

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

ANTAL ANIKÓ KATALIN

KESZTHELY
2003

VESZPRÉMI EGYETEM
GEORGIKON MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
Növényvédelmi Intézet
Növényvédelmi Állattani Tanszék

INTERDISZCIPLINÁRIS DOKTORI ISKOLA
Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Tudományág

Iskolavezető:
DR. VÁRNAGY LÁSZLÓ
az MTA doktora

Témavezető:
DR. HABIL. NÁDASY MIKLÓS
a mezőgazdasági tudomány
kandidátusa

**TANULMÁNYOK A GYÖKÉRGUBACS
FONÁLFÉRGEK ELLENI BIOLÓGIAI
VÉDEKEZÉSI ELJÁRÁSOK KIDOLGOZÁSÁHOZ,
HUROKVETŐ GOMBÁKKAL**

Készítette:
ANTAL ANIKÓ KATALIN

KESZTHELY
2003

**TANULMÁNYOK A GYÖKÉRGUBACS FONÁLFÉRGEK
ELLENI BIOLÓGIAI VÉDEKEZÉSI ELJÁRÁSOK
KIDOLGOZÁSÁHOZ, HUROKVETŐ GOMBÁKKAL**

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta:
ANTAL ANIKÓ KATALIN

Készült a Veszprémi Egyetem
Interdiszciplináris Doktori Iskolája keretében

Témavezető: Dr. habil. Nádasy Miklós
Elfogadásra javaslom (igen/nem)

.....
aláírás

A jelölt a doktori szigorlaton % -ot ért el.

Készthely,

.....
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve: igen/nem

.....
aláírás

Bíráló neve: igen/nem

.....
aláírás

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján%-ot ért el

Készthely,

.....
a Bíráló Bizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....

.....
Az EDT elnöke

Tartalomjegyzék

KIVONAT	5
1. Bevezetés	8
1.1. MIÉRT A BIOLÓGIAI VÉDEKEZÉS?	8
1.2. A KUTATÁSOK CÉLJA	12
2. Irodalmi áttekintés	15
2.1. A FONÁLFÉRGEK	15
2.1.1. Gyökérgubacs fonálférgek elterjedése és kártétele	15
2.1.2. A <i>Meloidogyne</i> fonálférgek morfológiája és biológiája	20
2.2. A FONÁLFÉRGEK TERMÉSZETES ELLENSÉGEI - A NEMATOFÁG GOMBÁK	27
2.2.1. <i>Hurokvető gombák</i>	29
2.2.1.1. Hurokvető gombák általános jellemzése	29
2.2.1.2. A hurokvető gombák hatásmechanizmusa.....	33
2.2.1.3. Hurokvető gombák előfordulása.....	39
2.2.1.4. Hurokvető gombák táplálkozása.....	40
2.2.1.5. A hurokvető gombák ökológiája.....	41
2.3. A BIOLÓGIAI VÉDEKEZÉSRE HASZNÁLHATÓ GOMBÁK FORMÁZÁSA.....	43
3. Anyag és módszer.....	46
3.1. A HUOKVETŐ GOMBÁK AUTÖKOLÓGIAI VIZSGÁLATA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL NÉHÁNY ABIOTIKUS ÉS BIOTIKUS TÉNYEZŐRE	46
3.1.1. <i>A hurokvető gombák növekedési erélyének vizsgálata különböző hőmérsékleten, steril körülmények között</i>	46
3.1.2. <i>A gombák növekedési erélyének vizsgálata különböző pH tartományokban, steril körülmények között</i>	47
3.1.3. <i>A kísérletekben szereplő talajok fizikai-kémiai-biológiai vizsgálata</i>	48
3.1.4. <i>A gombák perzisztenciájának vizsgálata steril és nem steril talajokban</i>	56
3.2. HATÉKONYSÁGVIZSGÁLAT	58

3.2.1. <i>A hurokvető gombák nematóda elfogó képességének vizsgálata steril táptalajon</i>	58
3.2.2. <i>A hurokvető gombák hatékonyságának vizsgálata steril, illetve nem steril talajban.....</i>	59
3.2.3. <i>Egyszerű tenyészedényes kísérlet a hurokvető gombák hatékonyságának vizsgálata.....</i>	61
3.2.4. <i>Összehasonlító kísérlet a hurokvető gombák különböző formulációjának hatékonyságára.....</i>	62
3.2.5. <i>Dóziskísérlet</i>	64
3.2.6. <i>Az <i>Arthrobotrys superba</i> hurokvető gomba optimális alkalmazási idejének megállapítására vonatkozó kísérletek</i>	65
3.2.7. <i>A talajtípus hatása a hurokvető gombák hatékonyságára.....</i>	67
4. Eredmények.....	69
4.1. NÉHÁNY ABIOTIKUS ÉS BIOTIKUS TÉNYEZŐ HATÁSA A HUOKVETŐ GOMBÁK NÖVEKEDÉSI ERÉLYÉRE.....	69
4.1.1. <i>A hőmérséklet hatása a hurokvető gombák növekedési erélyére.....</i>	69
4.1.2. <i>A tápközeg pH-jának hatása a hurokvető gombák növekedési erélyére.....</i>	73
4.1.3. <i>Vizsgálatokban szereplő talajok fizikai-kémiai-biológiai tulajdonságainak hatása a hurokvető gombák perzisztenciájára</i>	77
4.1.4. <i>A hurokvető gombák növekedési erélye mérgezett agar táptalajon .</i>	80
4.1.5. <i>A gombák perzisztenciája steril és nem steril talajokban.....</i>	86
4.2. HATÉKONYSÁGVIZSGÁLAT	88
4.2.1. <i>A hurokvető gombák nematóda elfogó képessége steril táptalajon..</i>	88
4.2.2. <i>A hurokvető gombák hatékonysága steril és nem steril talajokban..</i>	89
4.2.3. <i>A hurokvető gombák hatékonysága, tenyészedényes kísérletben</i>	92
4.2.4. <i>A hurokvető gombák hatékonysága különböző formulációkban</i>	93
4.2.5. <i>Dóziskísérlet</i>	96
4.2.6. <i><i>Arthrobotrys superba</i> hurokvető gomba hatékonysága különböző alkalmazási időpontban.....</i>	97
4.2.7. <i>A talajtípus hatása a hurokvető gombák hatékonyságára.....</i>	99
5. Következtetések, javaslatok.....	102
6. Összefoglalás.....	109
7. irodalom	117
ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	131

KIVONAT

TANULMÁNYOK A GYÖKÉRGUBACS FONÁLFÉRGEK ELLENI BIOLÓGIAI VÉDEKEZÉSI ELJÁRÁSOK KIDOLGOZÁSÁHOZ, HUROKRETŐ GOMBÁKKAL

A témaválasztás aktualitását egyrészt a kertészeti termelésben veszélyes kártevőként jelentkező gyökérgubacs fonálférgek elleni hatékony védekezési eljárások kidolgozásának igénye, másrészt az a környezetvédelmi szemlélet adta, amely egyre inkább a biológiai növényvédelem felé irányítja a kutatók figyelmét. A nemzetközi szakirodalomban a gyökérgubacs fonálférgek ellen biológiai védekezésre felhasználható gombák közül, a hurokrető gombák a legtöbbet tanulmányozottak. A kutatások megkezdésekor azért esett a szerző választása a hurokrető gombákra, ugyanis azokkal már folytak előzetes kísérletek Magyarországon, és hazai izolátumok is léteznek.

A kutatások során a szerző a következő eredményeket érte el:

1. A hurokrető gombák autökológiai igényén belül, egyes abiotikus és biotikus tényezők iránti igényét mérte fel.
2. A szerző kidolgozott egy gyors tesztmodszert, amellyel a talajokból izolált hurokrető gomba törzsek hatékonyságát lehet tesztelni.
3. A legjobb hurokrető gomba izolátumokból olyan gyakorlati formulációt készített a szerző, amelynek szállítása, raktározása és felhasználhatósága a gyakorlat és a kereskedelem számára hordoz lehetőségeket.
4. A legjobb hurokrető gomba formuláció gyakorlati alkalmazhatóságát vizsgálta, a dózisok és alkalmazási technika, valamint alkalmazási idő függvényében.

ABSTRACT

STUDY OF BIOLOGICAL CONTROL METHODS WITH NEMATODE-TRAPPING FUNGI AGAINST ROOT-KNOT NEMATODES

The research was focused on the following aims, which had been researched:

1. Elucidation of the ecological requirements, including the needs of biotic and abiotic factors (temperature, pH, soil nutrients) of nematode-trapping fungi, present naturally in Hungarian soil samples and considered promising in the biological control of nematodes by the literature.
2. Development of a rapid method to test the efficiency of the nematode-trapping fungi isolated from the soil, in order to select the best strains for further experiments.
3. Preparing a formula from the best nematode-trapping fungal isolates which has a practical and commercial potential in terms of transport, storage and usability.
4. Testing the applicability of the best nematode-trapping fungal formula for dosing and for means and timing of application.

ZUSAMMENFASSUNG

STUDIEN ZUR AUSARBEITUNG VON BIOLOGISCHEN SCHUTZMETHODEN GEGEN WURZELGALLNÄLCHEN MIT HILFE VON NEMATOPHAGEN PILZEN

Die Forschungsarbeit wurde auf die folgenden, erfolgreich ausgeführten Ziele fokussiert, welche hat wirklich gemacht:

1. Erforschung der ökologischen Ansprüche der nematophagen Pilze, darunter der Ansprüche auf biotische und abiotische Faktoren (Temperatur, pH, Nährstoffgehalt des Bodens).
2. Entwicklung einer Schnelltest-Methode zur Feststellung der Wirksamkeit der aus Bodenproben isolierten nematophagen Pilzstämmen.
3. Aus den besten Nematophag-Pilzisolaten, die Herstellung einer einsatzfertigen Formel, die, hinsichtlich Transport, Lagerung und Verwendung, im Anbau und in der Handel perspektivisch ist.
4. Untersuchung der praktischen Anwendbarkeit der besten Nematophag-Pilzformel, hinsichtlich Dosis, Anwendungstechnik und Anwendungszeit.

1. Bevezetés

Szakirodalmi adatok szerint a világ összterméséből mintegy 35%-os veszteségét okoznak különböző kártevők kinnt a szántóföldön, és betakarítás után mintegy 20%-ra tehető még az a kártétel, amelyet különböző rovarok, mikroorganizmusok, rágcsálók és madarak okoznak (PIMENTEL 1983). Ez a majdnem 50%-ra tehető termésveszteség indokolja azt, hogy egyre nagyobb figyelmet fordítsunk a különféle védekezési eljárások kidolgozására - amelyekbe szorosan beletartoznak a kémiai védekezési eljárások mellett a nem kémiai, azaz alternatív vagy biológiai védekezési módszerek is.

1.1. Miért a biológiai védekezés?

A nematicidek felfedezésével, mint például a DD (1,3-diklórpropén, 1,2-diklórpropén) az EDB (etilén-dibromid) illetve a DBCP (1,2-dibrom-3-klórpropén) az 1940-es és az 1950-es évek elején egy új korszak kezdődött a nematológiai kutatásokban. A kezdeti időkben a kertészeti termelésben használt fonálféreg irtó szerek alkalmazását elsősorban ökonómiai szempontok indokolták. A növekedő termésveszteségeket sikerült ezekkel a szerekkel megállítani, hatékonyan elpusztítva a talajban lévő kórokozókat és kártevőket. Ezek a talajfertőtlenítő szerek viszonylag olcsónak bizonyultak, a fonálférgek elleni megfelelő hatásosságuk mellett.

A növekedő nematicid felhasználással párhuzamosan, bár kis mértékben ugyan, de lassan a hagyományos, kémiai eljárásokon túl az alternatív módszerek felé irányult a figyelem, bár sok közepes és nagy gazdasági

értékű növény esetében még mindig a hagyományos, talajfertőtlenítő módszerekre épült a technológia. Ezt a környezeti terhelést még súlyosbította a '60-as években az organofoszfát és a karbamát inszekticidek megjelenése és elterjedése. Ez a magas toxicitású, vízzeloldható növényvédő szer csoport kibővítette a nematicidek kínálatát is, ahol alkalmazásuk során szisztémikus képességeiket aknázták ki - mind a nematódák, mind a talajlakó rovarok elleni védekezésben - főként azokon a területeken, ahol a talajfertőtlenítők használata már nem volt megengedett vagy nem volt rentábilis.

Az 1955-től 1975-ig tartó időszakot, a nematicidek „arany korszakának” nevezik. Használat mennyiségük lényegesen megnőtt, az alkalmazási technológiájuk tökéletesedett, és rengeteg új hatóanyagot hoztak forgalomba. A nematológusok általános véleménye az volt ezekben az időkben, hogy a fonálféreg problémát a szántóföldön a nematicidekkel teljes mértékben kézben lehet tartani.

Ez a felfogás drámaian megváltozott, mikor rádöbbentek arra, hogy a nematicidek ártalmas mellékhatással rendelkeznek mind a környezetre, mind az emberi szervezetre. Felfedezték, hogy a DBCP karcinogén, illetve rádöbbentek, hogy azon férfi dolgozók esetében, akik ezzel a szerrel dolgoztak, csökkent aktív spermaszám volt megfigyelhető. Emellett sok helyen az ivóvíz kutakban is a veszélyességi szint feletti mennyiségeket mutattak ki ebből a hatóanyagból. Ez a két súlyos tény inspirálta a kutatókat, hogy kezdeményezzék a hatóanyag használatának felfüggesztését Kaliforniában. 1977-ben az USA-ban érvénytelenítették az engedélyét, majd az elkövetkező években számos ország követte példájukat (STIRLING 1991).

A későbbi tanulmányok beszámoltak arról a tényről (PEOPLES és mtsai 1980), hogy nem csak az USA-ban, de más országokban is a talajvíz nagyon sok kémiai anyagot tartalmaz, beleértve a nematicid hatóanyagokat is (DCP, EDB, 1,2-diklórpropén tartalmú DD, aldikarb, karbofurán, illetve etoprop).

A nematicidek jelenléte a talajvízben felhívta az emberiség figyelmét, hogy a talajvíz szennyezettsége a fent említett nematicid szerekkel az 1980-as évek legkomolyabb környezetvédelmi problémája (THOMASON 1987).

A kétségbeesés helyett, a nematológusok elfogadták azt a kihívást, amelyet a kor környezetvédelmi szemlélete megkövetelt, és megkezdték az olyan növényvédő szerek fejlesztését, amelyek a környezetre kevésbé veszélyesek. Előrelépés kezdődött az ökológiai és rovarfiziológiai kutatásokban, különböző alternatív módszerek jelentek meg a növényvédelemben, beleértve a rezisztens fajtákat, biológiai védekezést, az autocid genetikai módszert, a steril hímek kibocsátását, illetve a viselkedés-módosító vegyszerek használatát. Bár az inszekticidek és a nematicidek sajnos még mindig alapvető szerepet játszanak a kártevők elleni védekezési programokban, de ma már nagyobb szelektivitással rendelkeznek, valamint a kutatók is tudatosan ügyelnek a használatukat követő környezeti utóhatásokra.

A jövőben a nematológusok, a növényvédelmi szaktanácsadók, és a termelők együttes környezetvédelmi szemlélete a biológiai védekezés fejlődését rejti magában. Meg kell azonban jegyezni, hogy a biológiai védekezés nem az egyetlen, kémiai szerek nélküli védekezési alternatíva a fonálférgek ellen, számos egyéb fizikai és genetikai védekezési eljárás kidolgozásával és alkalmazásával csökkenthető a kémiai szerek

használata, bár egyes kutatók szerint ezek az alternatív védekezési eljárások soha sem fogják tudni helyettesíteni 100%-ban a kémiai védekezést (STIRLING 1991).

Széles körben használják a fizikai faktorokat, mint pl. a gőzt, a természetű közegek, és az ültető berendezések fertőtlenítésére, vagy a szolarizációs technológiát is a fonálférgek elleni védekezés egyik lehetőségeként. A termesztési gyakorlatban, a különböző termesztéstechnológiai védekezési eljárások, mint pl. az ugaroltatás, az elárasztás, vetésváltás, az ültetési idő változtatása, illetve a fertőzött növényi részek eltávolítása már régóta ismert módszerek a fonálférgek által okozott veszteségek csökkentése érdekében, és várható, hogy ezen módszerek használata a jövőben még növekedni is fog.

Viszont az is tény, hogy a nematicidek fontos szerepet játszanak a modern agrárgazdaságban, nélkülük sikertelen lenne a termelés színvonalának fenntartása, a föld növekvő népességének élelmezése és ruházása. Remélhetőleg az érdeklődés a hosszú távon hatásos és környezetkímélő kémiai védekezési programok mellett az alternatív, biológiai védekezési eljárásokra fog irányulni a fejlesztések során.

GREATHEAD és WAAGE (1983) munkájukban előrevetítették, hogy a kártevők elleni biológiai védekezési módszerek egyre elterjedtebbek lesznek, főként, ha a kutatóknak sikerül kedvezőbb árfekvésű, megfelelő hatékonyságú, és könnyen kezelhető termékeket kifejleszteniük.

A nematicidek válsága elősegítette a biológiai védekezési kutatásokat a nematódák ellen. Ezekhez a kísérletekhez viszont szükség van a biológiai alap kutatások pontos ismeretére, mint pl. a nematódák populációdinamikájában végbemenő törvényszerűségek leírására, az ökonómiai kártételi küszöbérték ismeretére, a paraziták, predátorok

viselkedésének tanulmányozására. Fontos továbbá megismerni az egyéb talaj-mikroorganizmusokat és azok komplex kapcsolatrendszeit, melyek a nematóda populáció csökkentésében játszanak szerepet.

Az integrált növényvédelem tehát azt jelenti, hogy a károsítók elleni védekezés rendszerében a hatékonyságon kívül figyelembe kell venni a gazdaságosságot, és a környezet (biotóp) messzemenő védelmét. Ennek érdekében csökkenteni kell a kémiai védekezések számát, lehetőleg úgy, hogy a kémiai védekezés során csak a célszervezet károsodjon. Ennek figyelembevételével az okszerű védekezési technológiák megvalósítását segítik az előrejelzési módszerek kidolgozása és alkalmazásuk, a fajtaspecifikus termesztési és növényvédelmi eljárások összehangolása (FISCHL 2000). A szakemberek az integrált növényvédelem hosszú távú stratégiájában a biológiai védekezésnek kiemelt szerepet szánnak.

1.2. A kutatások célja

A XX. század egyik legnagyobb eredményének tekinthetjük a növények kórokozói és állati kártevők ellen használható folyamatos kutatási és fejlesztési eredményeken alapuló vegyi anyagok előállítását. Nélkülük ma már a világ mezőgazdasági termelése elképzelhetetlen lenne. A növényvédő szerek széles körű indokolatlan alkalmazásainak hátrányai viszont egyre inkább megmutatkoznak. Egyrészt kiderült, hogy a növényvédőszerek a hasznos élő szervezeteket is elpusztítják, másrészt nyilvánvalóvá vált, hogy a legtöbb növényvédőszer a melegvérűekre, és köztük az emberi szervezetre is káros hatással vannak. Ezek az okok irányították a figyelmet a nemzetközi szakirodalomban is egyre többet

kutatott alternatív védekezési eljárás, a biológiai védekezés irányába figyelmemet.

Magyarországon a hajtattott zöldségféléket kb. 5000 ha-on termesztik. Az üvegházi, illetve fóliasátras termesztés intenzívebb növényvédelmi tevékenységet igényel a termelőktől, hiszen a szabályozott klimatikus viszonyok nemcsak a kultúrnövénynek, hanem azok kártevőinek is ideális életteret biztosít. Friss fogyasztásra termelt intenzív kultúrákban a biológiai védekezésnek kiemelt jelentősége van, ugyanis a szüreti időszakban a vegyszeres kezelések alkalmazásához óriási körütekintés szükséges az Élelmezés Egészségügyi Előírásokból adódóan. Kétségtelen azonban, hogy a biológiai növényvédelem gyakorlásához a termesztők magasabb szintű felkészültségére és ismereteire van szükség. Munkám megkezdése előtt célul tűztem ki, a hazai hajtattában komoly kártevőnek számító gyökérgubacs fonálférgek (*Meloidogyne* sp.) ellen olyan biológiai védekezési módszer kidolgozását, amely beilleszthető az integrált növényvédelem rendszerébe. Mivel hazánkban is egyre hangsúlyosabb a legkisebb környezeti terheléssel járó integrált, illetve biológiai védekezési módszerek kutatása, ehhez szerettem volna adataimmal a gyökérgubacs fonálférgek elleni védekezési módszerekkel hozzájárulni.

A kutatások megkezdése előtt elsődleges célul tűztem ki, hogy a magyar talajokban is előforduló *Arthrobotrys* sp. hurokvető gomba izolátumok - amelyek hatásmechanizmusuk révén természetes ellenségei a gyökérgubacs fonálférgeknek - ökológiájának (hőmérsékleti igény, pH igény, talajtípusok hatása a növekedésükre) mind jobb megismerése, valamint hatásmechanizmusuk tanulmányozása in vitro és in vivo körülmények között, a hatékony gyakorlati védekezési módszer

kidolgozásának alapjaként. A hurokvető gombák talajból való izolálására PATRICK és munkatársai módszere (1965) használatos. A sok gombaizolátum közül azonban hosszadalmas és nehéz kiszűrni azokat, amelyek a leghatékonyabbak, a további kísérletek és fejlesztések számára. Az eddig használatos tenyészedényes kísérletek hosszadalmasak és a felhasznált nagy mennyiségű kísérleti anyag meg is drágítja az eljárást. Munkánk megkezdésekor célul tűztük ki olyan egyszerű in vivo módszer kidolgozását, amellyel legalább olyan jó eredményeket érhetünk el, mint a gombák steril körülmények közötti tesztelésével (BELDER DEN és JANSSEN 1994).

Célként tűztem ki továbbá, hogy a leghatékonyabbnak bizonyuló gombaizolátumokból olyan formulációt fejlesszek ki, amely kereskedelmi forgalomba hozható, könnyű a kezelése, kisebb a fajlagos tömege, illetve rendelkezik azokkal a tulajdonságokkal, amelyek lehetővé teszik a biológiai ágens életképességének fenntartását a szállítás és raktározás során. A legeredményesebb formuláció előállítása után a hatékony védekezési javaslat elkészítéséhez szükséges alkalmazási időre és dózisokra vonatkozó adatokkal is szerettem volna kiegészíteni kísérleteimet.

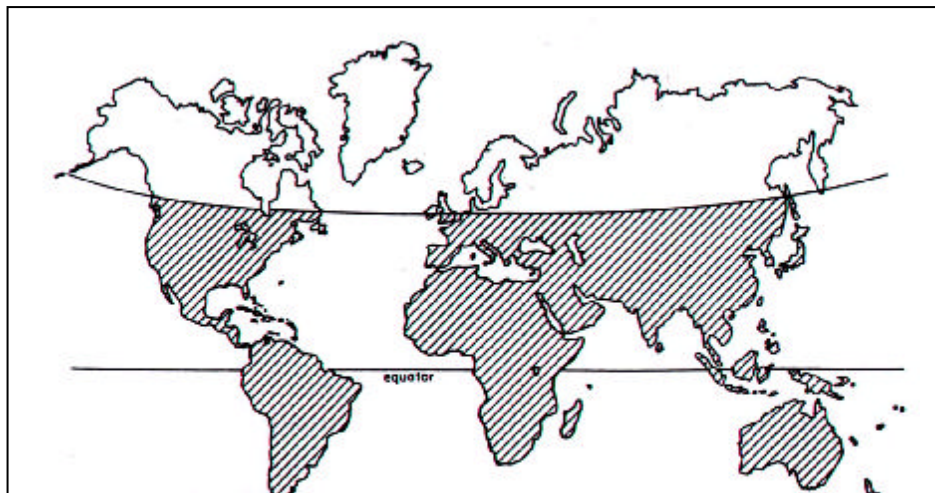
2. Irodalmi áttekintés

2.1. A fonálférgék

A nematódák páratlanul sokoldalú szervezetek, mindenütt megtalálhatjuk őket, ahol az élet feltételei adottak. Előfordulnak szárazföldön, vízben, levegőben, édesvizekben, tengervízben, az Antarktisz jégtábláiban, melegvízű forrásokban, síkságokon, magas hegységekben, fűsivatagokban, és őserdőkben is. Élhetnek szabadon, kötődhetnek növényekhez, állatokhoz, és élősködhetnek gerincteleneken, gerinces állatokon és még az emberben is. Becslések szerint a nematódák az állatvilág harmadik, fajokban leggazdagabb csoportja, bár biológiai és ökológiai sokoldalúságukban és egyedszámukat tekintve az első helyen állnak (ANDRÁSSY és FARKAS 1988). A nevüket onnan kapták, hogy alakjuk általában vékony, fonálszerű. Testük hossza általánosan 0,5-2 mm között van, és szabad szemmel általában nem láthatóak, mert testük szintelen, üvegszerűen átlátszó.

2.1.1. Gyökérgubacs fonálférgék elterjedése és kártétele

A növényparazita fonálférgék egyik legfontosabb családja a *Meloidogynidae*, azaz a gyökérgubacs fonálférgék, amelyek a termesztett növények széles körén károsítanak, több mint 2000 tápnövényét írták már le a kutatók. A gyökérgubacs fonálférgék elterjedési területe nagyon tág, a földön szinte mindenütt megtalálhatóak, amelyet az 1. ábra szemléltet.



1. ábra. A gyökérgubacs fonálférgek körülbelüli elterjedési területe a Földön (SASSER és CARTER 1985)

Világméretű elterjedésüket sok tényező tette lehetővé: széles a tápnövénykörük, magas a tojásprodukciójuk, gyors és sok nemzedékváltásra képesek egy tenyészdőn belül, rendkívüli a tojások túlélőképessége kedvezőtlen talajadottságok-, hőmérsékleti- és páratartalmi viszonyok mellett is (SASSER és TRIANTAPHYLLOU 1977). De ne feledkezzünk meg a mezőgazdasági termékek világpiaci mozgásairól sem, amelyek szintén kedveznek a fonálférgek terjedésének. A gyökérgubacs fonálférgek a legnagyobb kárt a kertészeti kultúrákban, ebből is a nagy gazdasági értékű hajtattott termesztésben okoznak világszerte.

A zárt termesztő-berendezések nagyságát kb. 190 000 ha-ra tehetjük a Földön, melynek régiónkénti eloszlását a 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat

A 2 méternél magasabb zárt termesztőberendezések eloszlása a világ
különböző régióiban (1994-es állapot)
(BAKKER és mtsai 1995)

Régió	Üvegházak (1)	Fóliaházak (2)	Összesen (1+2)
Észak-Nyugat Európa	32 000	7 000	39 000
Közép-Európa	5 000	22 000	27 000
Mediterrán területek	4 000	45 000	49 000
Amerikai Egyesült Államok	2 500	4 500	7 000
Dél-Amerika	-	2 000	2 000
Kelet-Ázsia	2 000	55 000	57 000
Afrika	-	7 000	7 000
Óceánia	700	700	1 400
Összesen	46 200	143 000	189 000

A gyökérgubacs fonálférgék jelentősége a termesztéstechnológiák fejlődésével egyre komolyabbá vált, ugyanis a helyi, vagy regionális zöldség illetve gyümölcstermesztés a korszerű technológiák alkalmazásával már nem korlátozódik egy-egy területre, zárt termesztő berendezésekben már bárhol meg lehet termelni bármilyen növényt (JOHNSON és FASSULIOTIS 1984). A fonálférgék kártétele azért is nagy probléma, mert a talaj nélküli termesztésre való áttérés sok országban nagyon drága beruházást igényel.

Ezidáig a világon már több mint 70 *Meloidogyne* fajt írtak le (LUC és mtsai 1988), amelynek köre folyamatosan bővül az új kutatások eredményeként. A legelterjedtebb fajok ezek közül a következők: a *Meloidogyne arenaria* (NEAL, 1889) CHITWOOD, 1949 amely a

trópusokon, a szubtrópusi területeken és a mérsékelt övben a gyorsan melegedő talajokban is megtalálható. A *Meloidogyne hapla* (CHITWOOD, 1949) mind az öt földrészen előfordul, de leginkább a mérsékelt égövben, illetve a trópusokon, a hidegebb talajokon károsít. A *Meloidogyne incognita* (KOFOID és WHITE, 1919) CHITWOOD, 1949 és a *Meloidogyne javanica* (TREUB, 1885) CHITWOOD, 1949, amelyek tipikusan a trópusi és a szubtrópusi területek kártevői.

Hazánkban eddig 7 *Meloidogyne* faj kártételét észlelték (ANDRASSY, 1958, TÓTH 1966, BUDAI 1980, DABAJ 1990, AMIN ÉS BUDAI 1992):

- *Meloidogyne incognita* (KOFOID és WHITE, 1919) CHITWOOD, 1949;
- *Meloidogyne hapla* (CHITWOOD, 1949);
- *Meloidogyne javanica* (TREUB, 1885) CHITWOOD, 1952;
- *Meloidogyne acrita* (CHITWOOD, 1949);
- *Meloidogyne thamesi* CHITWOOD IN CHITWOOD, (SPECHT és HAVIS, 1952);
- *Meloidogyne naasi* (FRANKLIN, 1965);
- *Meloidogyne arenaria* (NEAL, 1889) CHITWOOD, 1949,

melyek közül a legfontosabb a *Meloidogyne incognita*, azaz az üvegházi gyökérgubacs-fonálféreg. Ez a faj leggyakrabban üvegházakban, fóliakertészetekben, de palántával való kihurcolás esetén szántóföldön is károsíthat (BUDAI 1979). Hazánkban is komoly gondot okoz ez a kártevő, főként a nagy gazdasági értékű zöldségnövény-, illetve a dísznövénytermesztésben okoz jelentős gazdasági kártételt. Mivel hazánkban is nagy felületen foglalkoznak zöldségtermeléssel - melynek elterjedését és összetételét a 2. táblázat mutatja be a 2002-es év adatai alapján - jelentős az a terület, ahol a fonálféreg kártevőként jelentkezik

vagy potenciálisan jelentkezhettek. A gyökérgubacs fonálférgék által veszélyeztetett növények ezek közül is leggyakrabban a burgonyafélék (*Solanaceae*) családjához tartozó burgonya, paprika, paradicsom fajták, melyeket szántóföldön és hajtásban is egyaránt károsítanak a *Meloidogyne* fonálférgék különböző fajai. Ezek a zöldségfélék azonban az össz területnek majdnem a felét, azaz 48%-át teszik ki.

