–429. pp. In: Grewal, P.S., Ehlers, R.-U., Shapiro-Ilan, D.I. (Szerk.): *Nematodes as biocontrol agents*. CAB International, Wallingford, UK. 528 p.
- Xiao, Z., Liu, M., Jiang, L., Chen, X., Griffiths, B.S., Li, H., Hu, F. (2016): Vermicompost increases defense against root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in tomato plants. *Applied Soil Ecology*, (105): 177–186.
- Yeates, G.W., Shepherd, T.G., Francis, G.S. (1998): Contrasting response to cropping of populations of earthworms and predacious nematodes in four soils. *Soil Tillage Research*, 48: 255–264.
- Zeck, W.M. (1971): A rating scheme for field evaluation of root-knot infestations. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer AG*, 24: 141–144.
- Zhai, Y., Shao, Z., Cai, M., Zheng, L., Li, G., Huang, D., Cheng, W., Thomashow, L.S., Weller, D.M., Yu, Z., Zhang, J. (2018): Multiple modes of nematode control by volatiles of *Pseudomonas putida* 1A00316 from Antarctic soil against *Meloidogyne incognita*. *Frontiers in Microbiology*, 9: 253.
- Zhao, C., Li, Y., Li, Y., Zhang, C., Miao, Y., Liu, M., Zhuang, W., Shao, Y., Zhang, W., Fu, S. (2021): Considerable impacts of litter inputs on soil nematode community composition in a young *Acacia crassicapa* plantation. *Soil Ecology Letters*, 3: 145–155.