2. táblázat

Magyarországon a zöldségnövények vetésterülete, a vállalkozási formák szerint, a 2002. május 31-i állapotra vonatkozóan (KSH 2002)

(hektár)

Növény	Gazdasági társaságok	Szövetkezetek	Egyéni gazdaságok	Összes
Burgonya	3168	930	30178	34276
Fejes káposzta	77	0	6333	6410
Vöröshagyma	591	458	4049	5098
Zöldborsó (szemes és hüvelyes)	7892	3014	6318	17224
Paradicsom	963	111	6286	7360
Zöldpaprika	236	5	4216	4457
Fűszerpaprika	447	186	5381	6014
Egyéb zöldségek	1315	321	24680	26316
Összesen	14689	5025	87441	107155

A táblázatból az is kitűnik, hogy hazánkban a zöldségtermesztés mintegy 82%-a a magángazdaságokban történik, így sok-sok család megélhetését

veszélyeztetheti ezeknek a kártevőknek a jelenléte. Ezért van szükség arra, hogy Magyarországon is foglalkozzunk az ellenük való védekezési eljárások kidolgozásával.

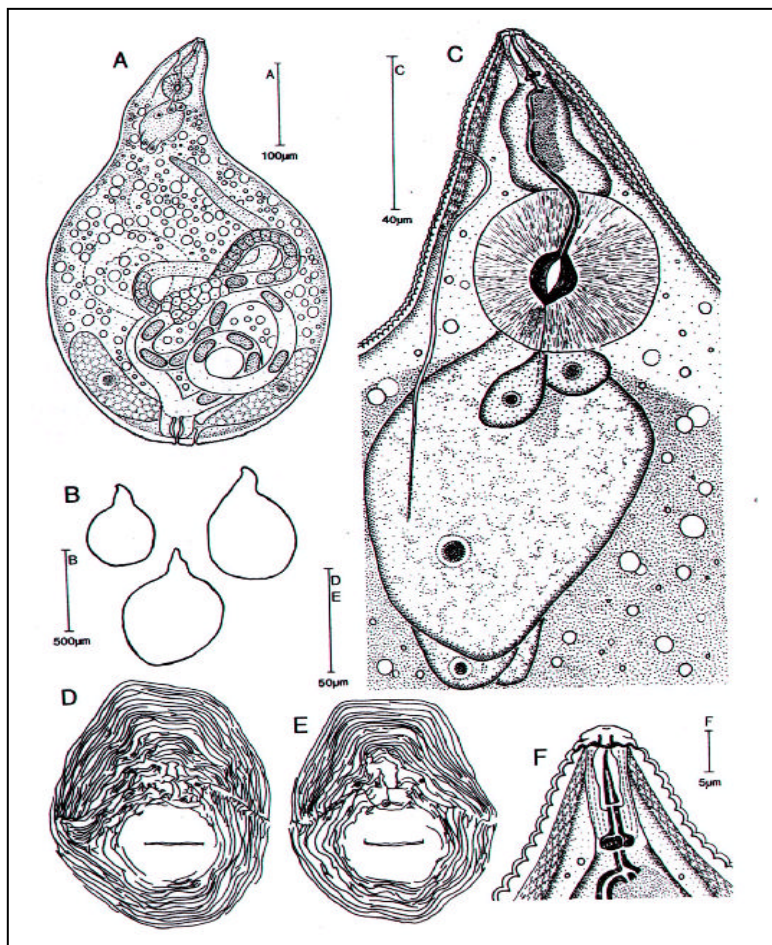
2.1.2. A *Meloidogyne* fonálféreg morfológiája és biológiája

A gyökérgubacs fonálféreg a *Tylenchida* THORNE, 1949 rendbe, a *Tylenchina* CHITWOOD, 1950 alrendbe a *Heterodeidae* FILIPJEV és SCHURMANS STEKHOVEN, 1941 a *Meloidogyninae* SKARBILOVICH, 1950 alcsaládba és a *Meloidogyne* GOELDI, 1882 nemzetségbe tartoznak, amely rendszertani újrabesorolást (LUC és mtsai 1988) munkájában közölte.

Morfológiájukat tekintve sajátosságuk, hogy az érett nőstény teste fehér vagy halványsárga duzzadt, zsák, majdnem gömb alakú, és ellentétben a *Heteroderidae* család nőstényeivel testük nem keményedik meg, vagyis nem képeznek cisztát.

A lárvák és a hím, szokásos féreg alakú, igen fejlett szájszuronnyal. A bazális lemezek a fejet hat szektorra osztják, amelyek közül az oldalsók a legszélesebbek. Burza nincs, a szpikulumok hosszúak, valamint a hím farka rövid, és lekerekített.

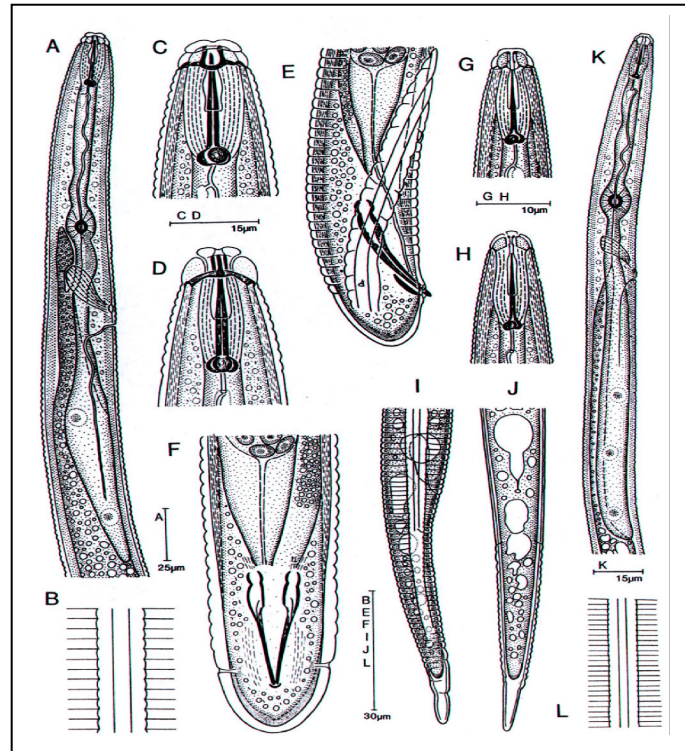
A fajok meghatározása a következő bélyegek alapján történik: az érett nőstények faji megkülönböztetésére a testvég, vagyis a vulva és a végbélnyílás körüli mező (perineum) finom rajzolata szolgál (2. ábra).



2. ábra. A *Meloidogyne* fonálféreg faji elkülönítésére használt morfológiai jegyek a nőstényeknél, *Meloidogyne* sp. nőstényén bemutatva

A) teljes morfológia; B) a nőstények körvonala; C) az esophagealis régió; D,E) a perineum mező; F) a fej (SASSER és CARTER 1985, cit. CLIFF és HIRSCHMANN 1984).

A lárvák és a hímek elkülönítésére a szájszurony μm -ben mért hosszát, a szuronygombok alajkát, a dorzális nyelőcsőmirigy torkolatának a szurony végétől mért távolságát, valamint a fej alakját használják (3. ábra).



3. ábra. A *Meloidogyne* fonálférgek hímjeinek (A-F) és második stádiumú lárváinak (G-L) faji elkülönítésére használatos morfológiai jegyei, *Meloidogyne* sp. példáján

A) esopahgeális régió(laterális); B) laterális mező a test közepén; C) fej (laterális); D) fej (dorzális); E) farok (laterális); F) farok (ventrális); G) fej (laterális); H) fej (dorzális); I) farok (laterális); J) farok (ventrális); K) esopahgeális régió (laterális); L) laterális mező a test közepén (SASSER és CARTER, 1985 cit. HIRSCHMANN, 1982).

[illegible]

23

A tojásból a lárvák kelése vagy spontán módon, vagy a gyökérváladékok hatására történik (VIGLIERCHIO és LOWNSBERY 1960). Száraz környezetben a tojásokat borító kocsonyás anyag összeszárad, megkeményedik, és védi a tojásokat a kiszáradástól a nedvességviszonyok kedvezővé alakulásáig.

A frissen kikelt lárvák, mind vertikálisan, mind horizontálisan élénken mozogva gazdanövényt keresnek. A növények számos szerves és szervetlen anyagot választanak ki, amelyek megtalálhatóak a gyökér környezetében. Ezek közül az extrétumok közül KLINGLER (1965) szerint pár aminosav és a gyökerek által kiválasztott CO₂ az, amely attraktáns hatással rendelkezik a fonálférgek számára. A kutatók véleménye megoszlik arról, hogy mennyit képesek mozogni a fonálférgek a talajban a táplálékkeresés során. PROT (1978) szerint laboratóriumi körülmények között a második stádiumú *Meloidogyne* lárvával végzett kísérlet azt az eredményt hozta, hogy a lárvák képesek voltak 25 cm-t is megtenni a tápnövény irányába vertikálisan 10 nap alatt, bár szántóföldi körülmények között csak pár centimétert képesek a talajban haladni egy év alatt (PROT 1980). Tápnövény hiányában hosszabb ideig is képesek életben maradni, ugyanis a bélfal sejtjeiben lipidhólyagocskák formájában tartalék tápanyagot halmoznak fel még a petéből. Ennek a tartalék tápanyagnak a mennyisége határozza meg a túlélőképességüket a talajban. Ha túl sok tartalék tápanyagot veszít a fonálféreg a talajban való mozgás, vagyis a táplálékkeresés során, csökken az infekciós képessége (VAN GUNDY és mtsai 1967). Előfordul, hogy a lárvák nem fúrják be magukat rögtön a gyökérbe, csak szájszuronyukat öltik a gyökér epidermiszébe, és annak nedveivel táplálkoznak. Nagy átlagban azonban a gyökér csúcsi részéhez érve azonnal befúrják magukat a szövetek közé,

és a gyökér hossz tengelyével párhuzamosan mozogva feljebb nyomulnak a gyökérben. A második stádiumú lárvák teste pár nap múlva megduzzad, a nyelőcső mirigyei és a középbulbusz megnagyobbodnak, és az állat mozgásképesége erősen lecsökken. Az ivarszerv kezdeményei már az idősebb 2. stádiumú lárvákban felismerhetővé teszi az állat nemét. Fejrészüket közelében kialakulnak a nedvkeringést zavaró úgynevezett óriássejtek, amelyek a fonálférgek váladékában lévő proteolizáló enzimek, és bizonyos váladékok hatására indukálódnak (ELEKESNÉ 1981) és amelyekből táplálkoznak. BIRD (1962) rámutatott, hogy ezeknek az óriássejteknek a megléte a gyökérgubacs fonálférgek táplálkozásban betöltött szerepe miatt nélkülözhetetlen. Az állatok körül anyagcseretermékeik hatására gubacsok alakulnak ki, melyek alakja és nagysága részben a *Meloidogyne* fajtól, másrészt a táplálék minőségétől függ (5. ábra). A nagyságbeli növekedés mintegy 2 hétig tart, s ekkor a lárva gyors egymásutánban még kétszer vedlik, amíg eléri az ivarérettséget. A hímek a duzzadt, 4. stádium lárvabőréből kibújva karcsú, fonálszerű alakban jelennek meg, a nőtények viszont tovább duzzadnak, csaknem gömb alakúvá válnak. A nemi érettség idejére a nőtény ivarnyílása kitolódik a szabadba, hogy a mozgékony hímek felkereshessék, és megtermékenyíthessék. Sok esetben azonban az állat szűznemzéssel is képes szaporodni, amely egyrészt a nőtény-hím arány, másrészt a táplálék függvénye. Kisebb fertőzés, kedvező gazdanövény esetén szinte csak nőtények fejlődnek, de nagyobb fertőzés esetén illetve kevésbé kívánatos gazdanövények mellett nagyobb számú hím is fejlődik. Egy generációs szakasz hossza 3-6 hét lehet, de ez nagymértékben függ a hőmérséklettől, a nedvességtartalomtól, a tápnövények minőségétől és mennyiségétől (AL-HAZMI és mtsai 1982).

Így szántóföldön 2-3 nemzedék is megjelenhet évente, de üvegházban akár 6-12 is (ELEKESNÉ és SZABÓ 1986).



5. ábra. Gyökérgubacs fonálféreg kártétele hajtatott paradicsom növény gyökerén (fotó: BUDAI)

Vizsgálatainkat *Meloidogyne incognita* (KOFOID és WHITE, 1919) CHITWOOD, 1949; azaz magyar nevén kertészeti gyökér gubacs-fonálféreggel végeztük, ugyanis ez az a faj, amely Magyarországon a legtöbb kárt okozza a kertészeti kultúrákban. A nőtény tojásfehérje színű, gömbölyded testű, kis kúpos nyaki résszel. A vulvális tájék lekerekített illetve enyhén csúcsosodó. A fej két- vagy háromgyűrűs, nem különül el. A kutikula a fej mögött megvastagodott. A szájszurony 13-16 μm , gombjai kerek. A középbulbusz nagy, gömbölyű, nagy

billentyűvel melynek átmérője 35-48 μm , valamint a végbulbusz is fejlett, lebenyes. A kiválasztószerv igen elől, a szuronygombok mögött nyílik, 10-20 gyűrűvel a feje mögött. A petefészkek hatalmasan fejlettek, a vulva széles harántos rés. A perineum rajzolata meglehetősen változékony, a dorzális ív magas, félkörös. Az anális mező nem pettyezett. Az oldalmező kevéssé szembeötlő, a perineum cikcakkos, ill. hullámos rajzolatának megszakítása jelzi. A fazmidiumos aprók, olyan távolságra vannak egymástól, mint a vulva szélessége. A hím nagy testű, elérheti a 2 mm-t is. A kutikula jól láthatóan gyűrűzött, az oldalmező három hosszanti sávból áll, amelyek közül a szélsők mindig a középső meg néha terecskézett. A fej nem különül el. A szurony 24-32 μm hosszú, elülső kúpos szakasza mindig hosszabb, mint a hátulsó. A dorzális nyelőcsőmirigy torkolata 1,5-2,5 μm -re található a gombok mögött. A fazmídiumok a kloáka magasságában vagy kissé előrébb láthatók. A farok alig hosszabb, mint az anális átmérő fele, lekerekített. A szpikulumok 30-40 μm hosszúak, a gubernákulumok pedig 10-13 μm . A 2. stádiumú lárva feje nem különül el, két gyűrűs. A szurony gombjai kerek. Az oldalmező a híméhez hasonlít. A farok 40-50 μm , 5-7-szer akkora, mint az anális testszélesség, vége lekerekített.

2.2. A fonálférgek természetes ellenségei - a nematofág gombák

A fonálférgek taxonómiai és ökológiai kutatásai során, amelyet kutatók egymást követő generációja folytatott, és ezekről számos publikáció látott napvilágot, százával írtak le olyan mikroorganizmusokat, amelyek parazitálják, illetve elpusztítják a fonálférgeket. A szerzők több szakmai

folyóiratban, konferenciaanyagban számoltak be sikeres biológiai védekezésről gombák, baktériumok, illetve gerinctelen állatok felhasználásával, fonálférgek ellen (BURNSNALL és TRIBE 1974, BARRON 1977, CRUMP és mtsai 1983, KERRY 1984, POINAR és HANSEN 1986, MORGAN-JONES és RODRIQUEZ-KABANA 1988, SAYRE és STARR 1988, SMALL 1988, JAIRAJPURI és mtsai 1990). Ezekben a tanulmányokban nagy jelentőségűek a biológiai ágensek taxonómiájukra, fiziológiájukra, hatásmechanizmusukra és táplálkozásmódjukra vonatkozó adatok.

A nematofág gombákat (vagy más néven nematóda pusztító gombák) eddig vagy predátorként, vagy parazitaként, vagy patogénként írták le. Tulajdonképpen ezek a gombák megfertőzik, és megölik a fonálférgeket vagy azok tojásait, és abból táplálkoznak, építik fel saját szervezetüket (DOMSCH és mtsai 1980).

A legtöbb nematofág gomba a *Deuteromycota* törzsbe tartozik, többek között a *Monacrosporium*, a *Harposporium*, a *Verticillium*, az *Arthrobotrys* és a *Dreschmeira* génuszba. A *Monacrosporium* és az *Arthrobotrys* génusz nagy részének ivaros alakjait is leírták már, amelyeket az *Ascomycota* törzs *Orbilia* génuszába soroltak (PFISTER 1994, PFISTER és LIFTIK 1995, RUBNER 1996). A nematofág gombák csoportosítása a parazitizmus mechanizmusán alapul, amely szerint megkülönböztetünk (PERSMARK 1997):

1. endoparazita gombákat,
2. hurokvető gombákat,
3. nőstény- és tojásparazita gombákat,
4. toxin termelő gombákat.

2.2.1. Hurokvető gombák

2.2.1.1. Hurokvető gombák általános jellemzése

A hurokvető gombák onnan kapták a nevüket, hogy különleges micélium szerkezetüket megváltoztatva képesek létrehozni olyan képződményeket, amelyek rabul tudják ejteni a fonálférgeket. A hurokvető gombák egyébként a legjobban ismert, és a legtöbbet tanulmányozott csoportja a nematoda- pusztító gombáknak.

Nagyjából azóta, amióta a növényparazita fonálférgeket felfedezték, azóta foglalkoztatja a nematológusokat a fonálférgek elleni biológiai védekezési lehetőségek kidolgozása. COBB (1920) volt az első, aki tudatosan használta kísérleteiben a fonálférgek parazitáit, mint biológiai védekezési ágenseket. Munkájában predátor fonálféreg áttelepítését javasolta a cukorrépa ültetvényre, a *Heterodera schachtii* SCHMIDT fonálféreg populáció csökkentése érdekében. THORNE (1924) az *Itonchus amphiginicus* COBB predátor fonálféreg sikeres áttelepítését végezte, növényparazita fonálférgek ellen, bár elfelejtette publikálni az eredményeit. Néhány évvel később, LINFORD és munkatársai (1937) Hawaiiion állítottak be kísérletet ragadozó gombákkal, növényparazita fonálférgek ellen. 5 ragadozó gomba fajjal inokuláltak, gyökérgubacs fonálféreggel fertőzött földet, majd az ananász növények növekedését, és a gombák gyökérgubacs képzésére gyakorolt hatását vizsgálták, és megállapították, hogy a kísérletben a gombák csökkentették a gyökerek gubacsosodását. A későbbi kísérletekben a gyökérgubacsosodás marhaborsó indikátor növényen is lényegesen csökkent, amely

kísérletben bebizonyosodott, hogy ez az eredmény a természetben előforduló predátorok és parazitáknak, különösen a hurokvető gombáknak köszönhető (LINFORD és mtsai 1938).

Bár sokan fenntartással fogadták az eredményeket, de Linford kísérletei mégis meghatározóak lettek a biológiai védekezési kutatásokban. A következő évtizedekre számos kísérlet tárgya lett a hurokvető gombák csoportja. DUDDINGTON (1950, 1951) Angliában, DRESCHLER (1934, 1937, 1940, 1944, 1954) az USA-ban, illetve SOPRUNOV és munkatársai (1958) a Szovjetunióban folytattak kísérletet a hurokvető gombák taxonómiájának, ökológiájának leírására. Az ökológiai kutatások mellett jelentős sikereket értek el a fonálférgek elleni védekezésben, a biológiai védekezésre használható szervezetekkel.

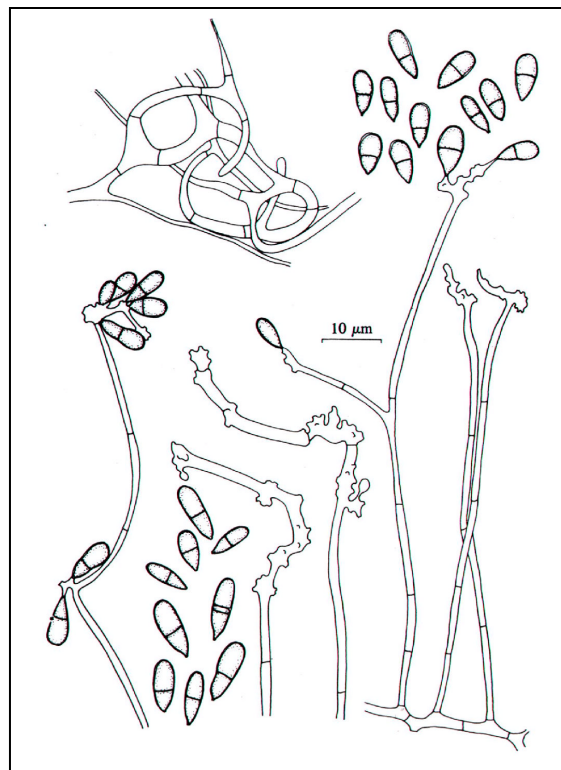
A korszerű nematicidek megjelenésével az érdeklődés a biológiai védekezési eljárások iránt csökkent, viszont az 1970-es években újjáéledt a világ néhány, elszórt pontján. A következő években pár kísérleti anyag is megjelent a piacon, bár nem terjedtek el széles körben. Ilyen anyag volt pl. az *Arthrobotrys robusta* DUDDINGTON 1951 gomba, a gyakorlati felhasználáshoz megfelelően formázva, illetve az *Arthrobotrys superba* CORDA gombából készített növényvédő szer, melyeket Franciaországban fejlesztettek ki (CAYROL és mtsai 1978, CAYROL és FRANKOWSKI 1979, CAYROL 1983). A Fülöp-szigeteken a *Paecilomyces lilacinus* gombát, mint biológiai védekezésre használható készítményt jelentették meg a piacon (TIMM 1987). Ezek után rohamosan fejlődött a biológiai ágensek kutatása, jelentős számú értekezés jelent meg ebben a témában, amelyek továbbmutatnak a jövő növényvédelme felé.

A hurokvető gombák közül az *Arthrobotrys* génuszt (*Deuteromycota*, *Hyphomycetes*) (KÖVICS 1999) CORDA 1839-ben írta le először az

Arthrobotrys superba faj lírásán keresztül. Ekkor még nem volt ismeretes ennek a gombafajnak a nematóda elfogó képessége, azt csak a XIX. század végén, 1888-ban ZOPF fedezte fel. 1937-ben DRECHSLER munkájában új adatokat közölt az *Arthrobotrys superba* gomba életmódjával kapcsolatban, tanulmányában a gombát már egyértelmű fonálféreg elfogó képességgel rendelkező mikroorganizmusként írta le. Mivel azok az *Arthrobotrys* törzsek, amelyeket eredetileg szaprofitaként izoláltak is képesek élő *Tubatrix aceti* vagy *Panogrellus redivivus* fonálférgek jelenlétében fogóhífákat képezni, ezért az *Arthrobotrys* génuszt fakultatív parazitaként tartják számon. A konídiumtartók hosszúak, egyszerűek, és harántfallal tagoltak. A csúcsán interkalárisan egy kissé megduzzadtak, megnyúlt tojásdad alakú konídiumokkal (UBRIZSY 1965). Az *Arthrobotrys* génusz tipikus faja az *Arthrobotrys superba* (6. ábra), de ezen kívül még 69 fajt írtak le a kutatók (VAN DE HOOG és OORSCHOT 1985). Általános jellemzőjük, hogy 25°C-on, OMA táptalajon általában narancssárga vagy rózsaszín telepeket képeznek. A hurokvető gombák másik csoportja a *Monacrosporium* nemzetségbe tartozik (*Deuteromycota*, *Hyphomycetes*) (KÖVICS 1999) amelyre általánosan jellemző, hogy a konídiumtartók általában harántfal nélküliek és egyszerű szerkezetűek. A konídiumtartó a csúcsán egyenként keletkezik, hosszúkás, orsó alakú, színtelen, 2 vagy több harántfallal (UBRIZSY 1965). OUDEMANS (1885) számolt be először a *Monacrosporium* génuszról. Leírta a *Monacrosporium elegans*, illetve a *Monacrosporium subtile* fajokat, amelyeket ekkor még szintén nem hoztak összefüggésbe a fonálférgekkel. DRECHSLER 1937-ben a *Dactylella* génusznevet, mint szinonímát használta a *Monacrosporium*

hurokvető gomba génuszra. Azóta is számos kutató foglalkozik a kérdéssel, hogy valójában 2 különböző génuszról van-e szó, vagy egyszerűen csak mindkét génusznév használható. Erre a kérdésre a válasz még nem tisztázott, ezért *Dactylella-Monacrosporium complex*-ként található meg a szakirodalomban (RUBNER 1996).

A nematódak elleni védekezés rendszerébe tehát a jövőben lényeges lehet a biológiai védekezés beiktatása ezekkel a mikroorganizmusokkal, a talaj növényparazita fonálféreg számának csökkentése érdekében (SIKORA 1992).



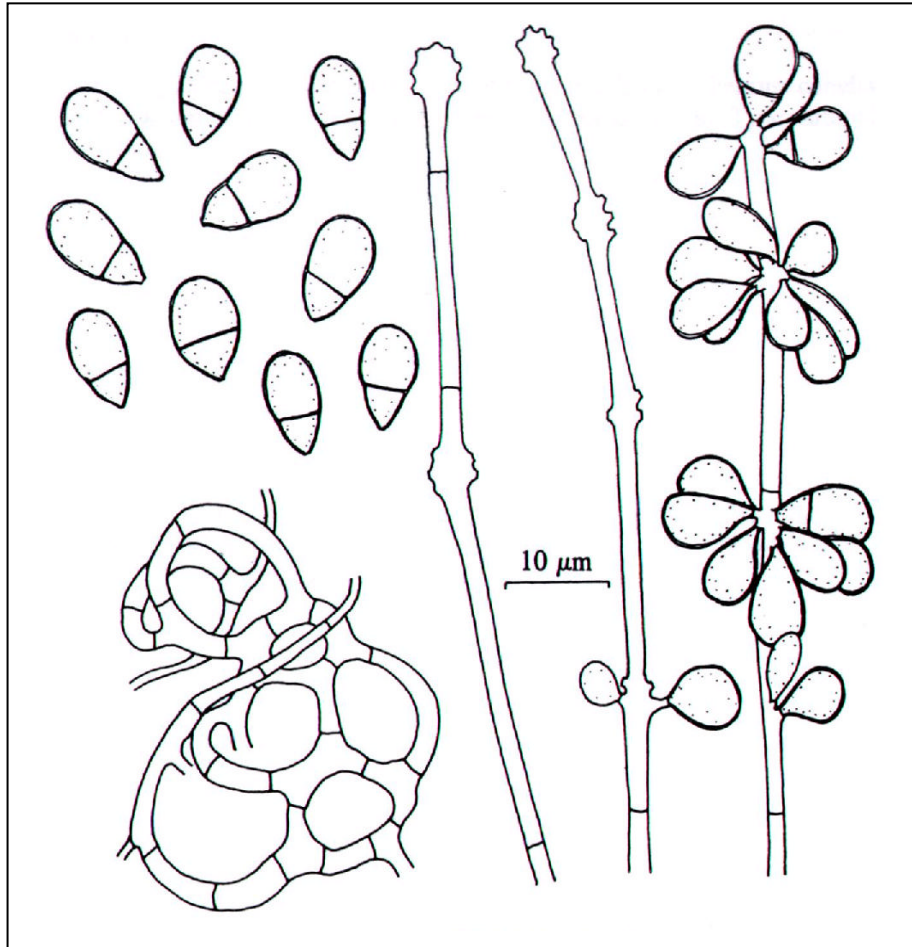
6. ábra. *Arthrobotrys superba* (OORSCHOT VAN 1985)

2.2.1.2. *A hurokvető gombák hatásmechanizmusa*

A hurokvető gombák szinte minden talajtípusban megtalálhatók, ahol képesek szaprofita módon is táplálkozni, bár nagyon fontos számukra az élő, mozgó fonálféreg, mint táplálékforrás (DIJKSTERHUIS 1993).

A nematofág gombáknak többféle fonálféreg elfogásra alkalmas képlete van, amelyek különféle mechanizmusok alapján ragadják meg a nematódákat. A fonálféreggel való tartós érintkezés enzimatis reakciót vált ki, ennek segítségével hatol be a gomba a kutikulába, majd ammónia kibocsátásával ölik meg az állatot (ESTEY és OLTHOF 1965). A hurok mérete általában kisebb testű talajlakó fonálféreg (lárvák) csapdázását teszi lehetővé (AMIN és BUDAI 1993). Az *Arthrobotrys oligospora* nematódákat behálózó szervének (7. ábra) falában található egy N-galaktozamin specifikus gomba lektin, amely valószínűleg szerepet játszik a zsákmányállat felismerésében (KAPLAN és DAVIS 1991). Nematofág gombák adhéziós mechanizmusát kutatva TUNLID és JANSSON (1992) megállapították, hogy a fonálféreg emésztését a gombának a nematóda felszínéhez való szoros kötődése indítja meg. Az *Arthrobotrys oligospora* esetében az adhéziós fázis speciálisan 3 dimenziós szerkezetekre korlátozódik, a kötődést extracelluláris fibrilláris polimer réteg okozza. Ennek a rétegnek a struktúrája az adhézió során megváltozik, a szálak tömöttebbé válnak, és egy irányba állnak be. A felszíni réteg főleg szénhidrát tartalmú rostokból és kis molekulájú fehérjékből (lektin) áll. A tanulmányban megállapították, hogy a nematódák *Arthrobotrys oligospora*-hoz való kötődésének része egy felismerési folyamat, amely egy lecitin-szénhidrát kölcsönhatáson

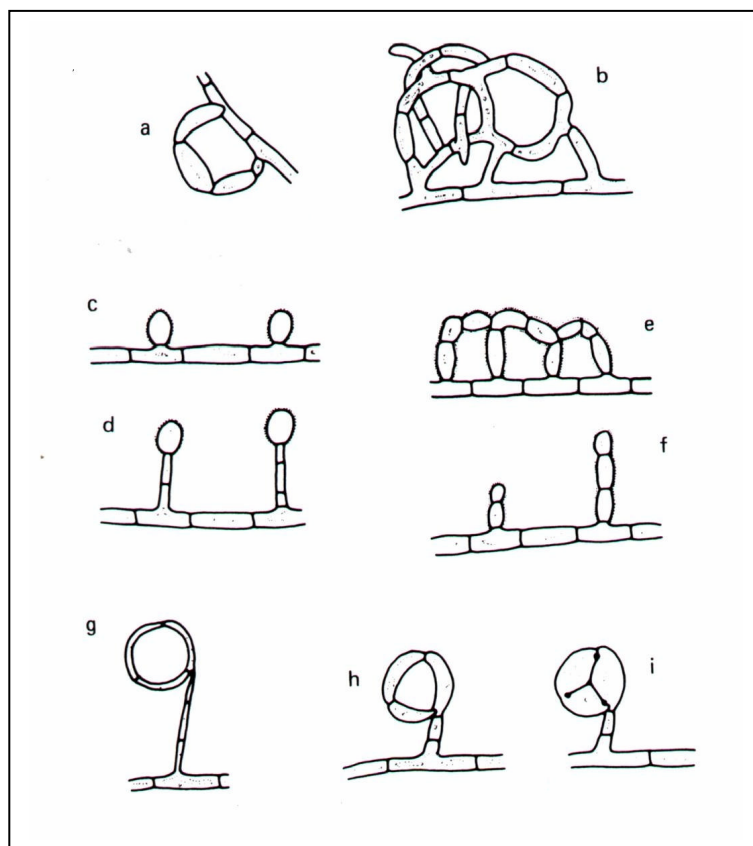
lapul, és amely a felszíni polimer-réteg átrendeződését és enzimek termelődését idézi elő, amely a fonálféreg erős megkötését eredményezi. A gombák a táplálkozás megkezdése után a fonálférgek testén kitartó képleteket (klamidospóra) hoznak létre.



7. ábra. *Arthrobotrys oligospora* var. *oligospora*
(OORSHOOT VAN 1985)

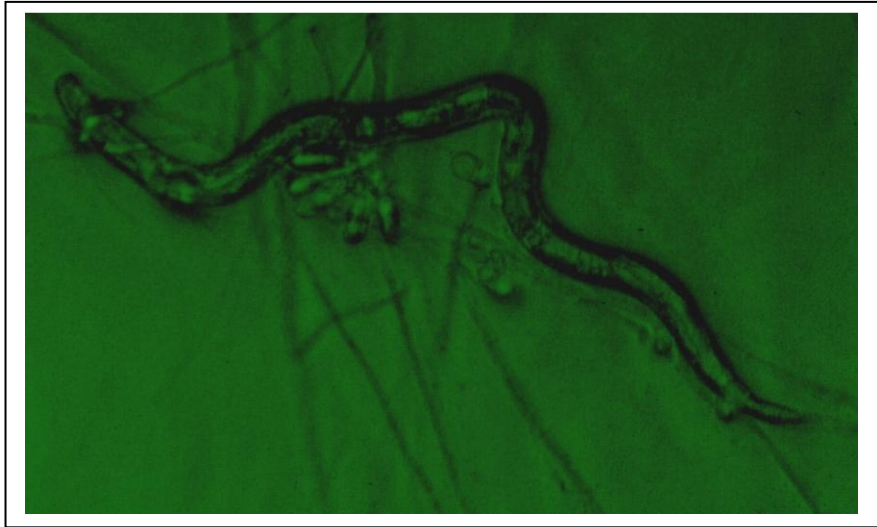
A hurokvető gombák fonálféreg elfogó készülékei a következő fajták lehetnek (8. ábra):

- Két faj a *Zygomycota* törzshöz tartozó gombák közül (*Stylophage* és *Cystophage*) és egy pár faj a *Hyphomycetes* osztályból képesek arra, hogy a fonálférgeket ragadós képződményeikkel, amelyet közvetlenül a hífáikon termelnek, csapdába ejtsék. Ezek a ragadós hifák a legegyszerűbb elfogó szerkezetek, kevésbé érzékenyek a többi szerkezethez képest, amelyet a nematóda-elfogó gombák esetében megtalálhatunk. A fonálférgek elfogására alkalmas képződmény felületén sárga színű szekréciós anyag képződik, mely ragadós tulajdonságú, ezzel segítve a fonálférgek megragadását.
- Egy másik, aránylag egyszerű elfogó struktúra a ragadós kar, amelyet csak pár nematóda-elfogó képességgel rendelkező gomba képez, amelyek közül a legelterjedtebb a *Monacrosporium cionapagum*. A függőleges kar, amely egy, kettő vagy három sejtből áll, a hifák végén képződik, amely képes egyszerű hurkot, vagy kétdimenziós hálót képezni. Minden egyes karnak van egy vékony hártya a felületén, amely ragadós anyagokat választ ki.
- A ragadós hálózati tapadók az evolúciós lépcső eggyel fejlettebb készülékei a ragadós karhoz képest. Ezek, a fonálférgek elfogására alkalmas szerkezetek, egy laterális karon képződnek, amely egy vegetatív hifából nő ki. Kanyarodnak, hajlanak, ezek a hálózatos tapadók, míg végül az ős-hífával egyesülnek. A későbbi hurkok ezeken a hurkokon, illetve az ős-sejteken képződnek, amíg komplex, háromdimenziós, ragadós-fedett hálózattá alakulnak.



8. ábra. Hurokvető gombák fonálféreg elfogó készülékei: a) egyszerű ragadós hálózati tapadók; b) háromdimenziós ragadós hálózati tapadók; c) nyeletlen tapadó gomb; d) nyélen ülő tapadó gomb; e) gyakran képződő egyszerű kétdimenziós ragadós hálózati tapadók; f) ragadós kar; g) nem összeszoruló gyűrű; h) összeszoruló gyűrű nyitott állapotban; i) összeszoruló gyűrű zárt állapotban (GRAY 1988).

Ezek a hálózatok, a leggyakrabban előforduló formái az elfogó készülékeknek a hurokvető gomba fajoknál. Az *Arthrobotrys oligospora* talán a leggyakrabban előforduló predátor gomba, amelynél szintén ez a fogóképlet található meg (9. ábra).



9. ábra. *Arthrobotrys oligospora* hurokvető gomba által fogságba ejtett *Meloidogyne incognita* lárva (fotó: KOK)

- A negyedik típusa a fonálféreg-elfogó készülékeknek a tapadó gomb, amely egy sejtből áll, ám különböző morfológiai alakzatot vehet fel. Ez a sejt vagy nyeletlen (ülő), vagy egy rövid, egyenes hifa végén képződik. Ezek a kerek sejtek egészen sűrűn helyezkednek el a hifákon, így a nematódák gyakran és könnyen kontaktusba kerülnek valamelyik gombbal. A fonálférgek igyekeznek elmenekülni a gombok közeléből, viszont sok esetben pont ez az igyekezet okozza a gombok leválását a hifákról. Néhány faj esetében a gombok szilárdan a száron maradnak, hozzákapcsolódnak a zsákmányállathoz, és a behatolás is hagyományosan történik. A legtöbb *Hyphomycetes* és *Basidiomycota* gomba esetében ezt a fonálféreg elfogására alkalmas képletet találjuk meg.

- A nem-összeszorító gyűrűk a hurokvető gombáknál akkor képződnek, amikor az oldalsó egyenes ág a vegetatív hífából megvastagszik és behajlik, így alakul ki az általában 3 sejtből álló gyűrűt, amely azután egyesül a talapzati résszel. A nematóda bejut a gyűrűbe, majd a gyűrű bezáródik a teste körül. Ez az elfogási mechanizmus eddig passzívnak bizonyult, bár a legújabb kutatási eredmények azt mutatják, hogy létezik egy ragadós réteg amely a gyűrű belsejében található meg, bár eddig csak pár gomba faj esetében sikerült ezt igazolni (DOWSETT és REID 1977, 1979, SAIKAWA 1985).
- Az összeszorító gyűrűk hasonló módon képződnek, mint a nem-összeszoruló gyűrűk, bár a hífához rövidebb szárral kapcsolódnak. Ezek a legkifinomultabb szerkezetek a hurokvető gombák elfogó szerkezetei közül. A fonálféreg találkozik a gyűrű „ravaszával”, a három gyűrűsejt befelé gyorsan megduzzad, és bezáródik a zsákmányállat körül. Általában a gyűrű záródása nagyon gyors, kevesebb, mint 0,1 másodperc alatt történik meg. A gyűrű záródása viszont csak 2-3 másodperccel azután következik be, miután a fonálféreg először érintkezett a gyűrűvel. Ez a pár másodperces fáziskésés azonban lehetőséget biztosít a fonálférgeknek, hogy a gyűrű záródása előtt kihúzódhassanak a gyűrűből. Ezért az összeszorító gyűrűk nem a leghatékonyabbak a nematóda elfogás eszközeként, főleg ha sok a gyűrű és a fonálféreg populáció is nagy (BARRON 1977).

2.2.1.3. Hurokvető gombák előfordulása

GRAY (1983) kísérleteiben írországi talajokból izolált, (0,5 g talaj-mintából, 3 ismétlésben), 43 különböző fajba tartozó hurokvető gombát. Az izolációs gyakoriság azonban relatívan alacsonynak bizonyult BAILEY és GRAY (1989) kísérleteiben, ugyanis a mintákban nagyon sok, gyakori talajlakó gomba volt megtalálható. Így ez a módszer nem bizonyult elég hatékonynak. GRAY (1987, 1988) felmérései alapján megállapította, hogy természetes közegükben, azaz a talajban a hurokvető gombáknak jelentős szerepük van. Felméréseiben, a talajban előforduló gombákat faj szerint regisztrálta, illetve új fajokat is írt le. Ezek a kísérletek azonban csak kvalitatívnak bizonyultak, mert sem a populáció nagyságról, sem a gombák talajban lévő jelentőségükről, sem a többi gombákkal való viszonyukról nem adtak információt.

STIRLING és MANKAU (1978) használták először, a talajban élő hurokvető gombák számszerű meghatározására módszerüket. DACKMAN és munkatársai (1987) ezt a módszert alkalmazva megállapították, hogy a vizsgált talajban a hurokvető gombák gyakorisága kisebb, mint 4 szaporítószerv/gramm. Azt viszont nem lehet tudni, hogy ez az eredmény abból adódik, hogy a mezőgazdaságilag művelt területeken a gombák inkább micélium, illetve spóra formájában vannak jelen, vagy inkább a módszer hibájában kell keresni az okokat.

Magyarországon a hurokvető gombákkal a Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Zöldségtermesztési Intézetében már a '80-as években folyattak kísérleteket (TURI 1988), majd ezek a kutatások rövid szünet után a Csongrád Megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Szolgálat

Biológiai védekezés Laboratóriumában folytatódtak. AMIN és BUDAI (1993) hazai talajokból izolált *Arthrobotrys oligospora* törzseket, majd ezekkel folytatott kísérleteket, amelyben megállapították, hogy az általuk izolált egyik magyar törzs a *Meloidogyne* sp. számát 77,4%-kal csökkentette. A kísérletek napjainkban is tovább folytatódtak, számos pozitív eredménnyel (BUDAI 2000).

2.2.1.4. Hurokvető gombák táplálkozása

Ezek a gombák képesek elfogni a fonálféreg fajok széles rétegét, tehát nem specializálódtak a növényparazita, vagy egyéb nematódákra (GRAY 1983). Bár a speciális, és kivételes nematóda elfogó képességük, volt az a tulajdonságuk, amely felhívta a kutatók figyelmét, mégis elmondható, hogy ezek a gombák nem függenek kizárólag csak a fonálférgektől, mint táplálékforrástól. Az összes hurokvető gomba könnyen szaporodik táptalajon, felhasználva az egyszerű szénhidrátok körét, mint szénforrást; és a nitrogénvegyületek széles körét, mint N forrást. A hurokvető gombáknak kétféle szaporodásmódja ismert, melyek mértéke függ a fonálférgek számától, és az egyes fajra jellemző tulajdonságtól. A táplálkozási mód aktuális állapota a fonálféreg szám tekintetében széles skálán helyezkedik el: a nagyobb mértékben predátor fajok találhatóak a skála egyik végén; és azok a gombák, amelyeknél viszont a szaprofitizmus a gyakoribb táplálkozási mód, ezek találhatóak meg a skála másik végén.

A gyűrűképző fajok, illetve azok, amelyek ragadós gombbal, illetve ragadós karral rendelkeznek, a legelterjedtebb predátorok, mivel a

fogókészülékeik spontán módon képződnek. Képesek a talajban alacsony növekedési eréllyel, és kis szaprofita tulajdonságokkal is fennmaradni. Ezek a gombák azonban képesek olyan anyagok termelésére, amelyek in vitro attraktívak a fonálféreg számára (JANSSON és NORDBRING-HERTZ 1979, 1980, JANSSON 1982).

Azok a gombák, amelyek ragadós hálózatos kart képeznek, gyors növekedési eréllyel rendelkeznek táptalajon, nem képeznek spontán fogókarokat. Predátor tulajdonságaikban alulmúlják az előző csoportot, ezért a talajban többnyire mint szaprofiták találhatók meg.

Az *Arthrobotrys oligospora* virulenciafaktorait vizsgálva valószínűsíthető, hogy egy extracelluláris peptidáz enzim lehet a virulenciáért felelős, amely a gazdaállat fehérjetartalmú kutikuláját bontja. Az enzimet kódoló gén azonosítása és izolálása valószínűsíti a virulensebb *A. oligospora* törzsek előállításának lehetőségét (JAKUCS és VAJNA 2003).

2.2.1.5. *A hurokvető gombák ökológiája*

A hurokvető gombák táplálkozásában a szaprofita és predátor táplálkozási mód sokoldalúsága adja meg a kulcsot ökológiai szerepükhöz. A gombák váltogatja táplálkozásmódjukat a predátor fázis és a szaprofita fázis között; a környezeti tényezők függvényében. Bár azok a faktorok, amelyek az egyik táplálkozási módról a másikra való váltást befolyásolják, még nincsenek teljesen tisztázva. Általában van egy átmeneti időszak, amíg a gombák stabilizálódnak a talajban, valamint a fonálféreg populáció növekedik, ebben a fázisban erősebb a szaprofita táplálkozási képesség (BARRON 1977). Ezt a megállapítást más kutatók is

alátámasztották, miszerint egy kezdeti megerősödési szakasz alatt a gombáknak nélkülözhetetlen szubsztrátumokra van szükségük ahhoz, hogy energiáikat az elfogó készülékek képzésére tudják fordítani. Ez azt sugallja, hogy a fogókészülékek létrehozását a fonálférgek jelenléte stimulálja (NORBING-HERTZ 1973, JANSON és NORBING-HERTZ 1980).

Az elfogó képesség végleges elvesztése talán azért következik be, mivel az új hurkok képzéséhez szükséges energia elveszi a reprodukzív folyamatoktól az energiát. A természetben kihasználva szaprofita képességeiket megfelelő mennyiségű és minőségű táplálékhoz jutnak, majd fogókészülékeket hoznak létre a fonálférgek jelenlétének hatására, mielőtt sporulálnának; így viszont nem biztosítják a következő generáció nagyságát. Érdeemes azonban elgondolkodni ezen tények tudatában azon, hogy vajon ezek a gombák ilyen tulajdonságokkal megfelelő hatékonyságú biológiai ágensek?

LINFORD és munkatársai 1938 munkájukban kifejtették, hogy természetes talajviszonyok között ezek a gombák alacsony metabolikus aktivitási állapotban vannak, és predátor tulajdonságaik nem jelennek meg. Amikor azonban módosítanak a talaj szerves anyag tartalmán, a hurokvető és egyéb, nyugalomban lévő gombák aktiválódnak, elkezdődik az alapvető táplálékért a versengés, majd a hurokvető gombák esetében bekövetkezik a táplálkozási-mód váltás. Ebben az esetben a fonálférgek számának nincs köze a predátor aktivitáshoz.

COOKE (1968, 1977) megfigyelései után azt a megállapítást tette, hogy a predátor aktivitás egy adaptív mechanikai viselkedés, amelyet táplálék okozta stressz vált ki, a többi szaprofita gombával való vetélkedés miatt, mely megfigyeléseket QUINN (1987) kísérleti is alátámasztottak.

Az eddigi kísérletrendszerekbe a nematóda-gomba kapcsolatrendszer felderítésére baktériumokat, hurokvető gombákat, kompetitor gombákat, szabadon élő- és növényparazita-fonálférgeket és növekedési szubsztrátokat vontak be. Fontos lenne azonban a továbbiakban egyéb környezeti faktorokat is megvizsgálni, a hurokvető gombák ökológiai igényének ismereteihez.

Ezek a gombák képesek a fonálférgek számos fajával táplálkozni, nem specializálódtak a növényparazita vagy egyéb fonálférgekre (GRAY 1983).

2.3. A biológiai védekezésre használható gombák formázása

Számos kutató erőfeszítése ellenére sem tudtak a hurokvető gombák mint biológiai védekezési ágensek a mezőgazdaságban széles körben elterjedni (STIRLING 1991). Hagyományos, szilárd táptalajon, mint pl. korpán, rizshánton, gabonaszemeken történő tömegtenyésztésük esetében a táptalajt is belekeverik a földbe az alkalmazás során. Mivel a talajban élő mikroorganizmusok számára ezek a szilárd szubsztrátok tápanyagforrássá lépnek elő, nagy a versengés a hurokvető gombák, és az egyéb, talajlakó, antagonista hatású mikroorganizmusok között. Ebben az intenzív, tápanyagforrásért történő versengésben a hurokvető gombák nehezen tudnak stabilizálódni (STIRLING és mtsai 1998a). A kereskedelembe is gondokat okoz ez a tömegtenyésztési technológia, mivel nagy tömegű szilárd táptalajt kell megmozgatni, és a végtermék minősége sem megbízható. A tápanyagpótlás magában hordozza a szilárd táptalaj mikrobiológiai fertőzésének lehetőségét, valamint a szállítás és a

kijuttatás problémáját is, mely az eddig használt, hagyományos technikákkal csak nehezen oldható meg (STIRLING és mtsai 1998a).

A palántakorú zöldségnövények nagyon érzékenyek a kiültetést követően bármilyen fertőzés fellépésével szemben, és ebbe bele kell érteni a fonálférgeket is. Hogyan lehet a palántakorú növények gyökerét megvédeni a fonálféreg fertőzéssel szemben? Az egyik ilyen lehetőség az az lenne, ha palántázás előtt közvetlenül a gyökérre vinnénk fel a biológiai ágenseket, olyan anyag segítségével, amely a tapadást elősegíti, de nem károsítja sem a gyökeret, és nincs toxikus hatása a biológiai védekezésre használt gombákra sem. Ilyen anyag a CMC, vagyis a carboxymetil-cellulóz 1%-os oldata. Tulajdonképpen a CMC-t tartalmazzák az egyszerű tapétaragasztók is. Ez az anyag tehát jó ragasztóképességgel rendelkezik, és amellett nem káros a növényekre, hiszen természetes alapú.

A gyökérgubacs fonálférgek elleni biológiai védekezés fejlesztésében számos tudományos értekezés látott már napvilágot, amelyben pelletizált gomba-hízával csökkentették a gyökérgubacsok számát, laboratóriumi körülmények között (LACKEY és mtsai 1993, STIRLING és MANI 1995, JAFFEE és MULDOON 1995).

Az alginátot, amelyet tengeri moszatokból nyertek ki, főként az élelmiszeriparban használják, mint adalék anyagot, a megengedett tárolási idő meghosszabbítására, illetve az élelmiszerek minőségének javításra (BERLITZ és GROSCH 1987). Az alginát egyvegyértékű kationsói, (mint pl. a nátrium sók), gél állapotot vesznek fel, ha kalciummal, vagy egyéb két vegyértékű kationnal találkoznak, és kicserélődnek. Ezt a tulajdonságát kihasználva lehet gömb alakú preparátumokat készíteni ebből az anyagból, amelybe

mikroorganizmusokat (SCHUSTER és SIKORA 1992) fonálférgeket (KAYA és NELSON 1985) különböző enzimeket és szubsztrátokat (WADA és mtsai 1979, REDENBAUGH és mtsai 1984) lehet „bezárni”.

Az alginát pellet első sikeres alkalmazásáról DE LEIJ és KERRY 1991-ben számolt be, amikor is *Verticillium chlamydosporium* gombát sikerült ilyen módon formázniuk.

3. Anyag és módszer

3.1. A hurokvető gombák autökológiai vizsgálata, különös tekintettel néhány abiotikus és biotikus tényezőre

3.1.1. A hurokvető gombák növekedési erélyének vizsgálata különböző hőmérsékleten, steril körülmények között

A kísérletben a gombák növekedési erélyét és életképességét vizsgáltuk különböző hőmérsékleten. A vizsgálatokban a következő gombafajok szerepeltek: *Arthrobotrys oligospora* w. (amely a CBS kollekciójából származott, regisztrációs száma: 289.82), *Arthrobotrys superba*, *Monacrosporium geophyropagum*, *Monacrosporium parvicolle* (PRI - Plant Research International, Wageningen, Hollandia kollekciójából kaptunk kísérleti célzattal), illetve az *Arthrobotrys oligospora* hu1, mely a Csongrád Megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Szolgálat gyűjteményéből származott. A gombák törzstenyészetéből származó izolátumokat a vizsgálatokhoz PDA (potato-dextrose agar) táptalajon szaporítottuk fel a kísérlethez kívánt mennyiségben.

Semleges (7 pH) PDA táptalajt használtunk a kísérletekben, a gombák növekedésének vizsgálatára.

A vizsgált hőmérsékleti tartományok a következők voltak: +5°C, +10°C, +15°C, +20°C, +25°C, +30°C, +35°C. Minden hőmérsékleti tartományban a kísérletek beállítása azonos módszerrel történt.

Mindegyik gombafaj esetében a kísérletet 90 mm átmérőjű, steril PDA táptalajt tartalmazó Petri-csészébe állítottuk be. Egyenként 4 db 9 mm

átmérőjű, a törzstenyészetből származó korong alakú gombatelepet helyeztünk, az új, vizsgálati táptalajra. A vizsgálatokat 5 ismétlésben állítottuk be.

A vizsgálati anyagokat megvilágítás nélküli termosztátba helyeztük, a megfelelő hőmérsékletre, majd a telepek átmérőit naponta mértük.

A kísérlet eredményeit a 8. és 9. táblázatok tartalmazzák, a 12. és a 13. ábrák pedig grafikusán szemléltetik a kísérlet eredményeit.

3.1.2. A gombák növekedési erélyének vizsgálata különböző pH tartományokban, steril körülmények között

A kísérletben a gombák növekedési erélyének vizsgálatát tűztük ki célul, különböző pH-jú tenyésztési közegben. A kísérletekben tápközegként szintén steril PDA táptalajt használtunk.

A táptalajok pH-ját 0,5 N HCl, illetve 0,5 N NaOH oldattal állítottuk be, állandó finomskálás indikátorpapírral történt pH ellenőrzés mellett, kolorimetriás (indikátorpapíros) módszerrel (LÁSZLÓNÉ 1993). A kísérletbe a következő pH tartományban beállított táptalajokat vontunk be: pH 2, pH 3, pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9, pH 10, pH 11.

A pH 2 tartományú táptalajt a pH beállítás után a kísérletből kizártuk, mivel az szobahőmérsékleten nem dermedt meg, cseppfolyós halmazállapotú maradt.

A kísérletben szereplő gombák ugyanazok voltak, mint a 3.1.1. kísérletben vizsgáltak.

Egy-egy gombafaj esetében 5 db, 90 mm átmérőjű Petri-csészébe, egyenként 4 db 9 mm átmérőjű, a törzstenyészetből származó korong alakú gombatelepet helyeztünk, az új, vizsgálati PDA táptalajra.

A vizsgálati anyagokat 25°C-on inkubáltuk, megvilágítás nélkül, majd a telepek átmérőit naponta mértük.

A kísérletet variancia analízissel értékeltük ki. Az eredményeket a 10. táblázat tartalmazza, grafikus ábrázolásra pedig a kiértékelés 4. napját választottuk ki, melyet a 14. ábrán mutatunk be.

3.1.3. A kísérletekben szereplő talajok fizikai-kémiai-biológiai vizsgálata

A későbbi in vivo kísérletekben tesztelni kívánt talajok tulajdonságainak megállapítása érdekében, és a későbbi kísérletekben várható összefüggések megértése és megítélése miatt vizsgáltuk a talajok fizikai-kémiai és biológiai tulajdonságait. Magyarországi 5 jellemző talajtípust vontunk be kísérleteinkbe, melyek származási helyük szerint a következők voltak:

1. homoktalaj, gyűjtési hely: Hódmezővásárhely-Kishomok,
2. csernozjom talaj, gyűjtési hely: Nagybánhegyes,
3. barna erdőtalaj, gyűjtési hely: Keszthely,
4. réti öntéstalaj, gyűjtési hely: Kiszombor,
5. szikes talaj, gyűjtési hely: Makórákos.

A talajok fizikai-kémiai vizsgálatát a Mezőgazdasági Szakszolgáltató Kft. Agrokémiai Laboratóriumában, Hódmezővásárhelyen végezték el, mely vizsgálatokról hivatalos vizsgálati jegyzőkönyv készült, melyeknek eredményeit a 3-7 táblázatok tartalmazzák.

Mivel a talaj biomaszájának 80%-át a talajban élő gombák teszik ki (CLARK és PAUL 1970, SHIELDS és mtsai 1973), így nagyon fontos a szerepük van a talajban lejátszódó biológiai folyamatokban.

A talajok mikrobiológiai aktivitását is megvizsgáltuk, amely kísérletben a talajokban előforduló mikroorganizmusok előfordulást és számát mértük. Vizsgálataink célja az volt, hogy megállapítsuk a talajokban élő egyéb mikrobák mennyiségét és összetételét, melyek a biológiai védekezésre alkalmazott gombák konkurensei lehetnek a tápanyagokért folyó küzdelemben, így gyengítve azok hatékonyságát.

A mikrobiológiai aktivitás vizsgálata talajszélesztéssel történt. Első lépésként talajféleségenként kb. 20 grammot az egyes talajokból dörzsmozsárba helyeztünk és alaposan felaprítottunk. Ebből a porított talajból 10 gramm mennyiséget, mérőhengerben lévő 90 ml desztillált, sterilizált vízhez adtunk. Ebből a jól összerázott szuszpenzióból kivettünk 10 ml-t, amelyből kaptuk a talajszélesztéshez alkalmazott 10^0 hígítást. Ebből a szuszpenzióból 1 ml-t kivéve, és újabb kémcsőben lévő 9 ml desztillált és sterilizált vízhez adva kaptuk meg a 10^{-1} hígítást. Ezt a folyamatot megismételtük annyiszor, amíg a 10^{-6} hígítást is megkaptuk.

3. táblázat

Szikes talaj fizikai-kémiai talajvizsgálati eredményei

Tulajdonság megnevezése	Érték	Ellátottság
Vizes-pH	7,89	semleges-enyhén lúgos
Káliumkloridos-pH	7,35	semleges
Vízoldható só tartalom	0,07 %	alacsony
Arany-féle kötöttségi szám	42	vályog
Szénsavas mésztartalom	5,44 %	magas
Al-oldható P ₂ O ₅	107 mg/kg	közepes
Összes humusztartalom	2,53 %	közepes
Al-oldható K ₂ O	253 mg/kg	közepes
Al-oldható Na	184 mg/kg	magas
KCl-oldható Mg	531 mg/kg	magas
EDTA+KCl-oldható Fe	39,1 mg/kg	alacsony
EDTA+KCl-oldható Mn	45,3 mg/kg	alacsony
EDTA+KCl-oldható Cu	2,1 mg/kg	jó
EDTA+KCl-oldható Zn	1,2 mg/kg	jó

4. táblázat

Öntéstalaj fizikai-kémiai talajvizsgálati eredményei

Tulajdonság megnevezése	Érték	Ellátottság
Vizes-pH	7,38	semleges
Káliumkloridos-pH	6,9	semleges
Vízoldható só tartalom	0,14%	közepes
Arany-féle kötöttségi szám	56	agyag (nehéz)
Szénsavas mésztartalom	1,12%	alacsony
Al-oldható P ₂ O ₅	297 mg/kg	jó
Összes humusztartalom	2,39%	gyenge
Al-oldható K ₂ O	343 mg/kg	jó
Al-oldható Na	60 mg/kg	jó
KCl-oldható Mg	1101 mg/kg	magas
EDTA+KCl-oldható Fe	277,5 mg/kg	magas
EDTA+KCl-oldható Mn	244,5 mg/kg	jó
EDTA+KCl-oldható Cu	9 mg/kg	jó
EDTA+KCl-oldható Zn	2,1 mg/kg	jó

5. táblázat

Csernozjom talaj fizikai-kémiai talajvizsgálati eredményei

Tulajdonság megnevezése	Érték	Ellátottság
Vizes-pH	8,19	semleges-enyhén lúgos
Káliumkloridos-pH	7,23	semleges
Vízoldható sótartalom	0,08%	alacsony
Arany-féle kötöttségi szám	45	vályog
Szénsavas mésztartalom	2,57 mg/kg	közepes
Al-oldható P ₂ O ₅	140 mg/kg	közepes
Összes humusztartalom	4,06%	jó
Al-oldható K ₂ O	223 mg/kg	közepes
Al-oldható Na	12 mg/kg	jó
KCl-oldható Mg	255 mg/kg	jó
EDTA+KCl-oldható Fe	22 mg/kg	alacsony
EDTA+KCl-oldható Mn	152 mg/kg	közepes
EDTA+KCl-oldható Cu	3 mg/kg	jó
EDTA+KCl-oldható Zn	1,4 mg/kg	jó

6. táblázat

Barna erdőtalaj fizikai-kémiai talajvizsgálati eredményei

Tulajdonság megnevezése	Érték	Ellátottság
Vizes-pH	7,67	semleges
Káliumkloridos-pH	6,75	semleges-enyhén savanyú
Vízoldható sótartalom	0,02%	alacsony
Arany-féle kötöttségi szám	31	homokos vályog
Szénsavas mésztartalom	0,08 mg/kg	szegény
Al-oldható P ₂ O ₅	182 mg/kg	jó
Összes humusztartalom	1,81%	közepes
Al-oldható K ₂ O	217 mg/kg	jó
Al-oldható Na	0 mg/kg	jó
KCl-oldható Mg	225 mg/kg	jó
EDTA+KCl-oldható Fe	462 mg/kg	magas
EDTA+KCl-oldható Mn	396 mg/kg	magas
EDTA+KCl-oldható Cu	5,2 mg/kg	jó

EDTA+KCl-oldható Zn	2,2 mg/kg	jó
---------------------	-----------	----

7. táblázat

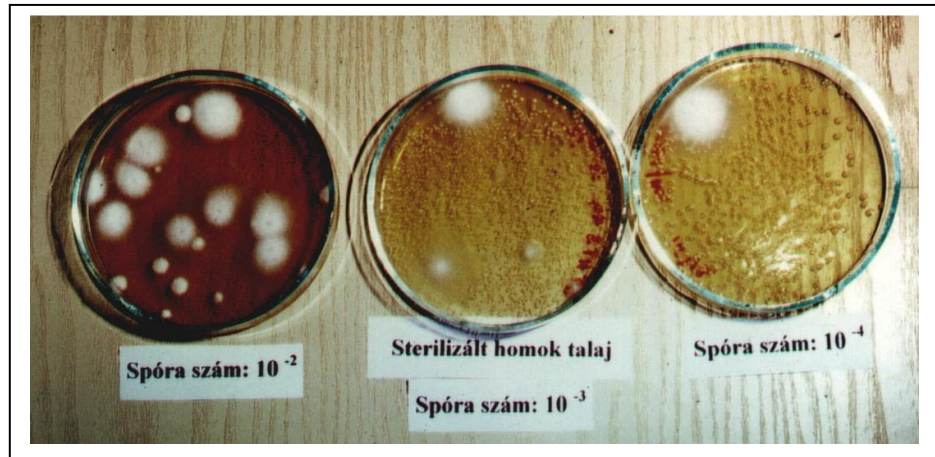
Homoktalaj fizikai-kémiai talajvizsgálati eredményei

Tulajdonság megnevezése	Érték	Ellátottság
Vizes-pH	6,45	savanyú
Káliumkloridos-pH	5,68	savanyú
Vízoldható sótartalom	0,03 %	alacsony
Arany-féle kötöttségi szám	24	homok
Szénsavas mésztartalom	0 mg/kg	szegény
Al-oldható P ₂ O ₅	211 mg/kg	jó
Összes humusztartalom	0,91 %	közepes
Al-oldható K ₂ O	163 mg/kg	jó
Al-oldható Na	0 mg/kg	jó
KCl-oldható Mg	99 mg/kg	közepes
EDTA+KCl-oldható Fe	164 mg/kg	magas
EDTA+KCl-oldható Mn	77 mg/kg	közepes
EDTA+KCl-oldható Cu	9,2 mg/kg	jó
EDTA+KCl-oldható Zn	7,6 mg/kg	jó

Az egyes hígításokból a steril PDA táptalajra 0,1 ml-t csepegtettünk, majd sterilizált üvegbot segítségével szétkentük a táptalaj felületén. Amikor az oltófülkében félig nyitva hagyott Petri-csészékből a táptalaj felületéről a víz elpárolgott, a vizsgálati anyagot lezártuk és 25°C-ra termosztátba helyeztük. 7 nap elteltével a talajszélesztés értékelésére került sor (10. ábra), amelynek eredményeit a 11. táblázat tartalmazza.