## 9.2 További mellékletek

### 9.2.1. melléklet Bonitálási skálák, Gödöllő, Welch-teszt

| 2016                                         |         |         |        |                                                 |          |         |        |                                                 |          |         |        |
|----------------------------------------------|---------|---------|--------|-------------------------------------------------|----------|---------|--------|-------------------------------------------------|----------|---------|--------|
| Zeck                                         |         |         |        | Garabedian és Van Gundy                         |          |         |        | Mukhtar                                         |          |         |        |
| N-                                           | N+      |         |        | N-                                              | N+       |         |        | N-                                              | N+       |         |        |
| N:                                           | 48      |         |        | N:                                              | 48       |         |        | N:                                              | 48       |         |        |
| Mean:                                        | 0,4375  | Mean:   | 2,4375 | Mean:                                           | 0,25     | Mean:   | 1,6042 | Mean:                                           | 0,35417  | Mean:   | 2,625  |
| Median:                                      | 0       | Median: | 2,5    | Median:                                         | 0        | Median: | 1      | Median:                                         | 0        | Median: | 2      |
| t test                                       |         |         |        | t test                                          |          |         |        | t test                                          |          |         |        |
| Mean diffe 2 95% conf.: (1,4778 2,5222)      |         |         |        | Mean diffe 1,3542 95% conf.: (0,86943 1,8389)   |          |         |        | Mean diffe 2,2708 95% conf.: (1,6377 2,904)     |          |         |        |
| t : -7,7051 p (same m 7,04E-10)              |         |         |        | t : -5,6201 p (same m 1,01E-06)                 |          |         |        | t : -7,215 p (same m 3,86E-09)                  |          |         |        |
| Exact test not executed (N>22)               |         |         |        | Exact test not executed (N>22)                  |          |         |        | Exact test not executed (N>22)                  |          |         |        |
| Sign test                                    |         |         |        | Sign test                                       |          |         |        | Sign test                                       |          |         |        |
| r : 34 p (same m 2,10E-09)                   |         |         |        | r : 31 p (same m 1,31E-07)                      |          |         |        | r : 35 p (same m 1,08E-09)                      |          |         |        |
| Wilcoxon test :                              |         |         |        | Wilcoxon test :                                 |          |         |        | Wilcoxon test :                                 |          |         |        |
| W : 618,5                                    |         |         |        | W : 533                                         |          |         |        | W : 661                                         |          |         |        |
| Normal ap 5,042 p (same m 4,61E-07)          |         |         |        | Normal ap 4,5798 p (same m 4,66E-06)            |          |         |        | Normal ap 5,1839 p (same m 2,17E-07)            |          |         |        |
| Monte Car p (same m 1,00E-05)                |         |         |        | Monte Car p (same m 1,00E-05)                   |          |         |        | Monte Car p (same m 1,00E-05)                   |          |         |        |
| Exact test not executed (N>22)               |         |         |        | Exact test not executed (N>22)                  |          |         |        | Exact test not executed (N>22)                  |          |         |        |
| 2017                                         |         |         |        |                                                 |          |         |        |                                                 |          |         |        |
| Zeck                                         |         |         |        | Garabedian és Van Gundy                         |          |         |        | Mukhtar                                         |          |         |        |
| N-                                           | N+      |         |        | N-                                              | N+       |         |        | N-                                              | N+       |         |        |
| N:                                           | 48      |         |        | N:                                              | 48       |         |        | N:                                              | 48       |         |        |
| Mean:                                        | 0,10417 | Mean:   | 3,6875 | Mean:                                           | 0,041667 | Mean:   | 1,625  | Mean:                                           | 0,041667 | Mean:   | 2,7292 |
| Median:                                      | 0       | Median: | 4      | Median:                                         | 0        | Median: | 1      | Median:                                         | 0        | Median: | 3      |
| t test                                       |         |         |        | t test                                          |          |         |        | t test                                          |          |         |        |
| Mean diffe 3,5833 95% conf.: (2,819 4,3477)  |         |         |        | Mean diffe 1,5833 95% conf.: (1,1691 1,9976)    |          |         |        | Mean diffe 2,6875 95% conf.: (2,0675 3,3075)    |          |         |        |