A kísérlet célja az volt, hogy megnézzük néhány hajtásban engedélyezett és gyakran használt herbicid és fungicid hatását a hurokvető gombák növekedésére. A vizsgálatokat a „Fungicid és Baktericid készítmények hatásági szerengedélyezését megalapozó biológiai vizsgálatok” módszertani gyűjteményében meghatározott módszerek alapján állítottuk be. A vizsgálati módszer alkalmas a

fungicidek és herbicidek hatásának elbírálására a gombák micélium növekedésére és konídium csírázására. A módszer lényege, hogy a vizsgálendő készítményekkel, úgynevezett mérgezett agar-lemezt készítünk, és azon értékeljük a micéliumnövekedést, konídiumcsírázást.



10. ábra. Talajszélesztési vizsgálat a talajok biológiai tulajdonságainak vizsgálatára (fotó: VARGA)

A vizsgálatokban szereplő növényvédő szerek kiválasztásánál elsősorban azt a szempontot vettük figyelembe, hogy zöltség kultúrákban engedélyezett szerek legyenek, és a gyakorlatban a termelők által is a közkedvelt, és alkalmazott készítmények szerepeljenek. Mivel a fungicidek és a herbicidek közvetlenül érintkeznek a talajjal, illetve talajon keresztül is van hatásuk, ezért teszteltük a hurokvető gombák növekedésére gyakorolt hatásukat.

A fent említett tulajdonságok alapján a következő növényvédő szereket vontuk be a vizsgálatokba:

Herbicidek:

- *Reglone Turbo SL* – 200 g/l diquat-dibromid hatóanyag tartalmú kontakt hatású, totális gyomirtó szer, amelyet a termesztéstechnológiában általában vetés után, kelés előtt vagy palántázás előtt a már kikelt gyomnövények irtására alkalmaznak. Dózisa: 2,5-3,5 l/ha.
- *Stomp 330* – hatóanyaga: 33% pendimetalin, amely magról kelő egy- és kétszikűek gyomok ellen, paradicsomban és paprikában 4-6 l/ha dózisban van engedélyezve, vetés után, kelés előtt.
- *Sencor 70 WG* – amely 70% metribuzin hatóanyag-tartalmú, granulált herbicid. Paradicsomban a dózisa: 0,3-0,5 kg/ha vetés után, kelés előtt kijuttatva.
- *Dual 960 EC* – 960 g/l S-metolaklór hatóanyagtartalmú folyékony gyomirtó szer, melynek zöldségfélékben engedélyezett dózisa, 1,4-1,6 l/ha, magról kelő egyszikű gyomok ellen, preemergensen kijuttatva.

Fungicidek:

- *Previcur 607 SL* – amely 607 g/l propamokarb hatóanyagú folyékony gombaölő szer, amely zöldségfélékben a palántanevelésben a palántadőlés kórokozói ellen talajkezelésként beöntözéssel 0,15-0,25%-os töménységben alkalmazva, illetve *Peronospora* sp. és *Phytophthora* sp. okozta megbetegedésekre, állománykezelésre engedélyezett készítmény.

- *Dithane M 45* – 80%-os mankoceb hatóanyag-tartalmú gombaölő szer, amely sok zöldségkultúrában rendelkezik engedéllyel 0,2%-os töménységben kijuttatva, számos gombabetegség ellen belocsolással is.
- *Amistar* – 250 g/l azoxistrobin tartalmú folyékony gombaölő szer, zöldségnövények növényvédelmére számos gombás betegség ellen felhasználható, 0,75-1,0 l/ha dózisban.
- *Buvicid K* – 50% kaptán hatóanyagú por formátumú gombaölő szer, amely felhasználható zöldségnövények számos gombás megbetegedés elleni védekezésre 1,0-2,4 kg/ha dózisban.

A kísérleteket a hatósági vizsgálatokban leírtak alapján a következőképpen állítottuk be:

Az „Engedélyezett növényvédő szerek jegyzékében” (OCSKÓ 2000) található zöldségfélékre javasolt hektár dózisokat alapul véve 3 különböző dózist állítottunk be, a minimális-, a közép dózist, és a maximális dózist. A kísérletek beállítása előtt pontosan kimértük, hogy a 90 mm átmérőjű Petri-csészékbe 20 ml táptalaj az ideális mennyiség.

Ezt a 20 ml táptalajt a steril fülke alatt 10 ml kétszeres koncentrációjú sterilizált, 60°C hőmérsékletű PDA táptalaj, és 10 ml kétszeres koncentrációjú vizsgált növényvédő szer oldatának (vagy szuszpenziójának) összeöntéséből kaptuk. A komponenseket steril üvegbot segítségével jól összekevertük a Petri-csészében, és hagytuk kihűlni a steril fülkében. A mérgezett agar-lemezekre a kihűlés után 5 gombafaj (*Arthrotrrys oligospora* hu1, *Arthrotrrys oligospora* hu2, *Arthrotrrys superba*, *Monacrosporium parvicolle*, *Monacrosporium gephiropagum*)

törzstenyészetéből származó, 5 mm átmérőjű micélium korongokat helyeztünk. Minden Petri-csészébe 4 db micélium korongot helyeztünk, majd lezártuk parafilmmel, és 25°C-ra helyeztük inkubálásra. A gombatelepek átmérőjét naponta mértük. A kísérletek adatait variancia analízissel értékeltük ki, mely eredményekből következtetések levonására és szemléltetésre a 15. ábrán bemutatott *Arthrobotrys oligospora* hu1 gomba telepátmérőjének eredményeit választottuk ki a mérési napok függvényében (12. táblázat), illetve a 16. ábrán pedig a kísérlet beállítástól számított 5. nap eredményeit (13. táblázat) ábrázoltuk.

3.1.4. A gombák perzisztenciájának vizsgálata steril és nem steril talajokban

Mivel Magyarországon a kertészeti termelés zöme homok és csernozjom talajokon koncentrálódik, ezt a kétféle talajt választottuk ki a gombák talajban való szaporodási képességének in vitro vizsgálatára.

A vizsgálatokban az *Arthrobotrys oligospora* hu1 és az *Arthrobotrys superba* gombákat teszteltük, mivel az előző kísérletekben ez a két faj hozott jó eredményeket. Az *Arthrobotrys oligospora* hu1 gombára ezen felül azért is esett a választásunk, mert ezt a fajt hazai talajból izolálták, tehát a hazai kutatások számára perspektivikus lehet, és ehhez további adatokkal tudunk szolgálni.

A kétféle talajból egyenként 0,5 kg-ot sterilizáltunk, a másik felét pedig sterilizálatlanul vizsgáltuk. A talajok sterilizálását a következőképpen végeztük: a talajokat üveg mérőpohárba mértük, majd gondosan lezártuk, alufóliával. A talajokat 2 atm. nyomáson, 120°C-on, 20 percig

sterilizáltuk amelyet 3 alkalommal végeztünk el. A sterilizálások között 5 napot kihagytunk, a sterilizálás alkalmával el nem pusztult, illetve nyugalmi állapotban lévő mikróbák kifejlődésére, hogy a következő sterilizáláskor azok is elpusztuljanak.

A sterilizált, illetve nem sterilizált talajokból egyenként 40 g-ot kimértünk a 90 mm átmérőjű Petri-csészékbe, majd kb. 10^7 - 10^8 db konídiumot csepegtettünk pipettával a talajokra, amelyet sterilizált vízzel történt lemosással nyertünk a gomba törzstenyészetekről, és melynek egységnyi térfogatban mért mennyiségét Bürker-kamrában történt spóraszámlálással állapítottuk meg. A vizsgálatokat 5 ismétlésben állítottuk be. A Petri-csészéket parafilmmel lezártuk, majd 10 napra, 25°C-os termosztátba helyeztük, inkubálásra.

Az eltelt 10 nap után a tesztelt gombákat szélesztési eljárással nyertük vissza a talajokból, amelyet a 3.1.3. kísérletben leírtak szerint végeztünk el.

A nem steril talaj szélesztéséhez alkalmazott táptalajhoz antibiotikumot (Streptomycin) is kevertünk, annak érdekében, hogy a várhatóan nagy számú talajlakó baktérium ne zavarjon be a vizsgálatokba, hogy a vizsgált gombáinkat könnyen vissza tudjuk izolálni. Az egyes hígításokból a steril, Saboraud-agar (pepton, glükóz, agar-agar) táptalajra 0,1 ml-t csepegtettünk, majd sterilizált üvegbot segítségével szétkentük a táptalaj felületén. Amikor az oltófülkében félig nyitva hagyott Petri-csészékből a táptalaj felületéről a víz elpárolgott, a vizsgálati anyagot lezártuk és 20°C-ra inkubátorba helyeztük. 7 nap elteltével a talajszélesztés értékelésére került sor, amelynek eredményeit a 14. táblázat tartalmazza.

3.2. Hatékonyságvizsgálat

3.2.1. A hurokvető gombák nematóda elfogó képességének vizsgálata steril táptalajon

A kísérletben 5 hurokvető gombafajt vizsgáltunk: *Arthrobotrys oligospora* w., *Arthrobotrys superba*, *Monacrosporium geophyropagum*, *Monacrosporium parvicolle*, illetve az *Arthrobotrys oligospora* hu1 izolátum.

A gombákat 0,1%-os CMA (corn-meal-agar) táptalajon, 55 mm átmérőjű Petri-csészében, 25°C-on tenyésztettük, amíg a gombák teljesen be nem nőttek hífaikkal a táptalajt (ez kb. 6-10 napot vett igénybe). A fertőzéshez használt *Meloidogyne incognita* fonálférgeket a Plant Research International törzstenyészetéből származó inokulummal megfertőzött, gyökérgubacs fonálféreg fertőzésre érzékeny paradicsom növények gyökeréből nyertük ki. A paradicsom növények gyökerét óvatosan megmostuk, majd 2 cm-es darabokra vágtuk. Nagyító alatt kiválasztottunk a gyökerekről 100 db egészséges tojászsákot, majd ezeket egy műanyag poháron lévő speciális szítaszövetre helyeztük. Ezt a poharat azután egy olyan kamrába tettük inkubálásra, ahol folyamatos, 25°C-os apró cseppméretű vízpermet szállt alá, a fonálférgek kelésének és kifuttatásának céljából. 10 nap elteltével a fonálféreg lárvák egységnyi térfogatban található mennyiségét Bürker-kamra segítségével állapítottuk meg. A vizsgált gombák által teljesen beszótt táptalajra ezután 50 db második stádiumú *Meloidogyne incognita* lárvát (J2) tettünk, 100 µl vízben. A Petri-csészék tetejét mindaddig nyitva hagytuk szobahőmér-

sékleten, steril fülke alatt (kb. 15 percig), amíg a víz el nem párolgott, majd a vizsgálati anyagot 25°C-ra helyeztük, inkubálásra. A gombák nematóda elfogó képességét a fonálféreggel való fertőzés után 2, 24 és 96 órával figyeltük. Mikroszkóp alatti számlálással állapítottuk meg a gombák hífái által elfogott, illetve szabadon mozgó fonálféreg lárvák mennyiségét, a Petri-csészék teljes felületén. Ennek a kísérletnek az eredményét a 18. ábra szemlélteti.

3.2.2. A hurokvető gombák hatékonyságának vizsgálata steril, illetve nem steril talajban

A vizsgálatokhoz humuszos homoktalajt (származási helye: Hollandia) használtunk, melynek az egyik felét természetes módon, azaz sterilizálatlanul használtuk fel, másik felét pedig sterilizáltuk, 2 atm. nyomáson, 120°C-on, 20 percig, két alkalommal. A két sterilizálás között 5 napot állni hagytuk a talajt, hogy azok a mikroorganizmusok, amelyek túléltek a sterilizálást, újból növekedésnek induljanak, hogy a következő sterilizáláskor elpusztuljanak. A talajokból 20 grammot kimértünk 55 mm átmérőjű Petri-csészékbe. A vizsgálatokban használt gombák (*Arthrobotrys oligospora* w., *Arthrobotrys superba*, *Monacrosporium geophyropagum*, *Monacrosporium parvicolle*, *Arthrobotrys oligospora* hu1) tömegtenyésztésére 250 ml-es Erlenmeyer-lombikban lévő 100 ml MPB (20 g glükóz, 20 g maláta, 1 g pepton, 1 liter víz) folyékony táptalajt használtunk. 2 hét tenyésztési idő után a gomba micéliumtömeget (biomasszát) sterilizált szűrőn fogtuk fel, majd steril vízzel átöblítettük. A micéliumtömeget Ystral homogenizátorral steril

fiziológiás sóoldatban aprítottuk fel, majd ebből a homogenizált gomba szuszpenzióból 1 ml-t adagoltunk minden Petri-csészébe, amelyben 10^8 db propagulum volt. A Petri-csészéket lezártuk parafilmmel, majd 2 hétre inkubálásra 25°C-ra helyeztük. Az inkubációs idő letelte után a steril talajhoz kb. 2000 db második stádiumú *Meloidogyne incognita* lárvát adtunk. A nem steril talaj esetében előzetes számlálással megállapítottuk a vizsgálati mennyiség (20 g) természetes fonálféreg populációjának nagyságát, amely kb. 500 db fonálféreg volt. A fonálféreg faji meghatározását nem végeztük el, de a mikroszkópi számlálás során megállapítható volt, hogy a populáció nagyon heterogén. Így ehhez a talajhoz csak kb. 1500 db nematódát adtunk, a két vizsgálati anyag nematóda számának megegyezése érdekében.

A fonálféreg hozzáadásától számított 5 napon keresztül nyertük vissza a talajból a nematódákat, egy speciális fonálféreg kinyeréséhez használt szűrőrendszer segítségével, amely több, változó lyukbőségű szűrőből állt. A legnagyobb szűrőn (500 μ lyukbőségű) a szennyeződés és a nagyobb talajdarabok maradtak fent, a 150 μ -os szűrőn további szennyeződések, valamint talajrészecskék, és a 45 μ -os szűrőn pedig a mozgó lárvák. A kinyert fonálféregket megszámlálva, majd kivonva az eredeti inokulum mennyiségéből megkaptuk a gombák által a vizsgált idő alatt elpusztított fonálféreg számát, vagyis a hatékonyságot, amelyet a steril talaj eredményeiből (15 táblázat) adataiból a 19 ábrán szemléltettük. A 20. ábrán pedig a nem steril talaj eredményei vannak ábrázolva.

3.2.3. Egyszerű tenyészedényes kísérlet a hurokvető gombák hatékonyságának vizsgálatára

A kísérletet azzal a céllal állítottuk be, hogy meggyőződjünk a hurokvető gombák in vivo hatékonyságáról. A vizsgálatban szereplő gombákat, (*Arthrobotrys oligospora* w., *Arthrobotrys superba*, *Monacrosporium geophyropagum*, *Monacrosporium parvicolle*, *Arthrobotrys oligospora* hu1), folyékony MPB (20 g glükóz, 20 g maláta, 1g pepton, 1liter desztillált víz) táptalajon tenyésztettük.

10 nap elteltével a micélium biomasszát sterilizált szűrő segítségével felfogtuk a táptalajból, majd fiziológiás sóoldatban, Ystral homogenizátorral felaprítottuk. A micéliumszuszpenzió koncentrációját Bürker-kamra segítségével állapítottuk meg, melynek 1 ml-jében 10^8 db propagulum volt megszámolható. Ebből a szuszpenzióból 10 ml-t, 100 ml 1%-os CMC (carboxymetil-cellulóz) oldatába kevertünk. A 4 hetes Money Maker (fonálféreg fertőzésre fogékony) fajtájú paradicsom palánták gyökerét az ültetés előtt megmostuk, belemártottuk ebbe a szuszpenzióba, majd 1 literes homoktalajt tartalmazó cserépbe ültettük. Az ültetés után 2 héttel a növényeket megfertőztük 2000 db második stádiumú *Meloidogyne incognita* lárvával, melyet a 3.2.1. kísérletben leírtak szerinti módszerrel nyertünk, és melynek mennyiségét szintén az ott leírtak alapján állítottunk be. Négy héttel a fonálféreggel való fertőzés után bontottuk meg a kísérletet, a gyökereket megmostuk, majd a gyökereken képződött gubacsokat nagyító segítségével megszámoltuk.

A kísérlet eredményeit a 16. táblázat tartalmazza, és a 21. ábra szemlélteti.

3.2.4. Összehasonlító kísérlet a hurokvető gombák különböző formulációjának hatékonyságára

A kísérlet célja az volt, hogy teszteljük az általunk leghatékonyabbnak bizonyult hurokvető gombát különböző formázási technikákat alkalmazva, hogy közülük a leghatékonyabbat megtalálva a biológiai védekezés hatékonyságát javítsuk. A kísérleteket *Arthrobotrys supera* gombafajjal végeztük, amely az előzetes kísérletekben a leghatékonyabbnak bizonyult. A vizsgálatokban szereplő gomba a Plant Research International kollekciójából (Hollandia) származik. Vizsgálatinkban két különböző gomba szaporítóképlet, és két különböző formázási technika szerepelt.

A vizsgálatban szereplő gombát mindkét formázáshoz, folyékony MPB (20 g glükóz, 20 g maláta, 1 g pepton, 1 liter desztillált víz) táptalajon tenyésztettük. A micélium biomasszát felfogtuk a táptalajból, majd Ystral homogenizátorral fiziológiás sóoldatban felaprítottuk.

A konídium szuszpenziót pedig a gomba PDA (potato-dextrose agar) szilárd táptalajon való tenyésztése után, steril vizes lemosással kaptuk.

Alginát szuszpenziót készítettünk Na-alginát és víz segítségével (20 g Na-alginát Sigma A 2033, és 75 ml desztillált víz) (LEWIS és PAPAIVAS 1985) majd sterilizálás után 50 g teljesőrlésű gabonalisztet adtunk a szuszpenzióhoz. A szuszpenzióhoz adott liszt biztosítja a talajban a gombák tápanyag ellátását. 100%-os, és 10%-os koncentrációt állítottunk

be az alginát pelletben mindkét gomba-szaporító képlettel. Ez azt jelenti, hogy a micéliummal végzett beállítások esetén, 60 ml (100%) és 6 ml (10%) propagulumot kevertünk 60 ml alginát-liszt szuszpenzióhoz. A micéliumszuszpenzió 1 ml-jében 10^8 db propagulumot számláltunk meg, melyet Bürker-kamra segítségével állapítottunk meg. A konídiumok alginát pelletben történő formázásához 10^8 (100%) és 10^7 (10%) konídiumot adtunk 60 ml alginát-liszt keverékébe. Kontrollként a gomba nélküli alginát szuszpenziót használtuk. Ezek után hoztuk létre a pellet formulát, mindkét gomba-szaporítóképletből. A szuszpenziókat pipetta segítségével, állandó keverés mellett (a gömb pellet-forma létrehozása érdekében) 0.1 M-os CaCl_2 oldatba csepegtettük. A pelletet állni hagytuk a CaCl_2 oldatban 20 percig, majd izotóniás sóoldatban újabb 20 percig. Mosás után ismétlésenként 4 g-ot kimértünk a pelletből, és ezt 1,5 kg homoktalajjal összekevertük. Ezt a földkeveréket töltöttük bele az 1 l-es virágcserepekbe. A tenyészedénybe 4 hetes, Money Maker fajtájú (fonálféreg fertőzésre fogékony) paradicsom palántát ültettünk, majd 25°C-os üvegházi körülmények közé kerültek a növények. Az ültetés után két héttel, minden növényt megfertőztünk 2000 db. 2. stádiumú *Meloidogyne incognita* fonálféreg lárvával. 6 héttel a fertőzés után került sor az értékelésre. A növények zöldtömegének lemérése után a gyökereket megmostuk, majd Phloxin-B-vel történő festést követően nagyító alatt megszámoltuk a gyökereken található gubacsok és tojászsákok számát.

A másik formázási módszer, a gomba szaporítóképletek (micélium és konídium) 1%-os CMC, azaz carboxymetil-cellulóz oldatába történő keverésével történt. Ebben az esetben, szintén 100%-os és 10%-os koncentrációt állítottunk be a különböző gomba szaporítóképletekkel.

100 ml CMC oldatába 10^7 (10%) illetve 10^8 (100%) konídiumot, valamint 100 ml CMC oldatába 6 ml (10%) és 60 ml (100%) felaprított micéliumot kevertünk (1 ml micéliumszuszpenzióban 10^8 db propagulum volt). 1,5 kg homoktalajt 1 literes virágcserepekbe töltöttünk, majd ebbe ültettük bele a paradicsom növényeket, melyek gyökereit előzőleg belemártottuk a CMC-gomba szuszpenzióba. Kontrollként tiszta CMC oldatába mártott paradicsomokat állítottunk be. A fertőzés és az értékelés, az előzőekben ismertetettek alapján történt. A kísérlet eredményeit a 22. ábrán láthatjuk.

3.2.5. Dóziskísérlet

A kísérlet célja volt, hogy az előző vizsgálatban szerepelt, gyakorlatias (tömegtenyésztésre legjobban alkalmazható) formázási mód, alkalmazásának hatékony dózisát megállapítsuk. A kísérleteket az előzőek folytatásaként *Arthrobotrys superba* hurokvető gombával állítottuk be.

A kísérletben tesztelt szaporító képletet, a micéliumot a gomba folyékony, MPB táptalajon történt tömegtenyésztésével nyertük.

Alginát szuszpenziót készítettünk Na-alginát és víz segítségével (20 g Na-alginát Sigma A 2033, és 75 ml desztillált víz) (LEWIS és PAPAIVAS 1985) majd sterilizálás után 50 g teljesőrlésű gabonalisztet adtunk a szuszpenzióhoz. A szuszpenzióhoz adott liszt hivatott biztosítani a talajban a gombák tápanyagellátását. 100%-os koncentrációt állítottunk be az alginát pelletben a micéliummal. Ez azt jelenti, hogy a micéliumból 60 ml -t kevertünk (1 ml micéliumtömeg, a Bürker-kamrás dózis-

meghatározás alapján 10^8 db propagulumot tartalmazott) 60 ml alginát-liszt keverékéhez.

Kontrollként a gomba nélküli alginát szuszpenziót használtuk. Ezek után hoztuk létre a pellet formulát, a 3.2.4. kísérlet módszereinél leírtak szerint. Az alginát pelletből, izotóniás sóoldatban történt mosás után ismétlésenként 4 g-ot, 8 g-ot, illetve 16 g-ot kimértünk, majd ezeket a dózisokat 1,5 kg homoktalajjal összekevertük, és 1 literes virágcserepekbe töltöttük. A tenyészedényekbe 4 hetes, Money Maker fajtájú (fonálféreg fertőzésre fogékony) paradicsom palántát ültettünk, majd 25°C-os üvegházi körülmények közé kerültek a növények. Az ültetés után két héttel, minden paradicsom növényt megfertőztünk 2000 db 2. stádiumú *Meloidogyne incognita* fonálféreg lárvával. 6 héttel a fertőzés után került sor az értékelésre. A gyökerek Phloxin-B-vel történő festését követően nagyító alatt megszámoltuk a gyökereken található gubacsok és tojászsákok számát. A kísérlet eredményét (17. táblázat) grafikusán a 23. ábra szemlélteti.

3.2.6. Az *Arthrobotrys superba* hurokvető gomba optimális alkalmazási idejének megállapítására vonatkozó kísérletek

AL-HAZMI és munkatársai (1982) azt tapasztalták, hogy a *Meloidogyne incognita* lárvák száma 84%-kal csökkent, a peték száma is kevesebb volt és a termés is növekedett *Arthrobotrys* sp. hurokvető gombával történt kezelés hatására. A gomba hatékonyabbnak bizonyult, amikor a gomba két héttel a fonálféreggel való fertőzés előtt került a talajba. TURI (1988)

javaslatában is az ültetés vagy vetés előtt a hurokvető gombák talajba keverésétől számítva 3-4 hét várakozási időt ír elő. Mivel a gyakorlati alkalmazás számára ez nagyon fontos információ, úgy gondoltuk, hogy leteszteljük a mi legjobbnak bizonyult *Arthrobotrys supera* hurokvető gomba törzsünket is különböző alkalmazási idő függvényében. Ehhez a kísérlethez a fentiekben ismertetett módon készítettük a beállításhoz szükséges micéliumot tartalmazó alginát pelletet, azzal a különbséggel, hogy 10%-os koncentrációt is beállítottunk a pelletben (60 ml alginát-liszt keverékéhez adott 6 ml micéliummal). Mindkét dózisú pelletből ismétlésenként 4 g-ot mértünk ki, és 1,5 kg homoktalajhoz kevertük, majd ezt a talajt 1 literes virágcserepekbe töltöttük. (Minden beállítást duplán vettünk, a különböző alkalmazási időpontok miatt.) A beállítások egyik felébe uborkamagokat vetettünk, a másik felét pedig növények nélkül 25°C-os üvegházi körülmények közé tettük (11. ábra). A cserepek másik felébe a kísérletek beállítását követően 2 hét múlva vetettük az uborka magokat. A magvetésektől számított 6 hét múlva megfertőztük a növényeket 2000 db 2. stádiumú *Meloidogyne incognita* lárvákkal. A fonálférgekkel történt fertőzés után 6 héttel értékeltük ki a kísérletet. A növények gyökerének szintén Phloxin-B-vel történt festését követően számoltuk meg a gyökérgubacsokat, és a tojászsákokat. Ennek a kísérletnek az eredményeit a 18 táblázat tartalmazza, mely adatokat a 24. ábrán szemléltettük grafikusan.



11. ábra. Az alkalmazási időre vonatkozó kísérletben szereplő
uborkanövények

3.2.7. A talajtípus hatása a hurokvető gombák hatékonyságára

Ebben a kísérletben a talajtípusok hatását vizsgáltuk a hurokvető gombák hatékonyságára, melyet a gyökérgubacs fonálférgek számának alakulásával mértünk le. A kísérlet beállításakor az 5 különböző és Magyarországon nagyon jellegzetes talajokból (csernozjom talaj, homoktalaj, réti öntéstalaj, szikes talaj, barna erdőtalaj – lásd 3-7. táblázat) 230 g-ot mértünk ki műanyag cserepekbe. A cserepekbe 3 db Lugas F1 fajtájú, fonálféreg fertőzésre érzékeny paradicsom magot ültettünk. Pipettával a talajra csepegtettük az *Arthrobotrys oligospora*

hu1, az *Arthrobotrys superba* és a *Monacrosporium parvicolle*, gombák konídiumaiból 10^7 db-ot, majd ezt 10 ml vízzel bemostuk a talajba. A kísérleti anyagokat ezután klímakamrába, 25°C hőmérsékletre tettük inkubálásra. A kísérlet beállítása után 4 héttel megfertőztük a talajokat 2000 db 2. stádiumú *Meloidogyne incognita* lárvával. A kísérletben alkalmazott fonálféreg szuszpenziót a következőképpen állítottuk elő: *Meloidogyne incognita* fonálféreggel fertőzött, hajtatásból származó paprikanövény gyökerét megmostuk, néhány cm-es darabokra vágtuk, majd kb. 2-3 percre turmixgépbe tettük. A turmixolt anyagot azután hármasszűrőrendszeren keresztül folyóvíz segítségével alaposan átmostuk. A legnagyobb szűrőn (500 μ lyukbőségű) a szennyeződés és a gyökérmaradványok maradtak fent, a 75 μ -os szűrőn a mozgó lárvák, és a 10 μ átmérőjű szűrőn pedig a tojások maradtak fent. Az utóbbi két frakciót főzőpohárba mostuk, majd a növényi maradványokat újra turmixoltuk és szűrtük. A lárva- és tojásfrakciót 5%-os Hypo oldattal újból turmixoltuk, hogy az oldat feloldja a tojások körülött lévő zselatin ágyat. Annak érdekében, hogy a Hypo oldat a tojásokat és a lárvákat ne károsítsa, gyorsan átmostuk őket a szűrőrendszeren még egyszer tiszta vízzel. A fertőzés előtt a törzsoldatban lévő lárvák és tojások számát Bürker-kamra segítségével állapítottuk meg. A fertőzést követően 6 héttel bontottuk meg a kísérletet. A kísérlet kiértékelésekor a gyökereken található gyökérgubacsok mennyiségét számoltuk meg, melynek eredményét a 19. táblázatban olvashatjuk. Az eredményeket grafikusan a 25. ábrán szemléltettük.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Néhány abiotikus és biotikus tényező hatása a hurokvető gombák növekedési erélyére

4.1.1. A hőmérséklet hatása a hurokvető gombák növekedési erélyére

8. táblázat

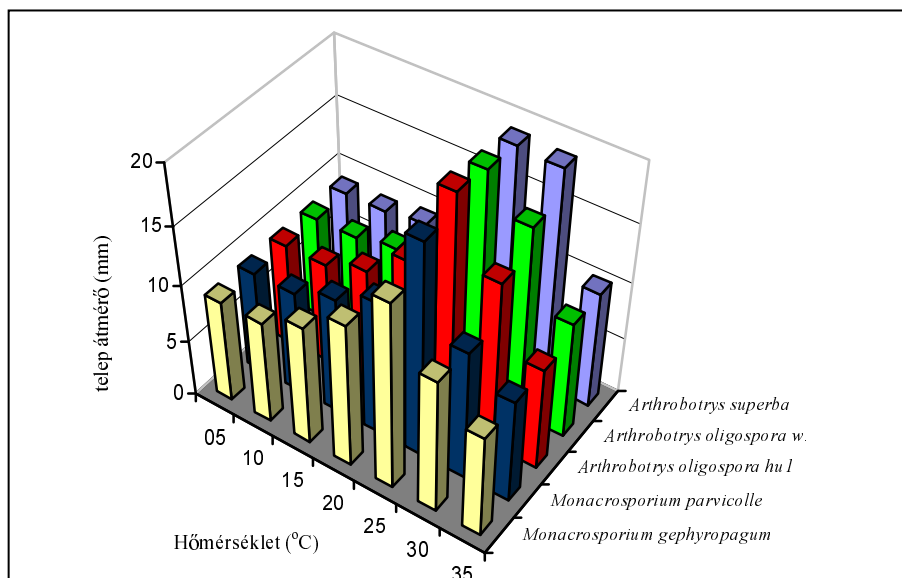
A hurokvető gombák telepátmérője különböző hőmérsékleteken,
a 2. napon

Gombák	Telepátmérő (mm)						
	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C
<i>Arthrobotrys oligospora</i> hu1	9	9	10,2	12,75	20	14,5	9
<i>Arthrobotrys oligospora</i> w	9	9	9,7	11,6	19,45	16,55	10,25
<i>Arthrobotrys superba</i>	9	9	9,45	10,65	19,1	18,9	10,25
<i>Monacrosporium</i> <i>gephyropagum</i>	9	9	10,5	12,6	16,3	11,75	9
<i>Monacrosporium parvicolle</i>	9	9	10,25	11,8	18,55	11,35	9,1

9. táblázat

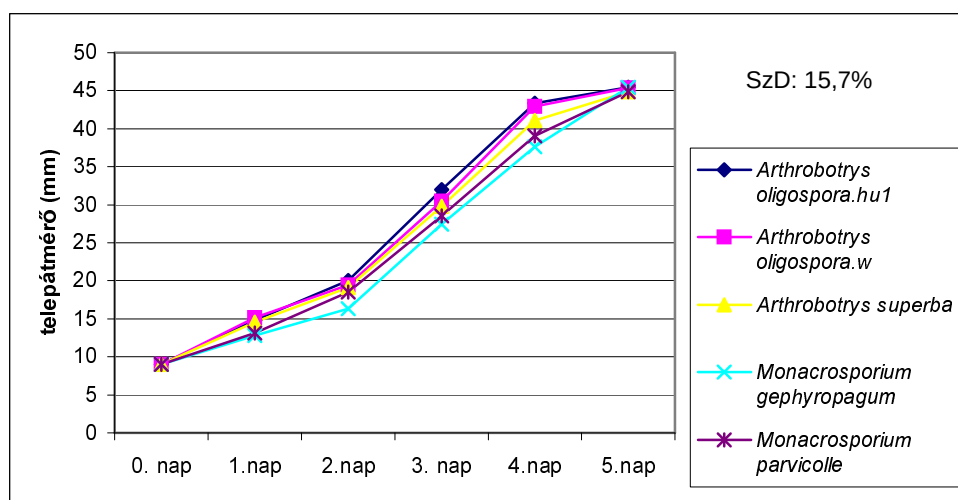
A hurokvető gombák telepátmérőjének alakulása 25°C-on, az értékelési
idő függvényében

Gombák (telepátmérő mm)	0. nap	1. nap	2. nap	3. nap	4. nap	5. nap
<i>Arthrobotrys oligospora</i> hu1	9	14,78	20	32	43,37	45,43
<i>Arthrobotrys oligospora</i> w.	9	15,12	19,45	30,45	42,95	45,35
<i>Arthrobotrys superba</i>	9	14,6	19,1	29,8	41,05	44,9
<i>Monacrosporium</i> <i>gephyropagum</i>	9	12,8	16,3	27,42	37,65	45,45
<i>Monacrosporium parvicolle</i>	9	13,14	18,55	28,55	39,05	44,9



SzD: 19%

12. ábra. A gombák növekedési erélye, (telepátmérője) különböző hőmérsékleten, a 2. napon



13. ábra. A vizsgálatban szereplő gombák növekedésének erélye 25°C-on, a napok függvényében

A kísérlet eredményeit statisztikailag, variancia analízis segítségével elemeztük. A 8. táblázat adataiból készített 12. ábra a beállítást követő

2. nap adataiból jól szemlélteti, a különböző hőmérsékletek hatását a hurokvető gombák növekedésére, amely adatokból megállapíthatjuk, hogy a gombák növekedésének hőmérsékleti optimuma, 25°C. A vizsgált gombák ezen a hőmérsékleten a többi hőmérséklethez képest is szignifikánsan jobb növekedési erélyt mutattak, a növekedési különbség a 11%-tól akár a 107%-ig is megfigyelhető volt.

5°C-on és 10°C-on egyáltalán nem nőttek a gombák 15 nap elteltével sem. Viszont amikor az 5°C-on és a 10°C-on nevelt kísérleti anyagot normál szobahőmérsékleten (22°C) hagytuk, akkor növekedésük nagyrészt újra elindult. 35°C-on a gombák csak minimális, nem szignifikáns növekedést mutattak a többi hőmérséklethez képest. Megállapítottuk, hogy a gombák 30°C-on szignifikánsan jobban nőttek, mint 15 vagy 20°C-on, de rosszabbul, mint 25°C-on.

A gombafajok növekedési erélyének átlagát egymáshoz viszonyítva megállapíthatjuk, hogy az *Arthrobotrys superba* növekedési ereje bizonyult a kísérletekben a legjobbnak a többi gomba átlagához képest 1-9,5%-kal növekedett jobban, bár a második legjobb, az *Arthrobotrys oligospora* w. növekedése nem volt szignifikánsan gyengébb az elsőtől, de a többi gomba statisztikailag igazolhatóan gyengébben nőtt a vizsgálatok során. Az *Arthrobotrys* törzs vizsgált fajai közül a fent megnevezett fajok után a harmadik legjobb eredményt a magyar törzs hozta, sajnos szignifikánsan rosszabbat, mint az első, de nem volt igazolható a különbség a második legjobbhöz képest.

Az *Arthrobotrys* törzs képviselőinek mindegyike viszont szignifikánsan jobb eredményt mutatott növekedési erély tekintetében, mint a *Monacrosporium* törzs gombafajai, amelyek 8,02%-ban maradtak el

növekedésben. A két *Monacrosporium* faj közötti eltérés nem volt statisztikailag igazolható.

Amikor pedig az egyes gombafajok, adott hőmérsékleten történt viselkedését vizsgáltuk, az alábbi eredményeket kaptuk: 5 és 10°C-on nem volt különbség a gombafajok között, ugyanis mindegyik faj egyformán viselkedett ezeken a hőmérsékleteken, vagyis nem mutattak növekedésre utaló jeleket.

15°C-on a *Monacrosporium* gombák nőttek jobban, és azok közül is a *Monacrosporium geophyropagum* szignifikánsan jobban növekedett, mint az összes többi gomba. Leggyengébb növekedést ezen a hőmérsékleten az *Arthrobotrys superba* mutatta.

20°C-on a legjobban a magyar *Arthrobotrys oligospora* törzs növekedett, viszont a leggyengébb eredményt itt is az *Arthrobotrys superba* gomba esetén kaptuk, melynek növekedése statisztikailag igazoltan gyengébb volt, mint az összes többi gombáénak.

25°C-on növekedtek a gombák a legintenzívebben (9. táblázat és 13. ábra), ezek közül is az *Arthrobotrys oligospora* hu1 törzs, melynek növekedése statisztikailag is intenzívebb volt, mint a többi gombáé, amelyek között azonban nem volt szignifikáns különbség. Összevetve a két hurokvető gomba génuszt, a *Monacrosporium* izolátumok növekedése lassabb volt ezen a hőmérsékleten, mint az *Arthrobotrys* törzseké, azonban ez a különbség sem volt statisztikailag igazolható mértékű.

30°C-on azt az eredményt kaptuk, hogy az *Arthrobotrys superba* gomba a többi gombafajhoz képest jóval nagyobb növekedési képességet mutatott. A második legjobb, az *Arthrobotrys oligospora* w. is

statisztikailag igazolhatóan jobban nőtt, mint a többi gombaizolátum. A *Monacrosporium gephyropagum* és a *Monacrosporium parvicolle* fajok nőttek igazolhatóan a leggyengébben, a két gomba növekedése között szinte nem is volt különbség.

35°C-on két gomba mutatott növekedési erélyt, mégpedig az *Arthrobotrys oligospora* w. és az *Arthrobotrys superba*. Ezek a gombák ugyan lassan növekedtek, de mégis igazolhatóan jobban, mint a többi, amelyek szinte egyáltalán nem nőttek ezen a hőmérsékleten.

4.1.2. A tápközeg pH-jának hatása a hurokvető gombák növekedési erélyére

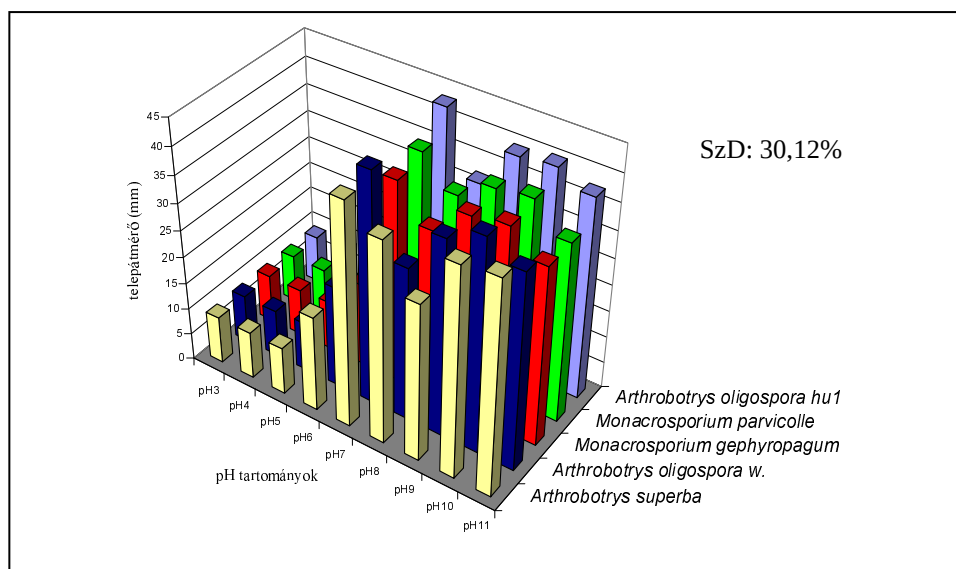
A kísérlet eredményeit többtényezős variancia analízis segítségével értékeltük ki. Grafikus, és szöveges értékelésre a beállítástól számított 4. nap eredményeit választottuk ki, amely az egész kísérletet eredményét reprezentálja (10. táblázat, 14. ábra).

A kísérlet eredményeként megállapítottuk, hogy az összes vizsgált pH közül, a gombák a 7-es, azaz semleges pH-jú táptalajon növekedtek a legintenzívebben, szignifikánsan legjobban, mint az összes többin, ez az érték a 4,65%-tól a négy és félszeres telepátmérőig terjedt. A 10-es pH-jú táptalajon, a 7-es pH-tól 4,65%-kal gyengébben nőttek a gombák, viszont a többi pH-hoz képest igazolhatóan jobban.

10. táblázat

A hurokvető gombák telepátmérőinek alakulása a beállítás utáni 4. napon

Gombák	Telepátmérő (mm)								
	pH3	pH4	pH5	pH6	pH7	pH8	pH9	pH10	pH11
<i>Arthrobotrys oligospora</i> hu1	9	9	9	19,58	43,37	32,33	39,58	40,25	37,66
<i>Monacrosporium parvicolle</i>	9	9	9	16,83	39,05	33,91	37,66	38,5	33,58
<i>Monacrosporium gephyropagum</i>	9	9	9,25	15,66	37,65	31,41	36,66	37,66	33,5
<i>Arthrobotrys oligospora</i> w.	9	9	9,33	19,16	42,95	28,75	36,66	39,75	36,66
<i>Arthrobotrys superba</i>	9	9	9	18	41,65	37,66	29,41	39	39,75



14. ábra. A táptalajok pH-jának hatása a gombák növekedési erélyére a 4. napon

A gombák növekedése számára még a 10-es pH is megfelelő volt, bár a 9-es pH-jú táptalajhoz képest csak minimális volt a pozitív hatás, viszont az összes többi pH-jú táptalajon rosszabbul nőttek a gombák. A pH 8-on a gombák igazolhatóan rosszabbul nőttek, mint a pH 7, 10, 11, 9-en, viszont igazolhatóan jobban, mint a pH 6, 5, 4, 3-as tartományokban. A 6-os pH-n a gombák majdnem fele olyan növekedési erélyt mutattak, mint a 8-as pH tartományban. Az 5-ös pH tartományban csak minimális-nem igazolható növekedést mutattak a gombák, a 4-es és a 3-as tartományban viszont egyáltalán nem nőttek.

A vizsgálati eredmények alapján megállapítást nyert, hogy a gombák átlagait egymáshoz hasonlítva a vizsgált pH tartományokon a legjobb növekedési erélyűnek az *Arthrobotrys oligospora* hu1 bizonyult. Ez az izolátum statisztikailag igazolhatóan jobban nőtt, melynek eredményei a többi gomba átlagához képest 3,5-8,3%-kal voltak jobbak. A további sorrend a következő volt: *Arthrobotrys superba*, *Arthrobotrys oligospora* w., *Monacrosporium parvicolle*, *Monacrosporium gephyropagum*. Az első és a második legjobb között is szignifikáns különbség mutatkozott, viszont a második és a harmadik között már nem volt megtalálható ez a különbség. Az *Arthrobotrys* törzsek átlaga itt is jobb volt 4,84%-kal, mint a *Monacrosporium* törzseké. Viszont a két *Monacrosporium* hurokvető gomba növekedése között is igazolható különbség mutatkozott.

A gombafajok növekedését egyenként megvizsgálva a következőket tapasztaltuk: Az *Arthrobotrys oligospora* magyar törzse a pH 3, 4, 5 tartományokban nem növekedett egyáltalán. A 6-os pH-jú táptalajban növekedett a legkisebb mértékben, de már a 8 pH-jú táptalajon igazolhatóan jobb volt a növekedése. Ez az izolátum is – hasonlóképpen a többi vizsgált gombához – a semleges, azaz 7-es pH-jú táptalajon

növekedett a legjobban, ennél gyengébb eredményt mutatott a 9-es pH-n és a 10-es pH-n, bár a kettő között nem volt lényeges különbség.

Az *Arthrobotrys oligospora* w. törzsére általánosságban elmondható, hogy 3, 4-es pH-n nem fejlődött, a pH 5-ön minimális növekedést mutatott. A legjobban ez a gomba is a semleges pH-jú táptalajon fejlődött. A következő legjobb eredményt a pH 10-es táptalaj mutatta, amely statisztikailag jobb növekedési faktornak bizonyult, mint a 9-es és a 11-es pH-ra beállított táptalaj, amely beállítások egyforma értékeket hoztak.

Az *Arthrobotrys superba* növekedésében az előzőekhez képest az a különbség, hogy a legjobb eredményt igazoló semleges pH-jú táptalaj után a 10-es és 11-es pH-jú táptalajokon közel azonos módon növekedett a telepátmérő. Eltérően más gombáktól a pH 8-as tartomány mutatta a sorrendben következő eredményeket, majd ezután következett csak a pH 9-es táptalaj hatása a növekedésre.

A *Monacrosporium geophyropagum* hurokvető gomba esetében a 7-es és a 10-es pH szinte egyforma eredményt hozott a gomba telepátmérőjének növekedésére. A gomba növekedése kicsit gyengébb volt a 9-es pH-jú táptalajon, de ez a különbség nem volt statisztikailag igazolható. A 8-as pH-jú táptalajon igazolhatóan gyengébben nőtt a gomba, mint a 11-es pH-ra beállított táptalajon, és 6-os pH-nál a gomba szintén gyenge növekedést mutatott.

A *Monacrosporium parvicolle* esetében is hasonló eredményeket kaptunk, mint az előző gombák esetében, miszerint a gombának, a semleges pH-n volt a legjobb a növekedési erélye, bár a 10-es pH-tapasztalt növekedés nem volt szignifikánsan gyengébb. A 9-es pH-n valamivel rosszabbul növekedett a gomba, de ez a beállítás a pH 10

adataitól nem tér el szignifikánsan. A következő eredményeket ez esetben is a pH 8, és 11-gyel kaptuk, bár a táptalajok növekedésre gyakorolt hatásában nem volt jelentős az eltérés. Ebben az esetben is 6-os pH-n gyengén, 5-ös, 4-es, 3-as pH-n pedig egyáltalán nem növekedett a gomba.

4.1.3. Vizsgálatokban szereplő talajok fizikai-kémiai-biológiai tulajdonságainak hatása a hurokvető gombák perzisztenciájára

A különböző talajok fizikai-kémiai jellemzőit, és a vizsgálati eredmények alapján megállapított tápanyag ellátottsági szinteket a 3-7. táblázatok tartalmazzák. A táblázatokból leolvasható, hogy a talajok a típusukra jellemző fizikai-kémiai tulajdonságokkal rendelkeznek. Általában az is igaz a talajféleségekre, hogy a típusukra jellemző tápanyagszinteken belül átlagosan jó-közepes tápanyag ellátottsággal jellemezhetőek, tehát a gombák szaporodásához a talajtípusra jellemző feltételek átlagosan adottak.

A kísérletekben alkalmazott talajok, talajszélesztéssel megállapított mikrobiológiai összetételét, a 11. táblázat tartalmazza, amelyet DORMANNS-SIMON (2002) vizsgálati módszerei alapján állítottunk össze. A vizsgálati módszer nem egzakt, hiszen a baktériumok csak telepeik típusa alapján lettek felmérve, és a talajlakó gombák sem lettek faj szerint meghatározva.

11. táblázat

A talajok mikrobiológiai vizsgálatának eredményei

Mikroorganizmusok (teleptípusok szerint) db/1g talaj	Csernozjom talaj	Homok talaj	Réti öntés talaj	Barna erdőtala	Szikes talaj
<i>Pseudomonas</i> típus	$7,36 \times 10^8$	$1,6 \times 10^8$	$5,72 \times 10^6$	$4,37 \times 10^8$	$5,39 \times 10^6$
<i>Bacillus</i> típus	$4,47 \times 10^8$	$1,11 \times 10^7$	$1,14 \times 10^7$	$3,9 \times 10^8$	$7,44 \times 10^5$
<i>Xanthomonas</i> típus	$6,16 \times 10^9$	$3,74 \times 10^7$	$7,12 \times 10^6$	$3,17 \times 10^9$	$1,03 \times 10^7$
Egyéb, sárgaszínű te- lepeket képző bakté- rium	$2,52 \times 10^7$	$5,33 \times 10^6$	$2,38 \times 10^5$	$4,17 \times 10^7$	$4,18 \times 10^6$
Rózsaszín telepeket képző baktérium	$3,45 \times 10^7$	$3,36 \times 10^5$	$4,32 \times 10^6$	$3,43 \times 10^7$	$1,26 \times 10^4$
Egyéb baktérium	$8,73 \times 10^7$	-	$9,12 \times 10^7$	1×10^9	$8,13 \times 10^7$
Összes baktérium	$7,51 \times 10^9$	$2,03 \times 10^8$	$1,2 \times 10^8$	$3,6 \times 10^9$	$1,2 \times 10^7$
<i>Actinomycetes</i>	$2,6 \times 10^8$	$1,18 \times 10^7$	$1,02 \times 10^6$	$3,52 \times 10^8$	$1,08 \times 10^4$
Gombák (összesen)	$1,32 \times 10^8$	$3,35 \times 10^6$	$2,3 \times 10^7$	$1,4 \times 10^7$	2×10^7

A talajszélesztés eredményeiből a következőket állapítottuk meg:

- A csernozjom talaj esetén $7,51 \times 10^9$ mennyiségű baktériumot izoláltunk egy gramm talajból, $1,32 \times 10^8$ mennyiségű gombatelepet, valamint $2,6 \times 10^8$ db sugárgombát izoláltunk, amely adatok aktív mikrobiológiai talajéletre engednek következtetni. A gombák közül leggyakrabban előforduló fajok a következők voltak: *Fusarium* sp., *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp.
- A vizsgálatok során a homoktalajból tudtuk a legkevesebb talajlakó, mikroszkopikus gombát izolálni, viszont a talaj 1 grammjára vonatkozóan $2,03 \times 10^8$ db baktériumot találtunk, amely alapján a 3. baktériumokban leggazdagabb talajtípus. Az össz csíraszám elérte a $2,18 \times 10^8$ db/1 g talaj értéket, amellyel a talajlakó mikroorganizmusok számát illetően kielégítő eredményt

hozott. A tesztelt talajban a *Fusarium* sp., a *Trichoderma* sp., az *Alternaria* sp., és *Penicillium* sp. gombák telepei fordultak elő a leggyakrabban.

- A réti öntés talaj 1 grammjában $1,2 \times 10^8$ mennyiségű baktériumot, és $1,3 \times 10^7$ db gomba szaporítóképletet, és $1,02 \times 10^6$ db sugárgombát izoláltunk. Ebben a talajbanféleségben a *Fusarium* sp., a *Trichoderma* sp. és a *Mucor* sp. gombák telepei voltak a leggyakoribbak.
- Vizsgálatainkban, a szikes talajban találtuk a legkevesebb mikroorganizmust, az össz csíraszám (talajlakó baktériumok mikroszkopikus gombák, és sugárgombák együttesen) $3,2 \times 10^7$ db/1 g talaj volt. A leggyakrabban a *Fusarium* sp., a *Penicillium* sp., és a *Trichoderma* sp. gombák fordultak elő.
- A mikroorganizmusok számát tekintve a barna erdőtalaj bizonyult a másik leggazdagabbnak, itt az 1 grammra vonatkozó csíraszám $3,9 \times 10^9$ db volt. A leggyakoribb gombafajok a következők voltak: *Fusarium* sp., *Mucor* sp., *Alternaria* sp.

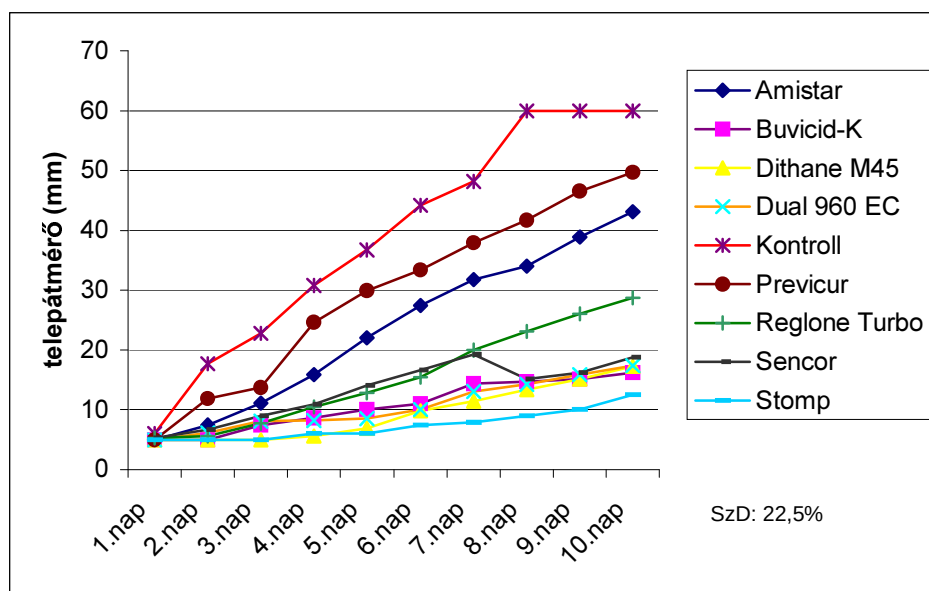
4.1.4. A hurokvető gombák növekedési erélye mérgezett agar táptalajon

A kísérletet többtényezős varianciaanalízis segítségével értékeltük ki.

12. táblázat

Arthrobotrys oligospora hu1 növekedési növekedési erélyére vonatkozó adatok

Telep- átmérő (mm)	Növényvédő szerek								
	Reglone Turbo SL	Stomp 330	Sencor 70WG	Dual 960 EC	Previcur 607 SL	Dithane M 45	Amistar	Buvidic-K	Kontroll
1.nap	5,33	5	5,33	5	5	5	5	5	6
2.nap	5,58	5	6,66	6,16	11,83	5	7,5	5	17,66
3.nap	7,75	5	8,91	8,08	13,66	5	11,08	7,5	22,75
4.nap	10,5	6	10,87	8,25	24,66	5,66	15,91	8,66	30,75
5.nap	12,83	6	14,04	8,5	29,91	6,91	22	10	36,75
6.nap	15,5	7,5	16,58	10	33,33	9,79	27,41	11	44,16
7.nap	20	7,91	19,20	13,08	37,91	11,41	31,75	14,41	48,16
8.nap	23,16	9	15,16	14,29	41,66	13,41	34	14,66	60
9.nap	26	10,08	16,16	15,91	46,58	15,16	38,91	15,16	60
10.nap	28,75	12,58	18,83	17,41	49,66	17,33	43,08	16,25	60

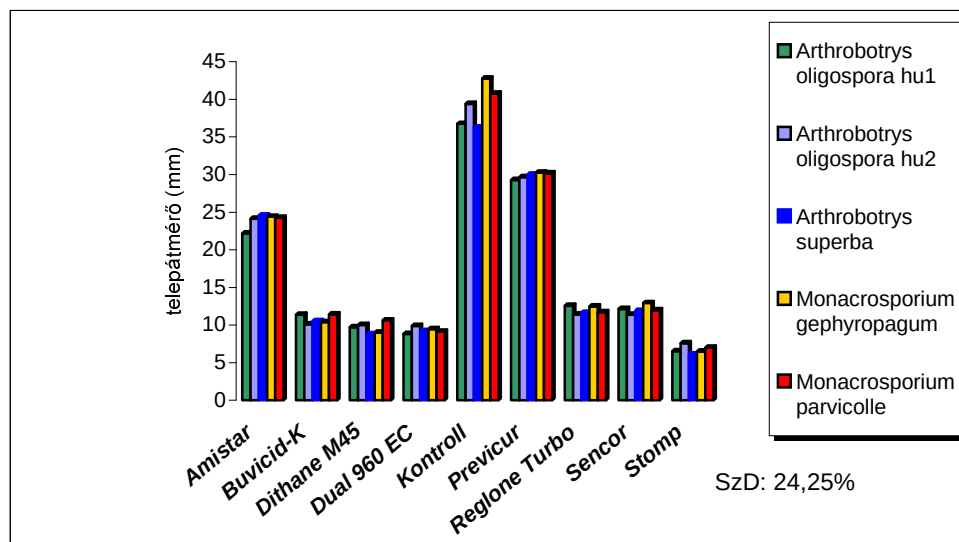


15. ábra. *Arthrobotrys oligospora* hu1 hurokvető gomba növekedési erélye a közep dózisú mérgezett agar-lemezes kísérletben

13. táblázat

A kísérlet beállítását követő 5. napon a hurokvető gombák telepátmérőjének adatai

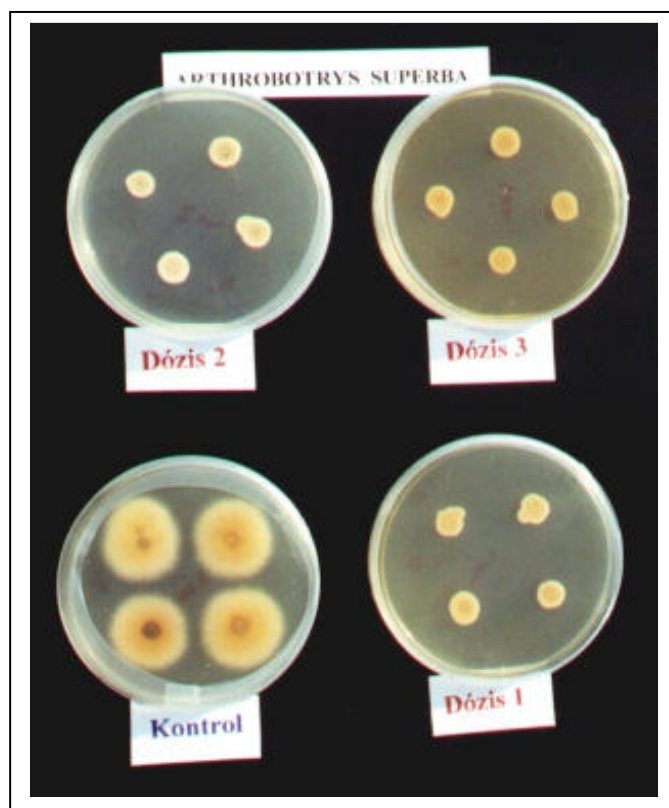
Gombák (telepátmérő mm)	Növényvédő szerek								
	Amistar	Buvicid K	Dithane M 45	Dual 960 EC	Kontroll	Previcur 607 SL	Reglone Turbo SL	Sencor 70 WG	Stomp 330
<i>Arthrobotrys oligospora</i> hu1	22,17	11,38	9,72	8,83	36,75	29,27	12,58	12,13	6,52
<i>Arthrobotrys oligospora</i> hu2	24,13	10,11	10,02	9,88	39,417	29,65	11,41	11,38	7,6
<i>Arthrobotrys superba</i>	24,58	10,55	8,77	9,20	36,25	30,02	11,65	11,88	6,11
<i>Monacrosporium geophyropagum</i>	24,41	10,41	9	9,47	42,75	30,25	12,5	12,93	6,5
<i>Monacrosporium parvicolle</i>	24,25	11,41	10,63	9,11	40,75	30,18	11,71	11,98	7,01



16. ábra. A hurokvető gombák növekedési erélye mérgezett agar-lemezen beállított kísérletben, az 5. napon

A kísérlet értékelése során megállapítást nyert, hogy mindegyik kezelés, statisztikailag igazolható módon csökkentette a gombák növekedési erélyét a kontrollhoz képest. A kontrollhoz viszonyítva 83%-kal rosszabbul nőttek a gombák a Stompot tartalmazó táptalajon (17. ábra). A legkíméletesebb növényvédő szernek a Previcur mutatkozott, mely csak 25,5%-kal csökkentette a gombák telepátmérőjét a kontrollhoz képest.