| t : -9,4313 p (same m 2,05E-12)              |         |         |        | t : -7,6889 p (same m 7,45E-10)                 |          |         |        | t : -8,7196 p (same m 2,20E-11)                 |          |         |        |
| Exact test not executed (N>22)               |         |         |        | Exact test not executed (N>22)                  |          |         |        | Exact test not executed (N>22)                  |          |         |        |
| Sign test                                    |         |         |        | Sign test                                       |          |         |        | Sign test                                       |          |         |        |
| r : 34 p (same m 1,16E-10)                   |         |         |        | r : 35 p (same m 5,82E-11)                      |          |         |        | r : 35 p (same m 5,82E-11)                      |          |         |        |
| Wilcoxon test :                              |         |         |        | Wilcoxon test :                                 |          |         |        | Wilcoxon test :                                 |          |         |        |
| W : 595                                      |         |         |        | W : 630                                         |          |         |        | W : 630                                         |          |         |        |
| Normal ap 5,1199 p (same m 3,06E-07)         |         |         |        | Normal ap 5,2148 p (same m 1,84E-07)            |          |         |        | Normal ap 5,1834 p (same m 2,18E-07)            |          |         |        |
| Monte Car p (same m 1,00E-05)                |         |         |        | Monte Car p (same m 1,00E-05)                   |          |         |        | Monte Car p (same m 1,00E-05)                   |          |         |        |
| Exact test not executed (N>22)               |         |         |        | Exact test not executed (N>22)                  |          |         |        | Exact test not executed (N>22)                  |          |         |        |
| 2019                                         |         |         |        |                                                 |          |         |        |                                                 |          |         |        |
| Zeck                                         |         |         |        | Garabedian és Van Gundy                         |          |         |        | Mukhtar                                         |          |         |        |
| N-                                           | N+      |         |        | N-                                              | N+       |         |        | N-                                              | N+       |         |        |
| N:                                           | 48      |         |        | N:                                              | 48       |         |        | N:                                              | 48       |         |        |
| Mean:                                        | 2,4167  | Mean:   | 2,7917 | Mean:                                           | 1,0833   | Mean:   | 1,2708 | Mean:                                           | 1,7083   | Mean:   | 1,9792 |
| Median:                                      | 2       | Median: | 3      | Median:                                         | 1        | Median: | 1      | Median:                                         | 1        | Median: | 2      |
| t test                                       |         |         |        | t test                                          |          |         |        | t test                                          |          |         |        |
| Mean diffe 0,375 95% conf.: (-0,8164 1,5664) |         |         |        | Mean diffe 0,1875 95% conf.: (-0,38282 0,75782) |          |         |        | Mean diffe 0,27083 95% conf.: (-0,49797 1,0396) |          |         |        |
| t : -0,6332 p (same m 0,52967)               |         |         |        | t : -0,66139 p (same m 0,51159)                 |          |         |        | t : -0,70869 p (same m 0,48202)                 |          |         |        |
| Exact test not executed (N>22)               |         |         |        | Exact test not executed (N>22)                  |          |         |        | Exact test not executed (N>22)                  |          |         |        |
| Sign test                                    |         |         |        | Sign test                                       |          |         |        | Sign test                                       |          |         |        |
| r : 24 p (same m 0,4408)                     |         |         |        | r : 21 p (same m 0,74926)                       |          |         |        | r : 25 p (same m 0,36038)                       |          |         |        |
| Wilcoxon test :                              |         |         |        | Wilcoxon test :                                 |          |         |        | Wilcoxon test :                                 |          |         |        |
| W : 491,5                                    |         |         |        | W : 412,5                                       |          |         |        | W : 540                                         |          |         |        |
| Normal ap 0,50256 p (same m 0,61527)         |         |         |        | Normal ap 0,32151 p (same m 0,74782)            |          |         |        | Normal ap 0,81703 p (same m 0,41391)            |          |         |        |
| Monte Car p (same m 0,62286)                 |         |         |        | Monte Car p (same m 0,75228)                    |          |         |        | Monte Car p (same m 0,41859)                    |          |         |        |
| Exact test not executed (N>22)               |         |         |        | Exact test not executed (N>22)                  |          |         |        | Exact test not executed (N>22)                  |          |         |        |