A dózisok átlagát figyelembe véve azt az eredményt kaptuk, amely elméletileg várható is volt, hogy az alacsonyabb engedélyezett szerdózisok kevésbé gátolták a gombák növekedését (9,3%-kal) mint a közepes és a legmagasabb engedélyezett dózisok. A magasabb dózis is jobban gátolta a gomba növekedési erélyét (bár csak 2,3%-kal), mint a közép dózis. A dózisok átlagai közötti különbség szignifikáns volt.



17. ábra. Mérgezett agar-lemezes kísérlet, *Arthrobotrys superba* növekedési erélyére, Stomp gyomirtó szerrel kezelt táptalajon, az 5. napon

A vizsgált gombák növekedési eredményeinek átlagát tekintve arra a megállapításra jutottunk, hogy a növényvédő szerek hatását a *Monacrosporium geophyropagum* gomba tolerálja a legjobban a többi gomba átlagához képest 1,6-6,09%-kal, viszont a legrosszabbul az *Arthrobotrys superba* faj viselte a növényvédő szerek növekedésgátló hatását.

A *Monacrosporium* fajok átlagát tekintve a gombák 3,93%-kal, statisztikailag jobban nőttek, mint az *Arthrobotrys* törzs tagjai.

A vizsgált gombák közül az *Arthrobotrys oligospora* hu1 törzs növekedési erélyének adataiból (12. táblázat) készült a 15. ábra, amely jól szemlélteti az egyes növényvédő szerek hatását a gomba növekedésére a kontrollhoz képest, a napok függvényében, melyről leolvasható, hogy a kontrollhoz képest, minden vizsgált növényvédő szer statisztikailag igazolhatóan gátolta a gomba növekedését.

A kísérlet adataiból, a beállítástól számított 5. nap eredményeit (13. táblázat) választottuk ki, és ábráztuk a 16. ábrán.

Az egyes növényvédő szerek kezeléseket tekintve az Amistar gombaölő szert tartalmazó táptalajon az *Arthrobotrys superba* gomba növekedett a legjobban (bár a többi gombához képest a különbség elhanyagolható volt, csak az utolsóval volt szignifikáns a különbség), viszont az *Arthrobotrys oligospora* hu1-et gátolta a legjobban a növekedésben a vizsgált szer.

A Buvicides kezelés esetében a *Monacrosporium parvicolle* gombára volt legkevésebb hatása a növényvédő szernek, viszont az *Arthrobotrys oligospora* hu2 törzsét gátolta a legjobban a növekedésben.

A Dithane M 45-tel történt beállítás esetében szintén a *Monacrosporium parvicolle* mutatkozott a legellenállóbbnak a vizsgált szerrel kapcsolatban. Az *Arthrobotrys superba* gombát viszont jelentősen gátolta a növekedésben.

A Stomp gyomirtó szerrel, mint talajherbiciddel kezelt táptalajon nagyon rosszul nőttek a vizsgált gombafajok, közülük is a legrosszabbul az *Arthrobotrys superba* tolerálta a növényvédő szert. Az *Arthrobotrys oligospora* hu2 viszont a vizsgálatokban a legjobb eredményt hozta, növekedési erély tekintetében. A kísérletek beállítását követő 9. napon,

azaz a kísérletek értékelésének utolsó napján (a kontroll ugyanis 9 nap alatt nötte be teljesen a táptalajt) az eredmények a következőképpen alakultak: erre az időpontra is elmondhatjuk, hogy a Stomppal kezelt táptalajon nőttek a legrosszabbul a gombák, a kontrollhoz képest 80,8%-kal csökkentette a növényvédő szer a növekedési erélyt. Stomp gyomirtó szerrel végzett kísérletekben egy nagyon alacsony dózist, az engedélyezett dózis 1/10-ét (10%) is bevontuk vizsgálatainkba, az engedélyezett dózis (100%) mellett. Mivel ez a növényvédő szer egy talajherbicid, és a talaj felső 1-2 cm-es rétegében fejti ki hatását, így a talaj mélyebb rétegeibe, a kultúrnövény gyökérének környezetébe, vagyis ahol a hurokvető gombák is kifejtik hatásukat, már csak töredéke mosódhat be a talajra kijuttatott mennyiségből. Ezért ennek az alacsonyabb dózistnak a hatását is le akartuk tesztelni a hurokvető gombák növekedésére. A két dózis eredményeit összehasonlítva a következő eredményeket kaptuk: 10%-os dózissal a gombák átlagosan 58%-kal jobban nőttek, mint a 100%-os beállítás esetében. A két dózis esetében nem teljesen ugyanazt az eredményt kaptuk, ugyanis a 10%-os beállítás esetében a legjobban az *Arthrobotrys oligospora* hu2 növekedett a legjobban, míg a 100%-os beállításnál a *Monacrosporium geophyropagum* tolerálta legjobban a növényvédő szerek növekedésre gyakorolt hatását. A 10%-os koncentráció az *Arthrobotrys oligospora* hu1 törzsét gátolta a növekedésben a legjobban, míg ez a 100%-os koncentráció esetében az *Arthrobotrys superba* gombánál volt megfigyelhető. A Reglone Turbo gyomirtó szeres kísérlet esetében az *Arthrobotrys oligospora* hu1 bizonyult a leggyorsabb növekedésűnek, míg a leggyengébb eredményt az *Arthrobotrys oligospora* hu2-vel értük el.

Sencor gyomirtóval történt vizsgálatoknál szintén a *Monacrosporium gephyropagum* növekedett a legjobban a mérgezett táptalajon, míg az *Arthrobotrys oligospora* hu2-nél volt a legrosszabb növekedés tapasztalható.

A gombák által a legjobban tolerált növényvédő szer a Previcur volt, amely csak 24%-kal csökkentette a növekedési potenciált. A többi növényvédő szer 9 nap elteltével 35,6-69,9%-kal csökkentette a gombák növekedési képességét. Previcur gombaölő szerrel történt beállítások esetében a *Monacrosporium gephyropagum* és a *Monacrosporium parvicolle* gombák növekedtek a legjobban, a két faj növekedése között viszont nem volt jelentős a különbség. Ebben a beállításban az *Arthrobotrys oligospora* hu1 gomba növekedett a leggyengébben. A vizsgálati sorban nagyon kicsik voltak a beállítások eredményei közötti különbség.

4.1.5. A gombák perzisztenciája steril és nem steril talajokban

A gombák szaporodóképességére vonatkozó eredmények homoktalaj esetében a következők voltak (14. táblázat): a magyar *Arthrobotrys oligospora* törzset vizsgálva nem sterilizált talajban 1 gramm talajra vonatkozóan 3×10^3 konídiumot találtunk, a sterilizált homoktalajban viszont ez az érték 4×10^4 volt. Ugyanebben a talajban az *Arthrobotrys superba* gomba, sterilizálás nélküli talajban 3×10^2 db konídium/1 gramm talaj mennyiséget eredményezett, amely a legkisebb mennyiség volt a

kísérletek során. A sterilizált talajból viszont 9×10^4 mennyiségű konídiumot mutattunk ki 1 gramm talaj esetében.

14. táblázat

A steril és nem steril talajokból visszaizolált gombák száma
(db/1 gramm talaj)

Vizsgált gombák	<i>Homoktalaj</i>		<i>Csernozjom talaj</i>	
	Steril talaj	Nem steril talaj	Steril talaj	Nem steril talaj
<i>Arthrobotrys oligospora</i> hu1	4×10^4	3×10^3	5×10^5	3×10^5
<i>Arthrobotrys superba</i>	9×10^4	3×10^2	7×10^4	10^4

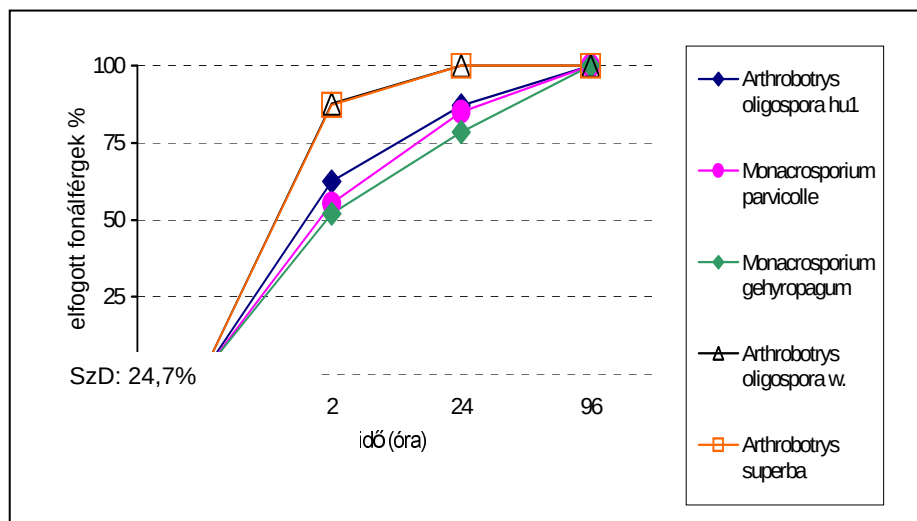
Csernozjom talajnál az *Arthrobotrys oligospora* gombát megvizsgálva nem steril talajviszonyok esetében 3×10^5 mennyiségű gombát sikerült visszaizolálni 1 gramm talajból, sterilizált talajból pedig 5×10^5 volt a visszaizolált konídiumszám, amely a legjobb eredmény volt az összes vizsgálat közül.

Megvizsgálva az *Arthrobotrys superba* növekedési erélyét csernozjom talaj esetében azt állapíthatjuk meg, hogy a nem steril talajviszonyok mellett is 10^4 mennyiségű gomba marad fent az inkubációs idő után is, ha pedig nincsenek a talajban egyéb mikroorganizmusok, akkor a vizsgált talajban 1 grammra vonatkozóan 7×10^4 db konídium mennyiséget tudtunk visszaizolálni.

4.2. Hatékonyságvizsgálat

4.2.1. A hurokvető gombák nematóda elfogó képessége steril táptalajon

A Petri-csészében, steril táptalajon végzett kísérlet eredményeként meggyőződhattünk arról a tényről, hogy mind az 5 vizsgált gombafajnak, steril körülmények között van nematóda elfogó képessége, bár az különböző mértékű (18. ábra). A két legjobbnak bizonyuló gombafaj, az *Arthrobotrys superba*, illetve az *Arthrobotrys oligospora* w. volt, amelyek a nematódák hozzáadása után 2 órával, már a fonálférgek 87%-át fertőzték meg, és amely hatékonyság a többi három gombához viszonyítva szignifikáns volt. A többi vizsgált gombafaj a beállítástól eltel 2. óra végén, a fonálférgek 52-62%-át ragadta meg különleges micélium szerkezetével. A fonálféreggel való fertőzést követő 24 órán belül, az *Arthrobotrys superba* és az *Arthrobotrys oligospora* w. esetében az egész nematóda populáció a gombák áldozatává vált. A két *Monacrosporium* faj, illetve a magyar *Arthrobotrys oligospora* törzs a fonálférgek számát a fertőzést követő 24 órával múlva 78-87%-kal csökkentette. A két legjobb gomba eredménye ebben az esetben is statisztikailag igazolhatóan jobb volt. A kísérlet beállításától számított, 96 órán belül az összes fonálférget elpusztították a gombák.



18. ábra. Steril táptalajon, a hurokvető gombák által elfogott nematódák száma, az idő függvényében

4.2.2. A hurokvető gombák hatékonysága steril és nem steril talajokban

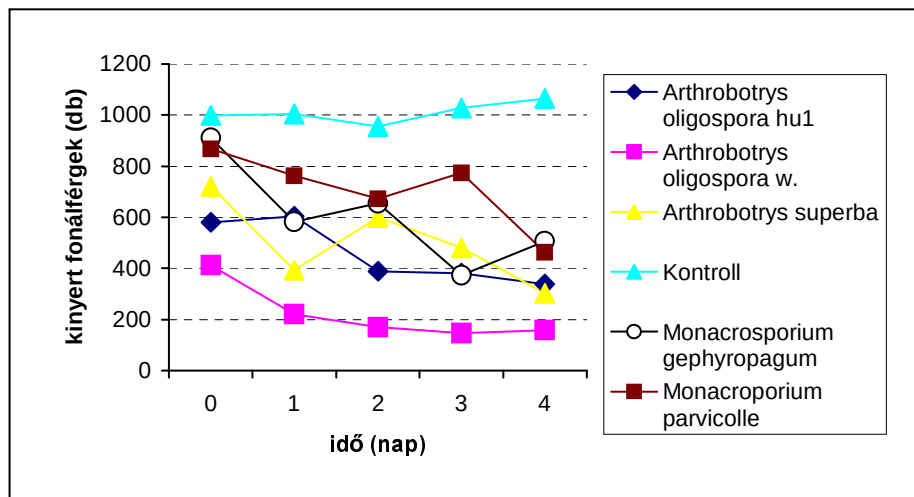
A kísérletek eredményeiben (15. táblázat) nagy különbséget észleltünk a gombák nematóda elfogó képességében steril, illetve nem steril talaj esetében. Mind a két kezelésnél a kontroll esetében az eredeti fonálféreg inokulum mennyiségének csak a felét nyertük vissza, amely valószínűleg a visszanyerési módszer hibája lehet, ugyanis mindkét kezelés esetében, - kis különbséggel ugyan - de szinte ugyanazt a fonálféreg számot kaptuk. Steril talaj esetében (19. ábra) a 4. napra mind az 5 vizsgált gombafaj statisztikailag igazolhatóan csökkentette a fonálféreg számát, 52-85%-kal. A leghatékonyabbnak az *Arthrobotrys oligospora w.* bizonyult,

amely a fonálféreg populáció számát az eredeti inokulum mennyiségének 8%-a alá csökkentette két nap alatt, mely eredmény a többi vizsgált gomba hatásánál is szignifikánsan jobbnak bizonyult. A 4. nap adataiból kielégítő hatékonysággal rendelkező gomba még, az *Arthrobotrys* *superba* volt, amely a fonálférgek számát 85%-kal csökkentette. A gombák eredményei közül az *Arthrobotrys oligospora* két törzsének adatai mutattak csak csökkenő tendenciát, a többi gomba adatsorában kiugró adatokat is találhatunk a 2. és a 3. napnál. A nem steril talajjal beállított vizsgálatban (20. ábra). Semmilyen szignifikáns eredményt nem tapasztaltunk a fonálférgek számának csökkenésében.

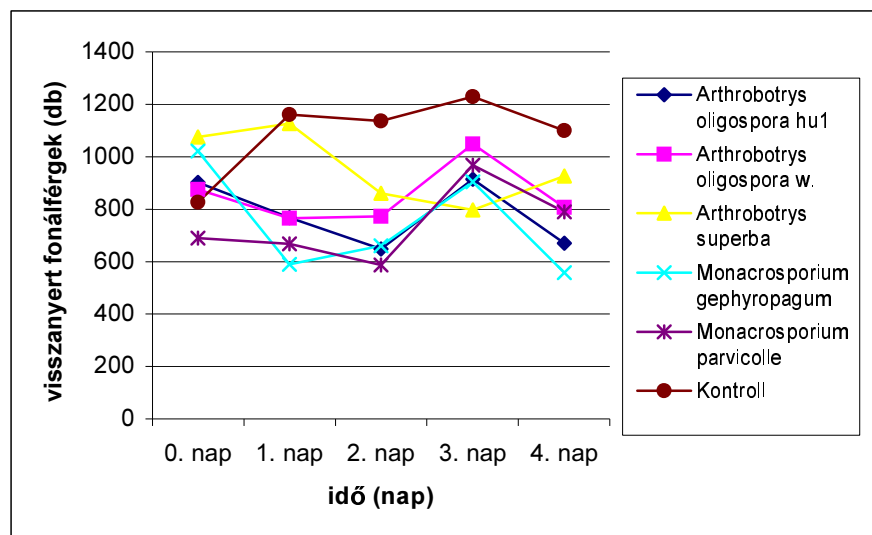
15. táblázat

Steril és nem steril talajból visszanyert fonálférgek száma a visszanyerési időpontokban

<i>Steril/nem steril talajban</i>	<i>Fonálférgek száma (db)</i>				
Gombák	0. nap	1. nap	2. nap	3. nap	4. nap
<i>Arthrobotrys oligospora</i> hu1	481	604	388	381	337
<i>Arthrobotrys oligospora</i> hu1	903	769	650	915	671
<i>Arthrobotrys oligospora</i> w.	411	220	170	146	158
<i>Arthrobotrys oligospora</i> w.	875	766	772	1050	807
<i>Arthrobotrys superba</i>	722	394	600	481	303
<i>Arthrobotrys superba</i>	1075	1127	861	798	926
<i>Monacrosporium gephyropagum</i>	910	581	655	372	506
<i>Monacrosporium gephyropagum</i>	1023	590	662	904	558
<i>Monacrosporium parvicolle</i>	868	762	672	774	463
<i>Monacrosporium parvicolle</i>	691	668	589	968	790
Kontroll	999	1004	956	1029	1065
Kontroll	826	1160	1136	1229	1099



19. ábra. Steril talajból visszanyert fonálférgek száma az idő függvényében



20. ábra. Nem steril talajból visszanyert fonálférgek száma az idő függvényében

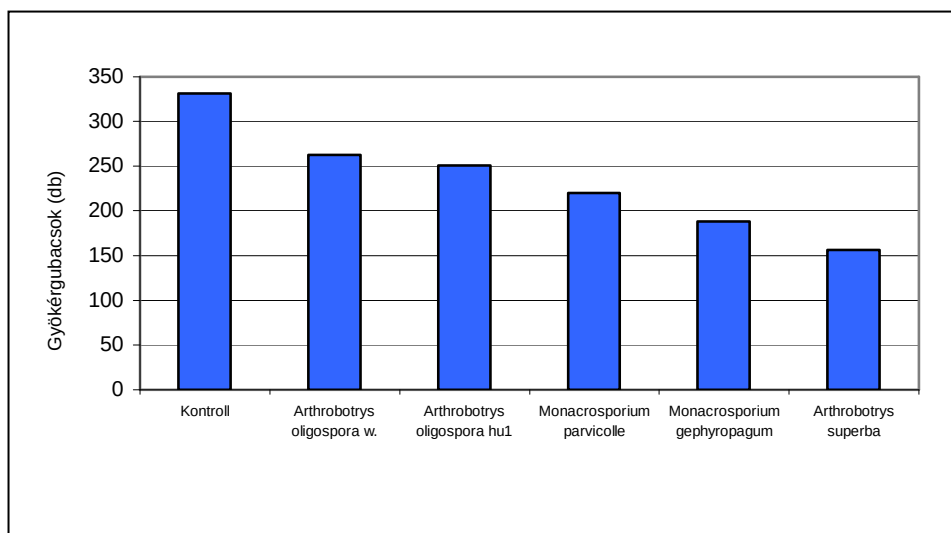
4.2.3. *A hurokvető gombák hatékonysága, tenyészedenyes kísérletben*

A tenyészedenyes kísérletben (16. táblázat), amelyet a 21. ábrán szemléltettünk, az *Arthrobotrys superba* hurokvető gomba bizonyult a leghatékonyabbnak, amely 53%-kal csökkentette a gyökérgubacsok számát. A *Monacrosporium gephyropagum* 43,2%-kal, a *Monacrosporium parvicolle* gombaizolátum pedig 33,7%-kal csökkentette a gyökérgubacsok számát a kontrollhoz képest, mely eredmények szignifikánsan jobbak a kontrollnál. Az *Arthrobotrys oligospora* magyar törzse, illetve az *Arthrobotrys oligospora* w. törzse is csökkentette a gubacsok számát, bár hatékonyságuk nem volt statisztikailag igazolható.

16. táblázat

A gyökérgubacs szám alakulása a kezelések hatására

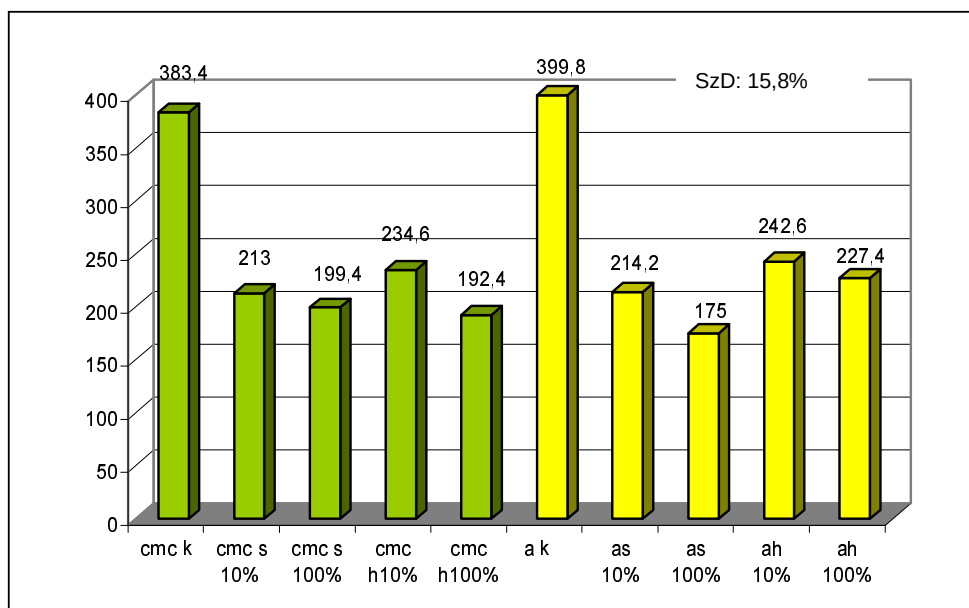
Gombák	Ismétlések/gubacsszám (db)					Átlag
	1.	2.	3.	4.	5.	
<i>Arthrobotrys superba</i>	191	144	195	153	97	156
<i>Monacrosporium gephyropagum</i>	147	247	178	201	167	188
<i>Monacrosporium parvicolle</i>	301	213	168	252	164	219,6
<i>Arthrobotrys oligospora</i> w.	292	229	302	209	281	262,6
<i>Arthrobotrys oligospora</i> hu1	238	212	204	350	250	250,8
Kontroll	241	298	305	523	289	331,2



21. ábra. Hurokvető gombák hatása tenyészedényes kísérletben a gyökérgubacsok számára, paradicsom növényen

4.2.4. A hurokvető gombák hatékonysága különböző formulációkban

A kísérletben szignifikáns eredményt kaptunk a gyökérgubacsok számának csökkenésében, a kontrollok és az összes kezelés között. Mind a két kontroll esetében (alginát pellet, CMC) hasonló gyökérgubacs számot kaptunk, amely a kísérlet pontosságát támasztja alá (22. ábra).



22. ábra. Hurokvető gombák különböző formulálási technikájának hatása a gyökérgubacsok számának alakulására

(Jelmagyarázat: cmc = carboxymetil-cellulóz, a = alginát, k = kontroll, s = konídium, h = micélium)

A gomba CMC-vel történt formázása esetében, szignifikáns hatás volt megfigyelhető minden szaporítóképlet és dózis esetén a kontrollhoz képest. A kezelések 39-50%-kal csökkentették a gyökérgubacsok számát, átlagosan 45%-os hatékonyságot mutattak. Nem tapasztaltunk jelentős különbséget a CMC-ben formulált micélium, illetve konídium szaporítóképletek átlagainak hatása között. Ebben a formulációban a leghatékonyabbnak a 100%-os micélium formuláció bizonyult, a mely kontrollhoz képest 50%-kal csökkentette a fonálférgek számát, bár ez az eredmény a többi CMC formulációval beállított kezeléshez képest nem volt statisztikailag igazolhatóan jobb.

A gomba alginát pelletben történt formázása esetében a kontrollhoz képest minden gombának szignifikáns hatása volt a gyökereken képződő gyökérgubacsok számának csökkentésében. A kezelések 40-56%-kal csökkentették a gyökérgubacsok számát, mely hatékonyság átlagosan 46%-os volt. A kétféle gomba szaporítóképlet átlagai közt nem találtunk igazolható különbséget. Az egyes kezeléseket egymáshoz hasonlítva csak a 100% konídiumot tartalmazó alginát, és a 10%-os micélium szaporítóképletet tartalmazó alginát között tapasztaltunk szignifikáns különbséget, a 10%-os micéliumforma, 17%-kal csökkentette a gyökereken a gubacsok számát, a formuláción belüli legjobb kezeléshez képest.

Összevetve az alginát pellet és a CMC formulációval végzett kezelések átlagait, azt az eredményt kaptuk, hogy a hurokvető gomba alginát pelletben formulálva 18,12%-kal hatékonyabban csökkentette a gyökérgubacsok számát, mint CMC-ben formulálva. Ez az eredmény azonban nem igazolható statisztikailag. A különböző gomba szaporító képletek hatékonyságát összevetve megállapíthatjuk, hogy a konídium formájában való alkalmazásnak 10,6%-kal jobb eredménye lett, mint a micélium formájában talajba juttatott gombának, de ez a különbség sem szignifikáns.

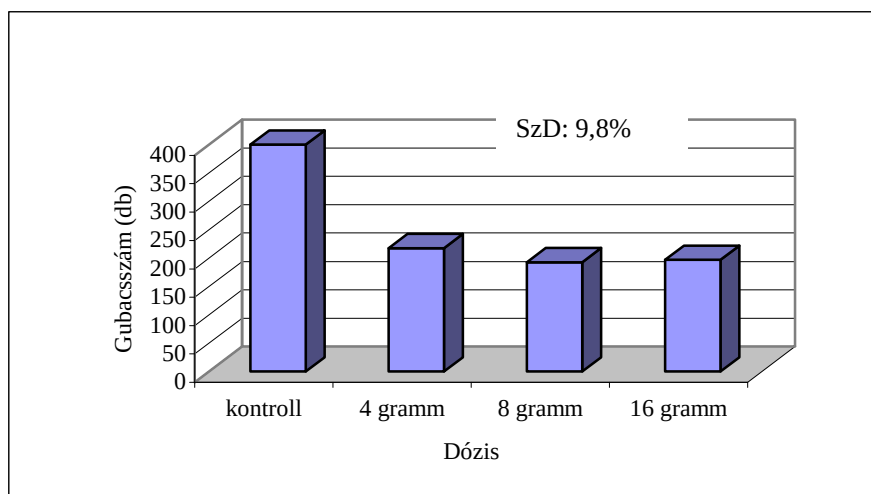
4.2.5. Dóziskísérlet

A dóziskísérlet eredményeinek (17. táblázat) kiértékelése után megállapíthatjuk, hogy a hurokvető gomba mindhárom dózisában a kontrollhoz képest 46-52%-kal csökkentette a gyökérgubacsok számát, statisztikailag igazolható mértékben (23. ábra).

17. táblázat

A dóziskísérlet eredményei

Kezelések	Ismétlések (gubacsszám db)				Átlag
	1	2	3	4	
Kontroll	357	398	423	422	400
4 gramm	191	234	189	256	217,5
8 gramm	192	158	222	199	192,75
16 gramm	201	203	197	188	197,25



23. ábra. Alginát pelletben formulált *Arthrobotrys superba* hurokvető gomba micélium formájának különböző dózisainak hatása a gyökérgubacsok számának alakulására

A 4 grammos dózis a kontrollhoz képest 45,7%-kal csökkentette a gubacsok számát, a 8 grammos kezelés 51,8%-kal, és a 16 grammos kezelés pedig 50,7%-kal. Az adatokból megállapítható, hogy az alkalmazott dózisok mindegyike csökkentette a gyökereken a fonálférgek kártételeként jelentkező gubacs számot a kontrollhoz képest, azonban a kezelések eredményei közötti eltérés nem volt szignifikáns.

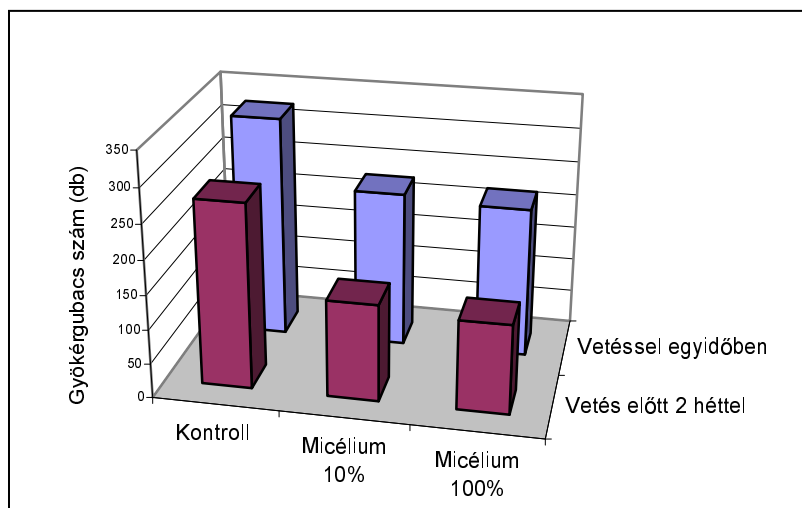
4.2.6. *Arthrobotrys superba* hurokvető gomba hatékonysága különböző alkalmazási időpontban

A kísérlet eredményeiből (18. táblázat) megállapíthatjuk, hogy az *Arthrobotrys superba* gomba a kontrollok átlagához viszonyítva mind a négy beállításban statisztikailag igazolhatóan csökkentette a gyökérgubacsok számát (24. ábra).

18. táblázat

A hurokvető gomba különböző alkalmazási időpontjainak eredményei a gyökérgubacs szám alakulására

Beállítások (gubacsszám db)		Ismétlések					Átlag
		1	2	3	4	5	
Vetéssel egy menetben	Kontroll	253	445	282	296	352	325,6
	10% micélium	302	188	305	152	193	228
	100% micélium	230	241	252	262	108	220
Vetés előtt 2 héttel	Kontroll	276	250	241	289	290	269,2
	10% micélium	187	124	132	138	125	141,2
	100% micélium	91	179	155	118	109	130,4



24. ábra. *Arthrobotrys supera* hurokvető gomba micéliumának alginát pelletben lévő formulációjának hatása vetéssel egy időben és vetés előtt két héttel alkalmazva a gyökérgubacsok számának alakulására

Az alkalmazási idők átlagai között igazolható különbség mutatkozott, mégpedig a vetés előtti alkalmazás javára, amely a kontrollok átlagához képest 25%-kal bizonyult jobb hatékonyságúnak, mint a vetéssel egy menetben kijuttatott hurokvető gomba. A vetéssel egy menetben alkalmazott 10% micéliumot tartalmazó kezelés a kontrollhoz képest 30%-kal csökkentette a gubacsszámot, a 100%-os micélium dózis pedig 32,5%-kal, amelyek között nem volt szignifikáns a különbség. Ezzel szemben a vetést megelőzően alkalmazott hurokvető gomba micéliumát 10%-os dózisban tartalmazó alginát pellet 48%-kal, a csökkentette a gyökérgubacsok kialakulásának lehetőségét, a 100%-os hifa dózis pedig 51,5%-ban, amely kezelések között szintén nem volt statisztikailag igazolható a különbség.

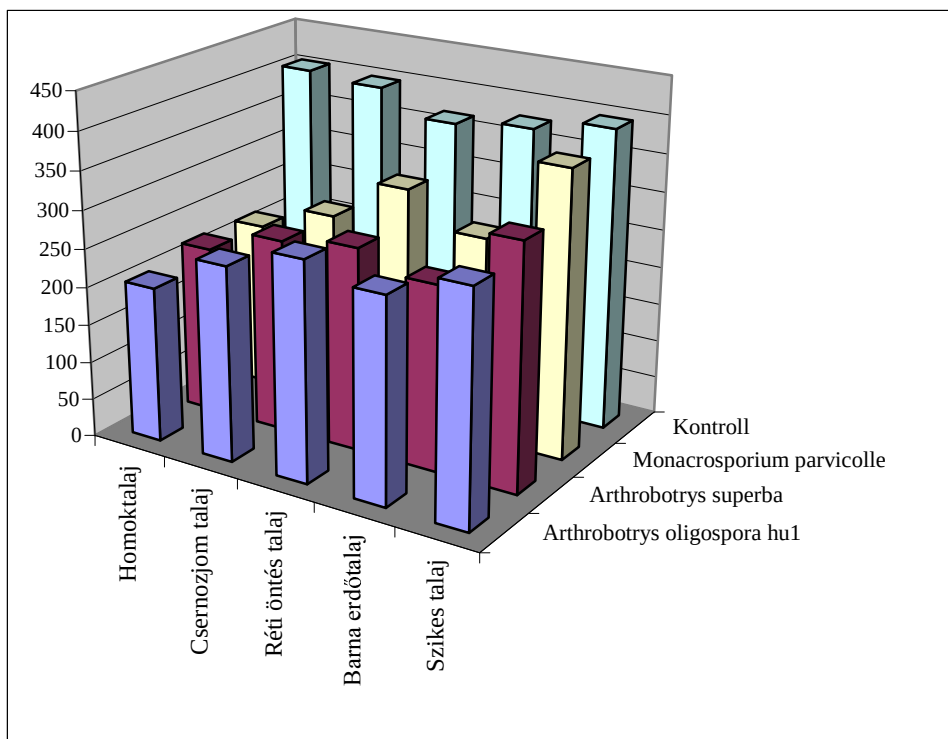
4.2.7. A talajtípus hatása a hurokvető gombák hatékonyságára

A kísérlet eredményeinek (19. táblázat) statisztikai kiértékelése után a következő eredményeket kaptuk: a talajtípusokat kezelésként tekintve a homoktalaj hozta a legjobb eredményt, a többi talajféleséghez képest 18-64%-kal csökkent a gyökérgubacsosodás. Ezt követte a csernozjom talaj és a barna erdőtalaj, amely kettő között nem volt jelentős a különbség. A kísérlet eredményének sorrendjében a következő a réti öntéstalaj volt, míg a legkevésbé a szikes talaj csökkentette a gyökérgubacsok számát (25. ábra). A kontrollok esetében hasonló gubacsszámot kaptunk, köztük a különbség nem volt statisztikailag igazolható, amely a kísérleti eredmények pontosságát támasztja alá. A gombafajok hatékonyságát vizsgálva, mindhárom átlaga statisztikailag igazolhatóan csökkentette a gubacsképzést a kontrollhoz képest.

19. táblázat

A talajtípus hatásának vizsgálati eredményei

Talajtípus	<i>Arthrobotrys oligospora</i> hu1	<i>Arthrobotrys superba</i>	<i>Monacrosporium parvicolle</i>	Kontroll
Homoktalaj	204	221	219	405
Csernozjom talaj	256	254	254	398
Régi öntéstalaj	287	267	310	367
Barna erdőtalaj	267	243	267	378
Szikes talaj	301	320	376	396



25. ábra. A talajtípus hatása a gyökérgubacsok számának alakulására hurokvető gombák alkalmazásakor

A gombákat összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy az *Arthrobotrys superba* gomba csökkentette a legjobban a gyökérgubacsok számát 32,88%-kal, bár az *Arthrobotrys oligospora hu1* gombához képest csak minimális különbséggel 0,52%-kal, vagyis a különbség nem volt statisztikailag igazolható. A *Monacrosporium parvicolle* gomba hatása volt a leggyengébb, a gyökérgubacsok számát 23,77%-ban csökkentette a kontrollhoz képest, amely a többi kezeléshez képest is szignifikánsan gyengébbnek bizonyult.

A kísérletben a legjobb eredményt a homoktalajon alkalmazott *Arthrobotrys oligospora* magyar törzs adta, amely a kontrollok átlagához képest 47,54%-kal csökkentette a gyökérgubacs számot, bár ez az eredmény a homoktalajon belüli kezelésekhez képest nem volt szignifikánsan jobb.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az autökológiai vizsgálatok alapján megállapíthatjuk, hogy a vizsgálatban szereplő hurokvető gombák növekedéséhez szükséges hőmérsékleti optimum 25°C , amely megegyezik a szakirodalomban leírtakkal (BELDER DEN 1994). A gombák aránylag jól tűrik a 30°C -ot, de 35°C -on már növekedésük gyengült, hőkárosodás érhet a telepeket. Ez a hazai éghajlati viszonyokat tekintve nem a legkedvezőbb eredmény, ugyanis zárt termesztőberendezésekben a nyári hónapokban gyakran a talaj hőmérséklete meghaladhatja a kritikus 35°C -os hőmérsékletet. Ebből az ökológiai tényből kiindulva a hurokvető gombák alkalmazását nagy körültekintéssel kell javasolnunk. Gyakorlati alkalmazásukra vonatkozóan javasoljuk, hogy a talajba juttatáskor olyan mélységbe keverjük bele ezeket a hurokvető gombákat, hogy a gyökér közvetlen közelébe kerüljenek, ezáltal védjük a gyökereket a fonálféreg kártevők behatolásától. Hőmérsékleti igényeiket tekintve viszont ennek a mélyebb bedolgozásnak az lenne a szerepe, hogy olyan mélységbe kerüljenek ezek a gombák, ahol a talaj hőmérséklete nem emelkedik 30°C fölé. Ha ez viszont nem megoldható, mindenképpen javasoljuk a forró nyári hónapokban a hideg vizes locsolással történő talajhőmérséklet csökkentést, a gombák életképességének megóvása érdekében.

A vizsgált hurokvető gombák $+5^{\circ}\text{C}$ és $+10^{\circ}\text{C}$ -on nem mutatottak jelentősebb növekedést, bár amikor a termosztátból újra szobahőmérsékletre kerültek, megindult a telepnövekedésük. Ez azt jelenti, hogy ezeken a hőmérsékleti tartományokon nyugalmi állapotban lehetnek a gombák. Arra vonatkozóan azonban nem végeztünk kísérleteket, hogy mi a legalacsonyabb hőmérséklet, amelyet még károsodás nélkül elviselnek.

Kísérleteink és ismereteink tekintetében a hurokvető gombákat ne tegyük ki +5°C-nál hidegebb hőmérsékleti stressznek, vagyis alkalmazásukat +5°C felett javasoljuk. Amennyiben hajtás csak kora tavasztól őszig folytatódik, a hurokvető gomba populációt a talajban a következő szezonra is át lehet teleltetni, amennyiben ügyelünk arra, hogy a talaj hőmérséklete a tél folyamán se menjen +5°C alá. Mivel a kísérleteinkben azt tapasztaltuk, hogy a *Monacrosporium* törzsek az alacsonyabb hőmérsékleteken jobb növekedési eréllyel rendelkeztek, ezeket a gombákat a kora tavaszi hajtás számára javasoljuk, viszont a későbbi kiültetésekhez már az *Arthrobotrys* hurokvető gombákat javasoljuk, amelyek magasabb hőmérsékleten jobb szaporodási képességgel rendelkeznek.

Vizsgálatainkban a gombák semleges pH tartományú táptalajon szaporodnak a legjobban, ezért fontos szempontnak tartjuk az alkalmazásuk során a talaj pH-jának beállítását és megtartását. Az intenzív kertészeti termelés ma már elképzelhetetlen intenzív tápoldatozás nélkül. Sajnos az ilyen jellegű intenzív tápanyag-utánpótlással, a nem megfelelő minőségű és mennyiségű műtrágya használatával a talaj pH-ját könnyen meg lehet változtatni, az egészen extrém pH viszonyokig (mind savas, mind lúgos irányba), amelyet nem csak a talajlakó hurokvető gombák nem tolerálnak, de a kultúrnövény is károsodik. Ezért a zárt termesztő berendezésekben alkalmazott intenzív tápanyag-utánpótlást úgy végezzük el, hogy az a termesztőközeg pH-ját nagymértékben ne befolyásolja. A kísérletek alapján a hurokvető gombák a semleges pH-n kívül inkább az enyhén lúgos kémhatást viselik el jobban, mint a savas kémhatású talajviszonyokat. Ezen tények

ismeretében amennyiben szükséges, hajtásban intenzív tápanyag-utánpótlási technológia mellett javasoljuk a különböző adalékanyagok alkalmazását a talaj semleges pH-jának megóvása érdekében.

A talajok kémiai vizsgálata során megállapítást nyert, hogy a szakirodalomban leírtaknak megfelelően (MÉM NAK 1979) jó-közepes tápanyag ellátottsággal rendelkeznek, és fizikai tulajdonságaik a típusukra jellemző. Biológiai aktivitásukra vonatkozóan azt a megállapítást tehetjük, hogy tápanyag-ellátottságuktól függő mikrobiológiai aktivitás jellemzi őket, vagyis a nagyobb humusz tartalmú csernozjom talajokban nagyobb a mikrobiológiai élet is, mint a tápanyagban szegényebb homoktalajban. A hurokvető gombák szaporodóképességének további vizsgálataiba vont talajok eredményeiből azt a megállapítást tehetjük, hogy a két kertészeti termelésre leggyakrabban alkalmazott talajban (homoktalaj és csernozjom talaj) a vizsgált hurokvető gombák jól szaporodnak. Mivel a csernozjom talaj szerves anyagban és tápanyagokban gazdagabb, így magától értődően a hurokvető gombák számára is kedvezőbb élőhely, in vitro körülmények között, fonálférgek hozzáadása nélkül. A vizsgálatokból megállapítottuk azt is, hogy steril talajközegben, ahol csak minimális volt a többi talajlakó mikroorganizmus száma, jobb volt a gombák szaporodóképessége, mint természetes talajviszonyok között, ahol is a talajlakó egyéb mikrobák - amelyek a táplálékért folytatott harcban kompetíciós partnerként jelentkezhettek - csökkenthetik a gombák szaporodóképességét.

Ugyanilyen körültekintéssel kell megválasztani a kertészeti termesztésben az alkalmazott növényvédelmi technológiákat, egyrészt a növényvédő szerek hatóanyagát tekintve, másrészt az

alkalmazástechnikát, és az alkalmazási időt illetően. Igyekezzünk úgy alkalmazni a talajherbicideket, hogy a legkevesebbet, és a legkisebb felületen érintkezzenek velük a hurokvető gombák. Véleményem szerint, ha a gyomproblémák megengedik, mellőzzük a Stomp gyomirtó szer alkalmazását, inkább a mechanikai gyomirtást részesítsük előnyben a gombák szaporodóképességének megtartása miatt, ugyanis kísérleteink alapján ez a herbicid 80%-kal képes csökkenteni a hurokvető gombák növekedési erélyét. Amennyiben lehetséges, javasoljuk a hurokvető gombák talajba keverése előtt pár nappal elvégezni az aktuális növényvédelmi munkákat, a kockázatok elkerülése érdekében. Vizsgálatainkban pozitív eredményként értékeltük, hogy a talajból fertőző kórokozók ellen leggyakrabban alkalmazott Previcur fungicid, amelyet nem csak állománykezelésre, de belocsolással is alkalmaznak a termelők, legkevésbé károsította a hurokvető gombák növekedését a talajban, ahol is ez a gátló hatás csak 25,5%-os volt. A Dithane M 45 fungicid alkalmazását talajból fertőző kórokozók ellen talajba locsolásra mellőzzük, mert nagymértékben rontotta a gombák szaporodását a vizsgálataink során. A növényvédő szerek kezeléseket tekintetében amennyiben a növényállomány állapota megengedi, inkább az alacsonyabb, vagy a közepes dózist alkalmazzuk, így kíméletesebb a hurokvető gombákra nézve is a beavatkozás.

A talajból előzetesen izolált hurokvető gombák biológiai aktivitását az általunk is alkalmazott egyszerű módszerrel lehet könnyen és gyorsan megállapítani. A steril táptalajon nevelt gombatelepekre adott számú, vizsgálni kívánt növénypatogén fonálféreg lárvát helyezve azok, bizonyos idő alatt a gombák különleges micélium szerkezetének áldozatává válnak. A biológiai védekezés kidolgozására alkalmas gomba

törzsek hatékonyságát az egységnyi idő alatt elfogott fonálférgek számával állapíthatjuk meg, vagy a vizsgálati fonálféreg szám elfogásához szükséges legrövidebb idő intervallummal jellemezhetjük.

Az általunk kifejlesztett, steril talajt alkalmazó egyszerű tesztmódszer eredményei a hagyományos tenyészedényes kísérlet eredményeihez hasonlítanak. Eredményeink alapján fel lehet váltani ezzel az új, egyszerűbb tesztmódszerrel a hosszadalmas cserépedényes kísérleteket a gombaizolátumok hatékonyságának vizsgálatára. Ez az új módszer lerövidíti a megfelelően hatékony nematofág gombák kiválasztását a további vizsgálatokhoz, fejlesztésekhez. A módszer nem steril talajviszonyokra való átültetésére még sok információra és kísérletre lenne szükség. Azt azonban ezzel a kísérlettel bizonyítottuk, hogy ellenőrzött körülmények között hatékonyabbak a hurokvető gombák a fonálférgek ellen.

Bár a hurokvető gombák CMC-vel történő formázásával is jó eredményt értünk el, és ez az anyag könnyen hozzáférhető a gyakorlatban, az egyszerű háztartások számára is, mégis a jövőre vonatkozóan az alginát pelletben történő formázás hordoz magában nagyobb lehetőségeket. Egyrészt azért, mert a szakirodalmi adatok szerint az alginát pellet szárítható (STIRLING és mtsai 1998b), így könnyebben eltartható, csomagolható, másrészt a gyakorlatban a talajba keverése is könnyebben megoldható. Az alginát pelletbe ezen kívül még bevihetőek különböző tápanyagok is, amelyek a formulált biológiai ágensek szállítása, raktározása és a felhasználás utáni korai adaptációs és szaporodási szakaszban a tápanyagigényt képesek fedezni. Kísérleteinkben a gomba szaporítóképletek közül a konídiummal végzett vizsgálatok hoztak jobb eredményeket. Azt azonban, hogy a gyakorlati megvalósítás számára

melyik szaporítóképletet lehetne sikeresen pelletizálni, a nagyüzemi tömegtenyésztési technika megvalósíthatósága fogja eldönteni. Valószínűleg a hurokvető gombák folyékony táptalajban történő tömegtenyésztése - melyet kísérleteinkben mi is alkalmaztunk - vagyis a micéliumforma pelletként formulázva lenne a legmegfelelőbb nagyüzemi előállítási módszer.

A hurokvető gombák alkalmazási dózisát tekintve megállapíthattuk, hogy a 4 g/l liter talaj dózis a biológiai védekezés számára megfelelő dózis lehet, amely 20 cm mélyre a talajba keverve hektáronként 8000 kg alginát pelletet jelentene. A kertészeti termelésben egy átlagosan 500 m²-es fóliasátorba ez 400 kg késztermék kijuttatásának felelne meg, amely egy aránylag kezelhető dózis lenne. Kísérleteinkben azt is megállapítottuk, hogy a dózis növelésével a hatékonyság nem nőtt egyenes arányban. Ennek a nyitott kérdésnek a tisztázására még további kísérletekre lenne szükség, hiszen elméletileg, ha több szaporítóképletet juttatnak a talajba, a hatékonyságnak is jobbnak kellene lennie.

Az alkalmazási időt tekintve javaslatunk a szakirodalmi adatokkal összhangban (TURI 1988) az, hogy a megfelelő hatékonyság elérése érdekében a hurokvető gombákat a vetés vagy palántálás előtt minimum két héttel ki kell juttatni a talajba, hogy a gombák a növények talajba kerülése és a fonálférgek tömeges kelése előtt megfelelő mennyiségben fel tudjanak szaporodni, és ezáltal meg tudják védeni a növény gyökerét a fonálféreg fertőzéstől. Ebben a két hétben biztosítani kell a gombák számára ideális talajállapotokat, és hőmérsékletet, a hatékony védekezés előfeltételeként.

A talajtípusok hatását a hurokvető gombák hatékonyságára vizsgálva a tenyészedényes kísérletek eredményei azt mutatták, hogy a hurokvető

gombák hatékonysága a homoktalajban volt a legjobb, amelyet más szakirodalmi adatok is alátámasztanak (DORMANSS-SIMON és mtsai 2003). Ez a megfigyelés némileg ellentmond annak a kísérletnek az eredményeivel, amelyben steril és nem steril talajokban vizsgáltuk a hurokvető gombák perzisztenciáját. Feltételezéseink szerint a tenyészedényes kísérletekben azért bizonyultak hatékonyabbnak a homok talajban alkalmazott hurokvető gombák, mert a tápanyagban szegény talajkörnyezetben, a szaprofita táplálkozási formáról a fonálférgek jelenlétében átváltottak predátor táplálkozási formára, amely hasonló megfigyeléseket COOKE (1968, 1977) is közölt már tanulmányaiban. Kísérleteinkben a legjobb eredmények a homoktalajon és csernozjom talajokon alkalmazott biológiai védekezéssel kaptuk. Mivel ezeken a talajokon folyik a kertészeti termelés zöme hazánkban, és ezekben a talajokban okoznak komoly gazdasági károkat a gyökérgubacs fonálférgek, így ezekben a talajokban a hurokvető gombák alkalmazása perspektivikusnak bizonyulhat.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon a kertészeti termelésnek, és ezen belül is a zárt termesztő-berendezésekben folytatott hajtatanak nagy múltja van. Reméljük, hogy bekerülve az Európai Unió piacára, jövője is lesz, hiszen hazánk klímája, a termelők szaktudása, a hajtattott zöldségféléink kiváló fajtatulajdonságai, és minősége a Nyugat-Európai piacokon már eddig is ismert volt. A témaválasztás aktualitását egyrészt a magyar kertészeti termelésben veszélyes kártevőként jelentkező gyökérgubacs fonálférgek elleni hatékony védekezési eljárások kidolgozásának igénye, másrészt a világszerte előtérbe kerülő környezetvédelmi szemlélet adta, amely egyre inkább a biológiai növényvédelem felé irányítja a kutatók figyelmét. A téma jelentőségét hangsúlyozza továbbá az a tény is, hogy a gyökérgubacs fonálférgek elleni védekezésre, a nagy hajtatóházakban használt metilbromid hatóanyag, az ENSZ határozata alapján 2005-től hazánkban is kivonásra kerül. A talajfertőtlenítésre használt egyéb engedélyezett nematicidekről is, évtizedes használatuk során kiderült, hogy hatóanyagaik veszélyesek a melegvérűekre, és köztük az emberre is. A nemzetközi szakirodalomban számos olyan gombát írtak már le, amelyek felhasználhatóak a fonálférgek elleni biológiai védekezésre. Köztük is a legtöbbet kutatott gomba fajok, a hurokvető gombák, amelyek ígéretes biológiai ágensként már számos kísérletben eredményesen csökkentették a fonálférgek kártételét. Kutatásaink megkezdésekor azért esett a választásunk a hurokvető gombákra, ugyanis azokkal már folytak előzetes kísérletek Magyarországon, és hazai talajokból izolált fajok is léteztek (AMIN és BUDAI 1993).

Kutatásainkat következő célkitűzések köré csoportosítottuk:

1. A fonálférgek elleni hatékony biológiai védekezési ágenseknek számító, és a magyar talajokban is természetesen előforduló hurokvető gombák autökológiai igényének megismerése (hőmérséklet, pH, talaj tápanyagtartalma).
2. Egy gyors teszt módszer kidolgozása a talajokból előzetesen izolált hurokvető gomba törzsek hatékonyságának tesztelésére, amely segítségével a további kísérletekhez ki lehet választani a legjobb izolátumokat.
3. A legjobb hurokvető gomba izolátumokból olyan gyakorlati formulációt készíteni, amelynek szállítása, raktározása és felhasználhatósága a gyakorlat és a kereskedelem számára hordozható lehetőségeket.
4. A legjobb formuláció alkalmazhatóságának vizsgálata, a dózisok és alkalmazási technika, valamint alkalmazási idő függvényében.

Munkánkban az alábbi kísérleteket végeztük el, amelyek a következő eredményeket hozták:

❖ A hurokvető gombák autökológiai vizsgálata

A kísérletben tesztelt gombafajok a következők voltak: *Arthrobotrys oligospora* w. (amely a CBS kollekciójából származott, regisztrációs száma: 289.82), *Arthrobotrys superba* 1., *Monacrosporium geophyropagum*, *Monacrosporium parvicolle* (PRI - Plant Research International, Wageningen, Hollandia kollekciójából kaptunk kísérleti

célzattal), illetve az *Arthrobotrys oligospora* hu1, *Arthrobotrys oligospora* hu2 mely a Csongrád Megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Szolgálat gyűjteményéből származott.

1. A hurokvető gombák növekedési erélyének vizsgálata különböző hőmérsékleten, steril körülmények között - ebben a kísérletben steril PDA táptalajra helyeztük a gomba törzstenyészetből származó, 9 mm átmérőjű micélium korongokat, majd a tenyészetet termosztátba tettük: +5°C, +10°C, +15°C, +20°C, +25°C, +30°C, +35°C hőmérsékletre. A növekedési erélyt úgy vizsgáltuk, hogy a telepátmérőt naponta mértük. A kísérlet eredményeként megállapítottuk, hogy a hurokvető gombák 25°C-on növekednek a legjobban, de 35°C-on már hőkárosodás éri őket. 5°C-on szinte egyáltalán nem növekedtek, viszont amint szobahőmérsékletre kerültek, növekedésük elindult.
2. A hurokvető gombák növekedési erélyének vizsgálata különböző pH tartományokban, steril körülmények között - a kísérletben a vizsgált gombatörzsek törzstenyészetéből származó 9 mm átmérőjű micélium helyeztünk steril PDA táptalajra, melynek pH-ját előzetesen a vizsgált tartományokra (pH 2-11) beállítottuk. A vizsgálati anyagot +25°C-ra, termosztátba helyeztük, majd a telepátmérőt naponta mértük. A kísérlet eredményeként megállapíthatjuk, hogy a hurokvető gombák semleges, azaz 7-es pH-jú táptalajon növekedtek a legjobban.

3. A kísérletekben szereplő talajok fizikai- kémiai- és biológiai vizsgálatában, a kísérletekben használt jellegzetes hazai talajtípusok (homoktalaj, csernozjom talaj, réti öntéstalaj, barna erdőtalaj, szikes talaj) fizikai- kémiai vizsgálatát a Csongrád Megyei Szakszolgálati Laboratórium végezte el standard módszerrel, amelynek értékelése során azt a megállapítást tettük, hogy a talajok a típusukra jellemző jó-közepes tápanyag ellátottsági szinttel rendelkeznek. A talajok biológiai aktivitásának vizsgálata talajszélesztési módszerrel történt. A vizsgálatokban a csernozjom talajból tudtuk a legtöbb talajlakó mikroorganizmust izolálni, a legkevesebbet pedig a szikes talajból.
4. A hurokvető gombák növekedési erélyének mérgezett agar táptalajon történt vizsgálatában micéliumkorongokat helyeztünk az előzetesen növényvédő szerekkel mérgezett agar-lemezre, majd +25°C-os termosztátban tartva a telepátmérőket naponta mértük. A tesztelt növényvédő szerek közül mindegyik csökkentette a hurokvető gombák növekedését, amelynek mértéke 25-80% volt.
5. A hurokvető gombák perzisztenciáját vizsgáltuk steril és nem steril talajokban, melyeket megfertőztünk a vizsgált gombatörzsekkel, amelyek szaporodóképességét 2 hét inkubációs idő után talajszélesztési vizsgálatokkal ellenőriztünk. A kísérlet eredményeként azt kaptuk, hogy fonálférgek nélkül a magasabb tápanyagtartalmú talajokban jobb a gombák túlélőképessége, mint a kevesebb tápanyagot tartalmazó talajokban.

❖ Hatékonyságvizsgálat

1. A hurokvető gombák nematóda elfogó képességét vizsgáltuk Petri-csészében, steril táptalajon. Amikor a vizsgált gombák micéliumai beszórták a táptalajt, 50 db *Meloidogyne incognita* gyökérgubacs fonálféreg lárvát tettünk a gombatenyésztetre. A gombák fonálféreg elfogó aktivitását 2, 24, 96 órával a fertőzést követően mikroszkóp alatt vizsgáltuk. A gombák, különleges micélium szerkezetükkel már a beállítást követő 2 óra elteltével a fonálféreg 62-52%-át elfogták, 96 elteltével pedig az összes fonálféreg a gombák áldozatává vált.
2. A hurokvető gombák hatékonyságának vizsgálata steril, illetve nem steril talajokban- a vizsgálati talaj egy részét sterilizáltuk, a másik felét sterilizálatlanul használtuk fel. 50 mm átmérőjű Petri-csészéket megtöltöttünk ezekből a talajokból, majd hozzáadtuk a gomba szaporítóképleteket. A gombák felszaporodása után a talajokhoz hozzáadtuk a *Meloidogyne incognita* lárvákat. A lárvákat naponta nyertük vissza a talajból, amelynek mennyiségét mikroszkóp alatti számolással határoztuk meg. A kísérletben eredményként azt kaptuk, hogy a hurokvető gombák steril talajban a fonálférgeket 4 nap alatt 52-85%-kal csökkentették.
3. Tenyészedényes kísérletben a hurokvető gombák hatékonyságát vizsgáltuk a gombák micélium szuszpenziójának CMC (carboxymetil-cellulóz) 1%-os oldatába keverve, majd ebbe az oldatba mártottuk bele a paradicsom palánták gyökerét. A palántákat ezután cserepekbe ültettük, majd 2 hét elteltével megfertőztük *Meloidogyne incognita* lárvákkal. A fertőzés után

4 héttel a gyökérgubacsok számát jegyeztük le. A kísérletben az *Arthrotrrys superba* gomba volt a leghatékonyabb, amely 53%-kal csökkentette a gyökereken a fonálférgek kártételeként jelentkező gubacsok számát.