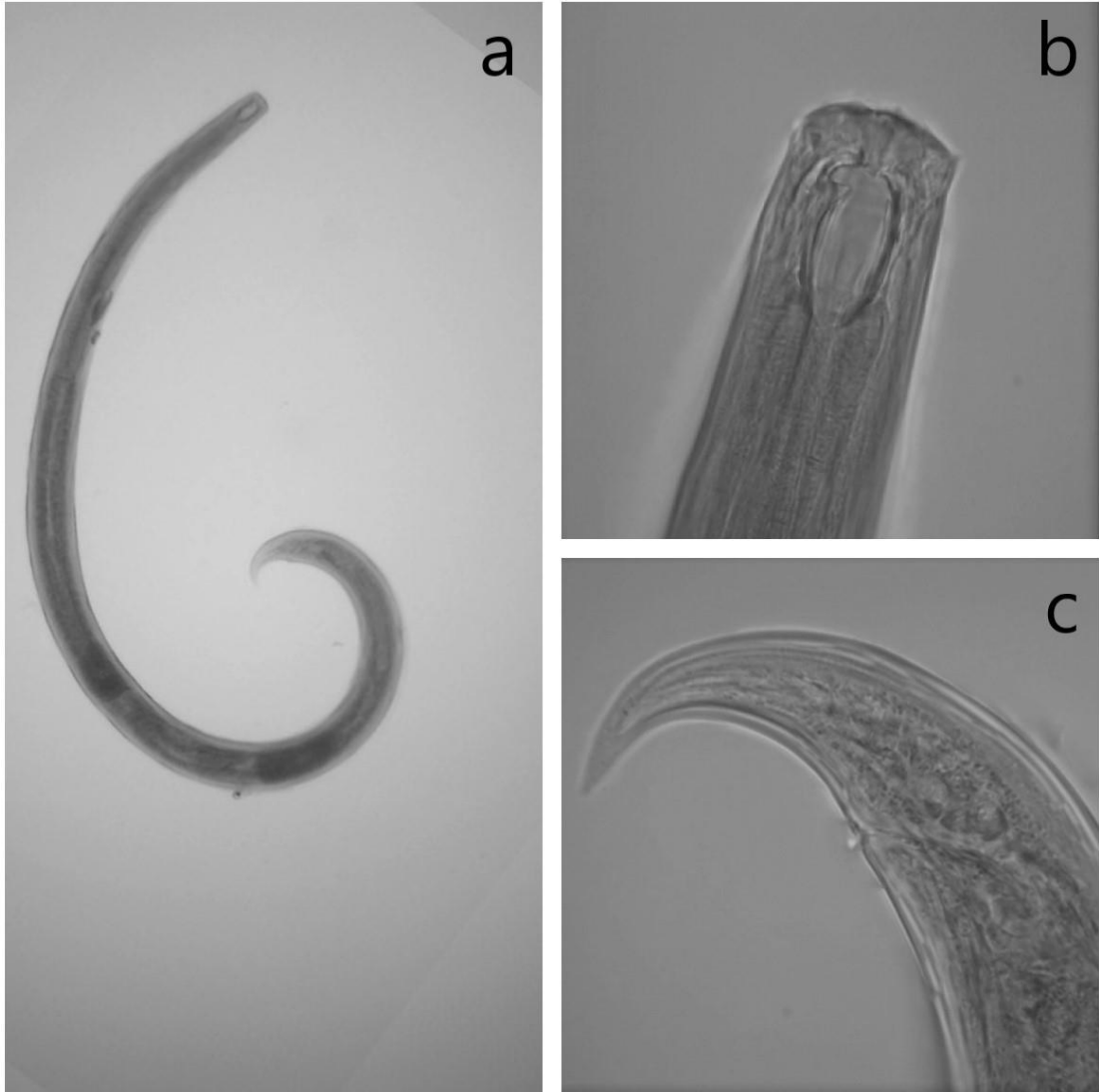
### 9.2.2. melléklet Földigilisztá egyedszám a talajtakarás függvényében, Gödöllő, Welch-teszt