4. Összehasonlítottuk a hurokvető gombák különböző formulációjának hatékonyságát, amely kísérletben az előzetesen kiválóan szerepelt *Arthrotrrys superba* gombát teszteltük. A hurokvető gombát kétféle módon formuláltuk: alginát pelletben, illetve CMC oldatában. A gomba szaporítóképletei közül ezekbe a formulációkba a micéliumot és a konídium formát vizsgáltuk. A kísérletben az összes formuláció hatékonyan csökkentette a gyökérgubacsok számát, melyek közül a legjobbnak az alginát pelletben formulált, 10^8 db konídium/60 ml alginát dózisú kezelés bizonyult.
5. A dóziskísérletben az előző vizsgálatokban tesztelt micélium szaporítóképlet, alginát pelletben készített formulációjának különböző dózisait vizsgáltuk a gyökérgubacs számának alakulására, mely eredményekből megállapítottuk, hogy már a 4 g alginát pellet/1 liter talaj dózis is hatékony a gyökérgubacsok számának csökkentésére. Ez a dózis a kontrollhoz képest 45,7%-kal csökkentette a gubacsok számát. Magasabb dózisokkal nem értünk el nagyobb hatékonyságot.
6. A mikrobiológiai ágensek alkalmazási idejére végzett kísérletben az előző két vizsgálatban, alginát pelletként formulált gomba-micélium alkalmazásának idejét vizsgáltuk a gyökérgubacsok számának alakulására. Az eredményekből megállapítottuk, hogy a

vetés előtt 2 héttel történt kijuttatás hatékonyabb, mint a vetéssel egy menetben alkalmazott kezelés.

7. A talajtípusok hatását is leteszteltük a hurokvető gombák hatékonyságára. A kísérletben az *Arthrobotrys oligospora* hu1, az *Arthrobotrys superba* és a *Monacrosporium parvicolle* hurokvető gombák hatását, tenyészedényes kísérletben különböző talajtípusokban alkalmazva vizsgáltuk a gyökérgubacsok képződésére. A kísérlet eredményei azt mutatták, hogy a homoktalajban alkalmazott hurokvető gombák 18-64%-kal jobban csökkentik a gyökérgubacs fonálférgek számát, mint a többi talajtípusban.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, dr. habil. Nádasy Miklós egyetemi docensnek, a sok buzdításért, és a tanulmányaimban nyújtott segítségért.

Hálás köszönettel tartozom dr. Hans Kok, tudományos főmunkatársnak (Holland Növényvédelmi Intézet), aki kísérleteim megtervezéséhez a módszerek kidolgozásához adott értékes tanácsokat és a vizsgálatokat végig nyomon követte.

Külön köszönöm a Csongrád Megyei Növény és Talajvédelmi Szolgálat Biológiai Védekezési és Karanténfejlesztési Labor munkatársainak, hogy kísérleteim egy részét ott végezhettem el. Köszönöm Dormannsné Simon Erzsébet főmunkatársnak és dr. Budai Csaba osztályvezetőnek, kísérleteim beállításában, és a publikációk megjelenésében nyújtott önzetlen segítségüket. Köszönöm továbbá Buzás Lászlóné Katinak, aki laboránsként a kísérletek gyakorlati kivitelezésében nyújtott segítséget.

Köszönettel tartozom Dr. Fischl Géza egyetemi tanárnak dolgozatom végleges elkészítéséhez nyújtott értékes észrevételeit.

Szeretnék köszönetet mondani Zalányiné Duduk Juditnak dolgozatom végső formába öntéséért.

7. IRODALOM

- AL-HAZMI, A.S., SCHMITT, D.P., SASSER, J.N. (1982): Population dynamics of *Meloidogyne incognita* on corn growth in soil infested with *Arthrobotrys conaides*. Journal of Nematology, 14(1): 44-57.
- AMIN, W., BUDAI, Cs. (1992): Új kártevő faunánkban: *Meloidogyne naasi* (FRANKLIN 1965) gyökérgubacs-fonálféreg. Növényvédelem, 28: 462-463.
- AMIN, W., BUDAI, Cs. (1993): Fonálféreg elleni védekezés *Arthrobotrys oligospora* Fres. gombával. Növényvédelem, 29(9): 418-422.
- ANDRÁSSY, I. (1958): Szabadon élő fonálféreg - Nematoda Libra. Fauna Hungarica 36. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- ANDRÁSSY, I., FARKAS, K. (1988): Kertészeti növények fonálféreg kártevői. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- BAILEY, F., GREY, N.F. (1989): The effect of replication on the probability of isolating nematophagous fungi from soil. Plant and Soil, 113: 141-143.
- BAKKER, J.C. és munkatársai (1995): Greenhouse climate control: an approach. Wageningen Pers, 1-279.
- BARRON, G.L. (1977): The nematode Destroying Fungi. Canadian Biological Publication Ltd, Guelph.
- BELDER, E. DEN (1994): Trapping of root-knot nematodes by the adhesive hyphae-forming fungus *Arthrobotrys oligospora*. Ph.D. Study, Wageningen.

- BELDER, E. DEN, JANSEN, E. (1994): The influence of temperature, nutrition, light and the growing time of mycelium on capture and infection of *Meloidogyne hapla* by *Arthrobotrys oligospora*. Fundam. Appl. Nematol. 17: 57-66.
- BERLITZ, H.D., GROSCH, W. (1987): Food Chemistry. Springer Verlag, New York.
- BIRD, A.F. (1962): The inducement of giant cells by *Meloidogyne javanica*. Nematologica, 8: 1-10.
- BUDAI, Cs. (1979): A gyökérgubacsképző fonálférgek kártétele a zöldségfajtatásban. Kertgazdaság, 11(4): 48-53.
- BUDAI, Cs. (1980): Új kártevő a faunánkban: *Meloidogyne thamesi*, gyökérgubacs-fonálféreg. Növényvédelem, 16: 117-118.
- BUDAI, Cs. (2000): A zöldségfajtatás kártevői elleni védekezés fejlesztése Magyarországon, különös tekintettel a biológiai védekezési eljárásokra (1974-1999). Doktori (Ph.D) értekezés, Keszthely.
- BURNSNALL, L.A., TRIBE, H.T. (1974): Fungal parasitism in cysts of *Heterodera* II. Egg parasites of *H. schachtii*. Transaction of British Mycological Society, 62: 595-601.
- CAYROL J.C., FRANKOWSKY, J.P. (1979): Une methode de lutte biologique contre les nematodes a galles des racines appartenant au genre *Meloidogyne*. Pepinieristes, Horticulteurs, Maraichers, Revue Horticole, 193: 15-23.
- CAYROL, J.C. (1983): Lutte biologique contre les *Meloidogyne* au moyen d'*Arthrobotrys irregularis*. Revue de Nématologie, 6: 265-73.

- CAYROL, J.C., FRANKOWSKI, J.P., LANIECE, A., D'HARDEMARE, G., TALAON, J.P. (1978): Controle les nematodes en champignonniere. Mise au point d'une methode de lutte biologique a l'aide d'un Hyphomycete predateur: *Arthrobotrys robusta* souche 'antipolis' (Royal 300). Pepinieristes, Horticulteurs, Maraichers, Revue Horticole, 184: 23-30.
- CHITWOOD, B.G. (1949): Root-knot nematodes Part I. A revision of the genus *Meloidogyne* Goeldi, 1887. Proc. Helminthol. Soc. Washington, 16: 90-104.
- CHITWOOD, B.G., SPECHT, A.W., HAVIS, L. (1952): Root-knot nematodes. III. Effect of *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica* on some peach root stock. Plant and Soil, 4: 77-95.
- CLARK, F.E., PAUL, E.A. (1970): The microflora of grassland. Advances in Agronomy, 22: 375-435.
- CLIFF, G.M., HIRSCHMANN, H. (1984): *Meloidogyne microcephala* n. sp. (*Meloidogynidae*), a root-knot nematode from Thailand. J. Nematol. 16: 183-193.
- COBB, N.A. (1920): Transference of nematodes (Mononchs) from place for economic purpose. Science, 51: 640-641.
- COOKE, R.C. (1968): Relationship between nematode-destroying fungi and soil-borne phytonematodes. Phytopathology, 58: 909-913.
- COOKE, R.C. (1977): The Biology of Symbiotic Fungi, John Wiley & Sons, New York.
- CORDA, A.C.F. (1839): Pracht-Flora europaischer Schimmelbindungen. Leipzig und Dresden. G. Fleisher. 55.

- CRUMP, D.H., SAYRE, R.M., YOUNG, L.D. (1983): Occurrence of nematophagous fungi in cyst nematode population. *Plant Disease*, 67: 63-64.
- DABAJ, K.H. (1990): Distribution, host range and identification of root-knot nematodes, *Meloidogyne* species, Ph.D. Thesis. Eötvös University of Budapest (HU).
- DACKMAN, C., OLSSON, S., JANSSON, H.B., LUNDGREN, B., NORDBRING-HERTZ, B. (1987): Qualification of predatory and endoparasitic nematophagous fungi in soil. *Microbial Ecology*, 13: 89-93.
- DE LEIJ, F.A.A.M., KERRY, B.R. (1991): The nematophagous fungus, *Verticillium clamydosporium*, as a potential biological control agent for *Meloidogyne arenaria*. *Revue de Nématologie*, 14: 157-164.
- DIJKSTERHUIS, J. (1993) Nematode - Fungal Interaction, Ph.D. Thesis. Boekhandel Dijksterhuis, Niezijl.
- DOMSCH, K.H. GAMS, W., ANDERSON, T.H. (1980): *Compendium of Soil Fungi*. Vol. I. Academic Press, London.
- DORMANNS-SIMON, E. (2002): Soil-borne pests and diseases- conditions and possibilities for alternative control in hungarian greenhouses. Mikrobiális oltóanyagok a mezőgazdaságban és a környezetvédelemben. MAE Talajtani Társaság Talajbiológiai Szakosztálya tematikus ülése, 2002. június 20.

- DORMANNS-SIMON, E., BUDAI, CS., KORMÁNY, A. (2003): Különböző talajok fizikai-kémiai és mikrobiológiai tulajdonságainak hatása a hurokvető gomba (*Arthrobotrys oligospora*) gyökérgubacs fonálférgek (*Meloidogyne* sp.) elleni hatékonyságára és a gomba perzisztenciájára. 49. Növényvédelmi Tudományos Napok Budapest, 2003. február 25-26. Összefoglalók, 47.
- DOWSETT, J.A., REID, J. (1977): Transmission and scanning electron microscope observation on the trapping of nematodes by *Dactylaria candida*. Canadian Journal of Botany, 55: 2963-2970.
- DOWSETT, J.A., REID, J. (1979): Observations on the trapping of nematodes by *Dactylaria Scaphoides* using optical, transmission and scanning-electron microscope techniques. Mycologia, 71: 379-391.
- DRECHSLER, C. (1934): *Pedolispora dactylophaga* n. sp., a fungus capturing and consuming testaceous rhizopods. J. Wash. Acad. Sci. 24: 395-402.
- DRECHSLER, C. (1937): Some hyphomycetes that prey on free-living terricolous nematodes. Mycologia, 29: 447-552.
- DRECHSLER, C. (1940): Three new hyphomycetes preying on free-living terricolous nematodes. Mycologia, 32: 448-470.
- DRECHSLER, C. (1944): Three hyphomycetes that capture nematodes in adhesive networks. Mycologia, 36: 138-171.
- DRECHSLER, C. (1954): Some hyphomycetes that capture eelworms in Southern States. Mycologia, 46: 762-782.

- DUDDINGTON, C.L. (1950): Further records of British predaceous fungi I.
Trans. Br. Mycol. Soc. 33: 209-214.
- DUDDINGTON, C.L. (1951): Further records of British predaceous fungi
II. Trans. Br. Mycol. Soc. 34: 194-209.
- ELEKES ANÉ (1981): Nematológiai praktikum. Agroinform, Budapest.
- ELEKES ANÉ, BUDAI, CS. (1979): Agronematológiai tájékoztató. MÉM
NAK Állattani Osztálya, Budapest, 1-2: 16-19.
- ELEKES ANÉ, SZABÓ L. (1986): Nematológia. In: SEPRŐS, I.
Agrozoológia I. MÉM NAK Budapest és a TIT Mezőgazdasági
Választmánya.
- ESTEY, R.H., OLTHOF, T.H.H. (1965): The occurrence of nematophagous
fungi in Quebec. Phytoprotection 46: 14-17.
- FISCHL, G. szerk. (2000): A biológiai növényvédelem alapjai. Mezőgazda
Kiadó, Budapest.
- FRANKLIN, M.T. (1965): A root-knot nematode, *Meloidogyne naasi* f.sp.
on field crops in England and Wales. Nematologica, 11: 79-86.
- GODFREY, G.H., OLIVEIRA J. (1932): The development of the root-knot
nematode in relation to root tissue of pineapple and cowpea.
Phytopathology, 22: 325-348.
- GOELDI, E.A. (1887): Relatorio sobre a molestia do cafeeiro provincia do
Rio de Janeiro. Arch. Mus. Nac., Rio de Janeiro, 8: 7-121. (1892)
- GRAY, N.F. (1983): Ecology of nematophagous fungi: distribution and
habitat. Annals of Applied Biology, 102: 501-509.
- GRAY, N.F. (1987): Nematophagous fungi with particular reference to
their ecology. Biological Reviews, 62: 246-304.
- GRAY, N.F. (1988): Fungi attacking veriform nematodes. In: POINAR,

- G.O., JANSSON, H.B. (eds): Diseases of Nematodes, Vol. II, CRC Press Inc., Boca Raton, 3-38.
- GREATHEAD, D.J., WAAGE J.K. (1983): Opportunities for biological control of agricultural pests in developing countries. Word Bank Technical Paper Number 11, The Word Bank, Washington.
- HARTMAN, K.M., SASSER, J.N. (1985): Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal-pattern morphology. In: BARKER, K.R., CARTER, C.C., SASSER, J.N. (eds.): „An advanced Tretise on *Meloidogyne*” Vol. II. North Carolina State Univ. Graph. 69-77.
- HIRSCHMANN, H. (1982): *Meloidogyne platani* n. sp. (*Meloidogynidae*) a root-knot nematode parasitizing American sycamore. Journal of Nematology, 14: 84-95.
- HOOG, G.S. DE, OORSCHOT, C.A.N. VAN (1985): Taxonomy of the *Dactylaria* complex, VI. Key to the genera and check-list of epithets. Stud. Mycol. 26: 97-122.
- JAIRAJPURI, M.S., ALAM, M.M., AHMAD, I. (1990): Nematode Bio-Control (Aspects and Prospects). CBS Publishers and Distributors, Delhi.
- JAKUCS, E., VAJNA, L. (2003): Mikológia. Agroinform Kiadó, Budapest, 270-272.
- JANSSON, H.B. (1982): Attraction of nematodes to endoparasitic nematophagous fungi. Transactions of the British Mycological Society, 79: 25-29.

- JANSSON, H.B., NORDBRING-HERTZ, B. (1980): Interaction between nematophagous fungi and plant parasitic nematodes: attraction, induction of trap formation and capture. *Nematologica*, 26: 338-339.
- JANSSON, H.B., NORDBRING-HERTZ, B (1979): Attraction of nematodes to living mycelium of nematophagous fungi. *Journal of General Microbiology*, 112: 89-93.
- JEFFEE, B.A., MULDOON, A.E. (1995): Susceptibility of root-knot and cyst nematodes to the nematode-trapping fungi *Monacrosporium ellipsosporum* and *M. cionopagum*. *Soil Biology and Biochemistry*, 27: 1083-1090.
- JOHNSON, A.W., FASSULIOTIS, G. (1984): Nematode parasites of vegetable crops. In: NICKLE, W.R. (ed.): *Plant and Insect Nematodes*. Marcel Dekker Inc., New York, USA, 323-372.
- KAPLAN, D.T., DAVIS, E.L. (1991): Influence of lectins on constricting ring formation by *Arthrobotrys dactyloides*. *Journal of Nematology*, 23(2): 264-266.
- KAYA, H.K., NELSON, C.E. (1985): Encapsulation of Steinernematid and Heterorhabditid nematodes with calcium alginate: A new approach for insect control and other applications. *Environ. Entomol.* 14: 572-574.
- KERRY, B.R. (1984): Nematophagous fungi and the regulation of nematode populations in soil. *Helminthological Abstracts. Series B* 53, 1-14.

- KLINGLER, J. (1965): On the orientation of plant nematodes and some other soil animals. *Nematol.* 10: 70-85.
- KOFOID, C.A., WHITE, W.A. (1919): A new nematode infectin of man. *J. American Medical.*, 72: 567-569.
- KÖVICS, GY. (1999): Növénykórokozó gombák korszerű nevezéktana. (Mikológiai útmutató) DATE, Növényvédelmi Tanszék, Debrecen.
- KÖZPONTI STATISZTIKAI HIVATAL (2002): A legfontosabb növények vetésterülete. 2002. május 31. Budapest.
- LACKEY, B.A., MOLDOON, A.E., JAFFEE, B.A. (1993): Alginate pellet formulation of *Hirsutella rhossiliensis* for biological control of plant-parasitic nematodes. *Biological Control*, 3: 155-160.
- LÁSZLÓ ANÉ (1993): Mikrobiológiai gyakorlatok. PATE GMK Keszthely.
- LEWIS, J.A., PAPAIVAS, G.C. (1985): Characteristic of alginate pellets formulated with *Trichoderma* and *Gliocladium* and their effect on the proliferation of the fungi in soil. *Plant Path.* 34: 571-577.
- LINFORD, M.B. (1937): Stimulated activity of natural enemies of nematodes. *Science*, 85: 123-124.
- LINFORD, M.B., YAP, F., OLIVEIRAJ, M. (1938): Reduction of soil populations of the root-knot nematode during decomposition of organic matter. *Soil Science*, 45: 127-141
- LUC, M. MAGGENTI, A.R., FORTUNER, R. (1988): A reappraisal of Tylenchina (Nemata). 9. The family *Heteroderidae* FILIPJEV and SHUURMANS STEKHOFEN. 1941. *Rev. Nematol.* 11: 159-179.

- MÉM NAK (1979): Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. Budapest.
- MORGAN-JONES, G., RODRIQUEZ-KABANA, R. (1988): Fungi colonising cysts and eggs. In: POINAR, G.O., JANSSON, H.B. (eds): Diseases of Nematodes, Vol. II, CRC Press Inc. Boca Raton, 39-58.
- NEAL, J.C. (1889) The root-knot diseases of peach, orange, and other plants in Florida, due to the work of *Arguillula*. Bull. U.S. Entom. 20: 1-13.
- NORDBRING-HERTZ, B. (1973): Nematode-induced morphogenesis in the predacious fungus *Arthrobotrys oligospora*. Physiologia Plantarum, 29: 223-233.
- ODUOR-OWINO, P., WAUDO, S.W., MAKHATSA, W.L. (1993): Effect of organic amendments on fungal parasitism of *Meloidogyne incognita* eggs and growth of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) cv. Moneymaker. International Journal of Pest Management, 39: 459-461.
- OCSKÓ, Z. (2000): Engedélyezett növényvédőszerrek jegyzéke. Budapest.
- OORSHOT, C.A.N. VAN (1995): Taxonomy of the *Dactylaria* complex, V. a review of *Arthrobotrys* and allied genera In: HOOG, G.S. DE (ed.): Taxonomy of *Dactylaria* complex, IV-VI., Studies in Mycology, 26: 61-96.
- OUDEMANS, C.A.J.A. (1885): Aanwisten voor de flora mycologica van Nederland. Ned. Kruidk. Archf. Ser. 2, 4:236-257.

- PARVEEN, S., EHTESHAMUL-HAQUE, S., GHAFAR, A. (1993): Biological control of *Meloidogyne javanica* on tomato and okra in soil infested with *Fusarium oxysporum*. Pakistan Journal of Nematology, 11(2): 151-156.
- PEOPLES, S.A., MADDY, K.T., COSICK, W., JACKSON, T., COOPER, C., FREDERICKSON, A.S. (1980): A study of samples of well water collected from selected areas in California to determine the presence of DBCP and certain other pesticide residues. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 24: 611-618.
- PERSMARK, L. (1997): Ecology of nematophagous fungi in agricultural soils. Ph.D. Thesis. Lund University, Lund, Sweden.
- PFISTER, D.H. (1994): *Orbilia fimicola*, a nematophagous discomycete and its *Arthrobotrys* anamorph. Mycologia, 86: 451-453.
- PFISTER, D.H., LIFTIC, M.E. (1995): Two *Arthrobotrys* anamorph from *Orbilia auricolor*. Mycologia, 87: 684-688.
- PIMENTEL, D. (1983): Environmental aspects of pest management. In: L.W. SHELILT (ed.): Chemistry and world food supplies: the new frontiers, CHEMRAWN II. Pergamon Press, Oxford, 185-201.
- POINAR, G.O., HANSEN, E.L. (1986): Association between nematodes and bacteria. Helminthological Abstracts, 55: 61-81.
- PROT, J.C. (1978): Vertical migration of four population of *Meloidogyne*. Rev. Nematol. 1: 21-26.
- PROT, J.C. (1980): Migration of plant-parasitic nematodes towards plant roots. Rev. Nematol. 3: 305-318.

- QUINN, M.A. (1987): The influence of saprophytic competition on nematode predation by nematode-trapping fungi. *Journal of Invertebrate Pathology*, 49: 170-174.
- REDENBAUGH, K., NICHOL, J., KOSSLER, M.E., PAASCH, B. (1984): Encapsulation of somatic embryos for artificial seed production. *In Vitro*, 20: 256-257.
- RUBNER, A. (1996): Revision of predacious *Hyphomycetes* in the *Dactylella-Monacrosporium* complex. *Stud. Mycol.* 39. Centralbureau voor Schimmelcultures, Baarn. 134.
- SAIKAWA, M. (1985): Ultrastructural features of the non-constricting ring trap in *Dactylella leptospora*. *Transactions of the Mycological Society of Japan*, 26: 209-213.
- SASSER, J.N., TRIANTAPHYLLOU, A.C. (1977): Identification of *Meloidogyne* species and races. *Nematology*, 9: 283.
- SASSER, J.N., CARTER C.C. (1985): An Advanced Treatise on Meloidogyne I, II. North Carolina State University Graphics.
- SAYRE, R.M., STARR, M.P. (1988): Bacterial diseases and antagonisms of nematodes. In: POINAR, G.O., JANSSON, H.B. (eds): *Diseases of Nematodes*, Vol. I., CRC Press Inc., Boca Raton, 69-101.
- SCHUSTER, R.P., SIKORA, R.A. (1992): Influence of different formulations of fungal egg pathogens in alginate granules on biological control of *Globodera pallida*. *Fundam. Appl. Nematol.* 15: 257-264.
- SHIELDS, J.A., PAUL, E.A., LOWE, W.E., PARKINSON, D. (1973): Turnover of microbial tissue in soil under field conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 5: 753-764.

- SIKORA, R.A. (1992): Management of the antagonistic potential in agricultural ecosystems for the biological control of plant parasitic nematodes. *Ann. Rev. Phytopathol.* 30: 245-270.
- SMALL, R.W. (1988): Invertebrate predators. In: POINAR, G.O., JANSSON, H.B. (eds): *Diseases of Nematodes*, Vol. II, CRC Press Inc., Boca Raton, 73-97.
- SOPRUNOV, F.F. (1958): Kishchnye griby-gifomitseti i ikh primenenie v bor'be s patogennymi nematodami (Predacious hyphomycetes and their application in the control of pathogenic nematodes). *Akademiya Nauk Turkmenskoi SSR*, Ashkhabad. (Translation published by S. MONSON, Jerusalem.)
- STIRLING, G.R. (1991): *Biological Control of Plant Parasitic Nematodes. Progress, Problems and Prospects.* CAB International, Wallingford.
- STIRLING, G.R., MANI, A. (1995): The activity of nematode-trapping fungi following their encapsulation in alginate. *Nematologica*, 41: 240-250.
- STIRLING, G.R., SMITH, L.J., LICASTRO, K.A., EDEN, L.M. (1998): Control of root-knot nematode with formulations of the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys dactyloides*. *Biological Control*, 11: 224-230.
- STIRLING, G.R., MANKAU, R. (1978): *Dactylella oviparasitica*, a new fungal parasite of *Meloidogyne* eggs. *Mycologia*, 70: 774-783.
- THOMASON, I.J. (1987): Challenges facing nematology: environmental risk with nematicides and the need for new approaches. In: VEECH, J.A., DICKSON, D.W. (eds): *Vistas on Nematology*. Society of Nematologists, Hyattsville, 469-476.

- THORNE, G. (1924): Utah nematodes of the genus *Mononchus*.
Transaction of the American Microscopical Society, 43: 157-171.
- TIMM, M. (1987): 'Biocon' controls nematodes biologically. Bio-
Technology, 5: 772-774.
- TÓTH, A. (1966): Gyökérgubacs fonálférgék kártétele szántóföldön.
Kertészet és Szőlészet, 15(12): 20.
- TREUB, M. (1885): Onderzoeking en over sereh-ziek suikerriet. Mede.
Plutuim, Bataria, 2: 1-39.
- TUNLID, A., JANSSON, H.B. (1992): Fungal attachment to nematodes.
Mycological Research, 96 (6): 401-412.
- TURI, I. (1988): Kísérletezzünk együtt a fonálférgék elleni ragadozó
gombákkal. Hajtatás, korai termesztés, 19(3): 21-23.
- UBRIZSY, G. szerk. (1965): Növénykórtan. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- VAN GUNDY, S.D., BIRD, A.F., WALLACE, H.R. (1967): Aging and
starvation in larvae of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus*
semipenetrans. Phytopathology, 57: 559-571.
- VIGLIERCHIO, D.R., LOWNSBERY, B.F. (1960): The hatching response of
Meloidogyne species to emanations from the roots of germinating
tomatoes. Nematologica, 5: 153-157.
- WADA, M., KATO, J., CHIBATA I. (1979): A new immobilization of
microbial cells. European J. Appl. Microbial. Biotechnol. 8: 241-
247.
- ZOPF, W. (1888): Zur kenntnis der Infections-Krankheiten niederer
Tiere und Pflanzen. Nova Acta Leopoldino-Caroliane, 52: 314-
376.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- Az autökológiai vizsgálatokban megállapítottuk, hogy a hurokvető gombák hőmérsékleti optimuma a +25°C. +5°C-on szinte nem növekednek, hőkárosodás nélküli, nyugalmi állapotban vannak, viszont +35°C-on növekedésük erősen csökken, mely folyamat nem visszafordítható.
- A hurokvető gombák a legjobban semleges, azaz 7 pH-jú tápközegben növekednek.
- A hurokvető gombák, vizsgálataink alapján a tápanyagokban gazdag, humuszos talajokban fonálféreg nélkül jobban növekednek, mint a gyengébb tápanyag-ellátottságú talajtípusokban. Fonálféreg nélküli talajokban inkább a szaprofita táplálkozásmód előtérbe kerülése miatt növekednek jobban a magasabb tápanyagszintű talajokban.
- A kertészeti termelésben leggyakrabban alkalmazott növényvédő szerek hatását, Magyarországon először teszteltük mérgezett agar-lemezes kísérletekben a hurokvető gombák növekedésére. A vizsgált peszticidek közül kiemelve a Stomp gyomirtó szert, 80%-kal képes csökkenteni a hurokvető gombák növekedési erélyét. Viszont vizsgálatainkban pozitív eredményként értékeltük, hogy a talajból fertőző kórokozók ellen alkalmazott Previcur fungicid (amely a talajból fertőző kórokozók ellen nem csak állománykezelésre, de töre történő belocsolással is alkalmazható), legkevésbé károsította a

hurokvető gombák növekedését a talajban, ahol is ez a gátló hatás csak 25,5%-os volt.

- Kidolgoztunk egy egyszerű in vitro tesztmodszert a hurokvető gomba izolátumok hatékonyságának gyors tesztelésére.
- A hurokvető gombákat alginát pelletben, illetve CMC 1%-os oldatában formázva teszteltük, ahol megállapítást nyert, hogy a gyakorlati előállítás és használat számára az alginát pelletben történő formázás rejt lehetőségeket.
- Megállapítottuk, hogy a hurokvető gombák hatékonysága a tápanyagokban szegény homoktalajon a legnagyobb, mert predátor aktivitásuk pont a tápanyaghiány miatt fokozottabban lép előtérbe. A homoktalajban alkalmazott gombák a gyökérgubacsok számát a kontrollhoz képest 43,2-47,5%-kal csökkentették, a többi talajtípusban alkalmazott gombák hatékonyságától pedig 18-64%-kal jobb eredményeket mutatott.
- A dolgozat újszerűségét adja, hogy Magyarországon először végeztünk vizsgálatokat a hazai hurokvető gomba izolátumok ökológiai igényének felmérésére.
- Elsőként vizsgáltuk és tettünk javaslatokat hazánkban a hurokvető gombák formázására, azok gyakorlati alkalmazására vonatkozó dózisaira, és alkalmazási idejére.

NEW RESULTS

- The auto-ecological investigations showed that the nematode-trapping fungi's optimal temperature is +25°C. At +5°C, growth is minimal, the fungi are in dormant state without heat damage. At +35°C, however, the strong reduction of growth is irreversible.
- The nematode-trapping fungi grow the best in neutral (pH ~ 7) medium.
- According to our results, in absence of nematodes the nematode-trapping fungi grow better in nutrient-rich humus soil than in low-nutrient soils. In absence of nematodes, saprophytic nutrition prevails, that is why growth is better in nutritive-rich soils.
- The present study was the first in Hungary to test the effect of the most used pesticides on the growth of nematode-trapping fungi in poisoned agar plate tests. From the agents tested, the herbicide Stomp is to mention which diminished the growth of the fungi by 80%. The fungicide Previcur, applied (by spraying or by the irrigation water) against pathogens infecting the plants from the soil, had, on the contrary, the least effect on the nematode-trapping fungi's growth with only 25.5% reduction, which was an effective experience.
- A simple in vitro test was developed to check the efficiency of nematode-trapping fungus isolates.

- The nematode-trapping fungi were formulated in alginate pellets and in 1% CMC. It was found that alginate pellet formulation has a potential in production and practical application.
- It was found that the nematode-trapping fungi had the highest efficiency in low-nutrient sandy soils because the lack of nutrients promotes predatory activity. Applied in sandy soil, the fungi reduction the number of root-galls by 43.2-45.5% compared to the control, which was 18-64% better than the results obtained in other soils.
- The thesis contains novel items because research towards the ecological requirements of nematode-trapping fungus isolates has not been done in Hungary before.
- The authors were the first in Hungary to suggest formulations for nematode-trapping fungi, and doses and times for application of that.