| Földigilisztá - Zeck                                 |          | T-      | T+                 |
|------------------------------------------------------|----------|---------|--------------------|
| Gilisztá                                             | Zeck     | N:      | 24                 |
| Gilisztá                                             | 0,27688  | Mean:   | 4,2917 Mean: 8,375 |
| Zeck                                                 | -0,16015 | Median: | 3 Median: 6,5      |
| t test                                               |          |         |                    |
| Mean difference: 4,0833 95% conf.: (1,4304 6,7362)   |          |         |                    |
| t: -3,1841 p (same mean): 0,004133                   |          |         |                    |
| Exact test not executed (N>22)                       |          |         |                    |
| Sign test                                            |          |         |                    |
| r: 15 p (same mean): 0,21004                         |          |         |                    |
| Wilcoxon test:                                       |          |         |                    |
| W: 224,5                                             |          |         |                    |
| Normal approximation: 2,6338 p (same mean): 0,008444 |          |         |                    |
| Monte Carlo p (same mean): 0,00655                   |          |         |                    |
| Exact test not executed (N>22)                       |          |         |                    |

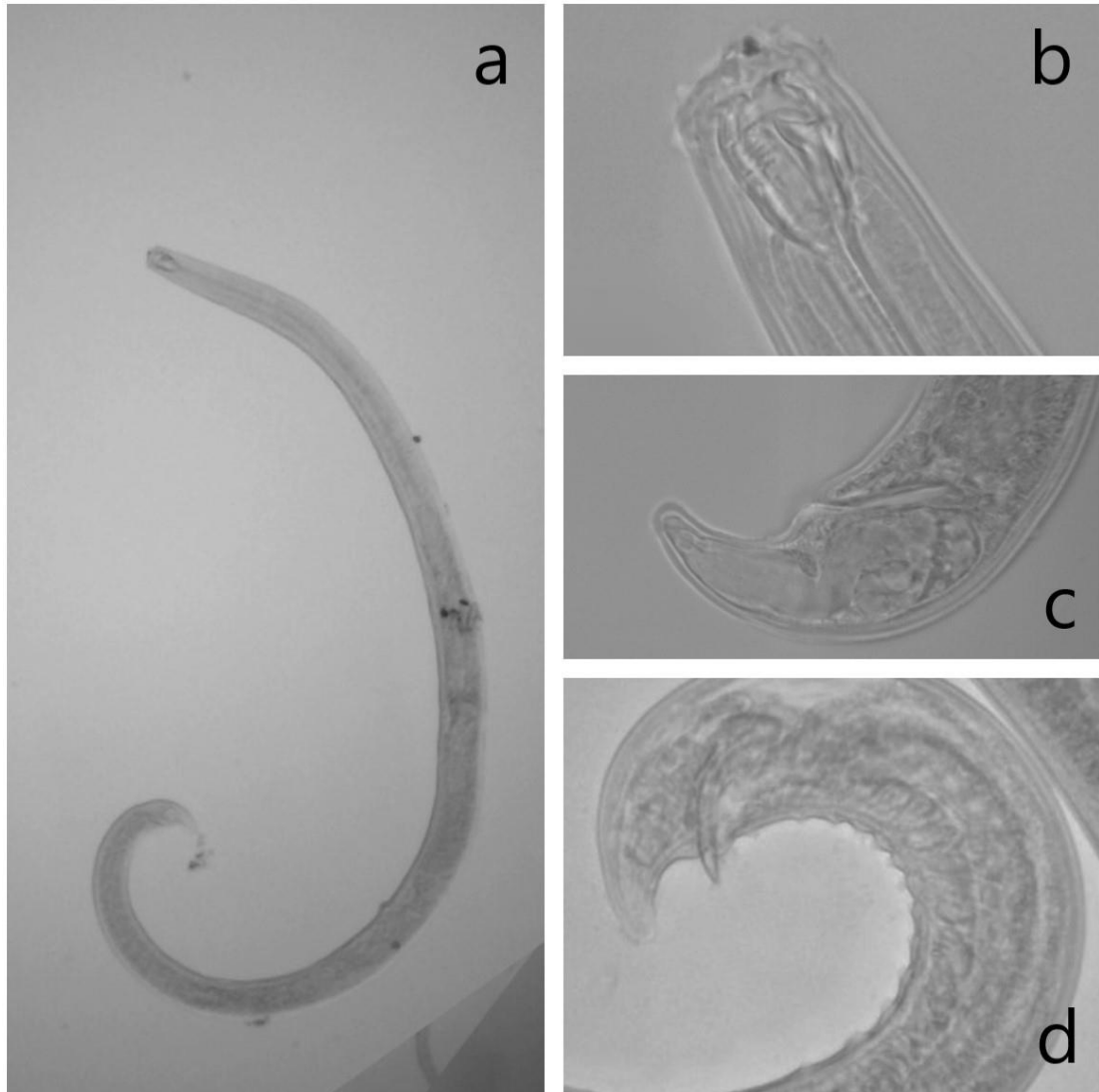
### 9.2.3. melléklet Független változók szabadonélő, nem ragadozó és Mononchida ragadozó fonálférgek mennyiségi viszonyaira gyakorolt hatása

| multiple linear regression |          |          |          |          |          |                            |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------------------|
| nem ragadozók              |          |          |          |          |          |                            |
|                            | Coeff.   | Std.err. | t        | p        | R^2      | Dependent variable: c1     |
| Constant                   | -82696   | 14178    | -5,8326  | 1,17E-08 |          | N: 384                     |
| Évjárat                    | 41,076   | 7,0276   | 5,845    | 1,10E-08 | 0,082481 | Multiple R: 0,29563        |
| Takarás                    | 6,5885   | 15,714   | 0,41927  | 0,67525  | 0,000424 | Multiple R2: 0,0874        |
| Öntözés                    | 4,0833   | 18,145   | 0,22504  | 0,82207  | 0,000122 | Multiple R2 adj.: 0,075329 |
| <i>M. incognita</i>        | 13,089   | 15,714   | 0,83291  | 0,40542  | 0,001675 |                            |
| Mikorrhiza                 | 23,49    | 22,223   | 1,057    | 0,29119  | 0,002697 | ANOVA                      |
|                            |          |          |          |          |          | F: 7,2402                  |
|                            |          |          |          |          |          | df1, df2: 5, 378           |
|                            |          |          |          |          |          | p: 1,72E-06                |
| ragadozók                  |          |          |          |          |          |                            |
|                            | Coeff.   | Std.err. | t        | p        | R^2      | Dependent variable: c1     |
| Constant                   | -980,72  | 319,06   | -3,0738  | 0,002267 |          | N: 384                     |
| Évjárat                    | 0,48646  | 0,15815  | 3,076    | 0,002251 | 0,023329 | Multiple R: 0,26079        |
| Takarás                    | 1,474    | 0,35362  | 4,1682   | 3,81E-05 | 0,042836 | Multiple R2: 0,068012      |
| Öntözés                    | -0,15972 | 0,40833  | -0,39116 | 0,6959   | 0,000377 | Multiple R2 adj.: 0,055684 |
| <i>M. incognita</i>        | -0,23437 | 0,35362  | -0,66278 | 0,50787  | 0,001083 |                            |
| Mikorrhiza                 | 0,19792  | 0,5001   | 0,39576  | 0,69251  | 0,000386 | ANOVA                      |
|                            |          |          |          |          |          | F: 5,5169                  |
|                            |          |          |          |          |          | df1, df2: 5, 378           |
|                            |          |          |          |          |          | p: 6,44E-05                |

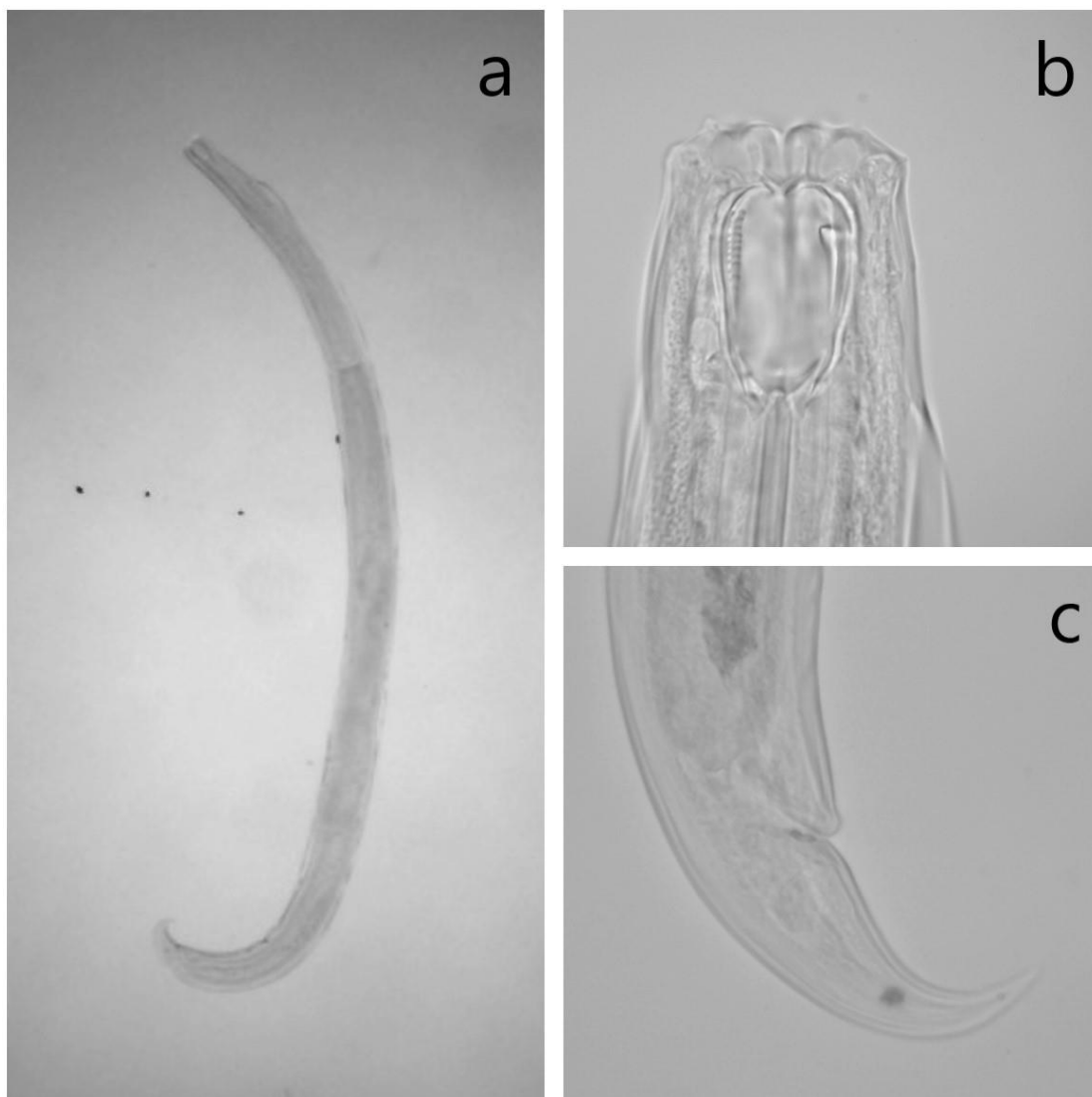
9.2.4. melléklet *Clarkus papillatus* (Bastian, 1865): (a) habitus, (b) szájüreg, (c) farok; 200×-os nagyítás alatt (a), 400×-os nagyítás alatt (b, c) (Fotó: Petrikovszki Renáta)



**9.2.5. melléklet *Mylonchulus brachyuris* (Bütschli, 1873): nőtény egyed (a) habitus, (b) szájüreg, (c) farok; hím egyed farok (d); 200×-os nagyítás alatt (a), 400×-os nagyítás alatt (b, c, d) (Fotó: Petrikovszki Renáta).**



9.2.6. melléklet *Prionchulus punctatus* (Cobb, 1917): (a) habitus, (b) szájüreg, (c) farok;  
200×-os nagyítás alatt (a), 400×-os nagyítás alatt (b, c) (Fotó: Petrikovszki Renáta)



## 10. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni konzulenseim, Dr. Tóth Ferenc és Dr. Nagy Péter végtelen segítségét és türelmét. Köszönöm, hogy még a mesterképzésen elindítottak a kutatói pályán és segítettek nemcsak a kísérletek és a különböző vizsgálatok kitalálásában és megvalósításában, hanem sokszor lelkileg is támogatást nyújtottak.

Külön köszönöm Dr. Simon Barbarának és Dr. Zalai Mihálynak, hogy fordulhattam hozzájuk a kérdéseimmel. További köszönet illeti Dr. Kiss Lola Virágot, Dr. Neményi Andrást, Dr. Pék Zoltánt, Dr. Posta Katalint a szakmai tanácsokért, valamint Gergely Ildikót, Lénárt Zoltánnét, Szöcs Tündér Ilonát és Ványiné Surman Ildikót a laboratóriumi segítségért.

Köszönöm Tóthné Bogdányi Franciska végtelen, elképesztően gyors és pontos segítségét, amelyet a kéziratok és bármilyen írott anyagunk angolra fordításába fektetett.

A kísérletek és a publikációk többsége nem jöhetett volna létre barátaim, MSc-, és PhD-hallgatótársaim, valamint diplomaterves hallgatóim segítségével, odaadása és szorgalma nélkül: Bodor-Zanker Angéla, Bognár Domonkos, Boziné Pullai Krisztina, Bujtás Olimpia, Czuppon Máté, Csillag Zsófia, Erdei Mónika, Erdélyi Mónika, Erdős Eszter, Ftaimi Nataly, Füredi Máté, Jakusovszky Robin, Knáb László, Horváth Kitti, Huli János, Mészárosné Póss Anett, Mitykó Zoltán, Nagy István, Pajor Péter, Péter Béla, Dr. Pratik Doshi, Putnoky Csicsó Barna, Rózsa Nándor, Simonitsné Krausz Dóra, Somogyi Eszter, Südiné Fehér Anikó, Szabó Tamás, Szegedi Áron Mátyás, Szunyog Tímea, Tóth Rozália, Vincze Gábor, Weisz János, valamint további segítők.

Szeretném megköszönni Kollár Ferencnek és Szabó Piroskának, hogy biztosították a kísérletekhez szükséges fertőzőanyagot és szeretettel fogadtak minket a gazdaságukban.

Köszönöm az Integrált Növényvédelmi Tanszék, valamint az Állattani és Ökológiai Tanszék minden korábbi és jelenlegi munkatársának, hogy befogadtak és biztosították a dolgozat elkészüléséhez szükséges háttérrel.

Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni családomnak és páromnak, Dr. Boros Gergelynek, hogy végig támogattak és türelemmel kezeltek az elmúlt időszakban.

Doktori dolgozatom az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-16-2, ÚNKP-18-3, ÚNKP-19-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával, valamint az Emberi Erőforrások Minisztériuma NTP-SZKOLL-19-0070, NTP-SZKOLL-20-0078 kódszámú Nemzeti Tehetség Program támogatásával készült.