

## A GOMBATERMESZTÉSBEN ELŐFORDULÓ SCIARIDOK ÉS AZ ELLENÜK VALÓ VÉDEKEZÉSI LEHETŐSÉGEK

Kecskeméti Sándor<sup>1</sup>, Fail József<sup>2</sup> és Geösel András<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Zöltség- és Gombatermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Ménesi út 44. \*Kecskemeti.Sandor@kertk.szie.hu

<sup>2</sup>Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Rovartani Tanszék, 1118 Budapest, Ménesi út 44.

Gyakran találkozhatunk cserepes dísznövények, zöltségnövények környezetében apró, fekete színű, légszerű állatokkal, amelyek a nedves talajszemcsék közül repülnek ki. Ezeket a törékeny élőlényeket számos magyar névvel illetik: tőzeglegyek, árnyéklegyek, gombaszúnyogok, gombalegyek, sciarid-legyek stb. (Györfi 2010, Kiss és Péntes 2004, Szili 2008). Meg kell azonban említenünk, hogy egyik magyar név sem igazán helyes taxonómiai vagy kártételi szempontból. A Diptera (Kétszárnyúak) rendjén belül ugyanis nem a Brachycera (Légycsalók) alrendhez tartoznak ezek az állatok, hanem a Nematocera (Szúnyogcsalók) alrendhez, tehát taxonómiailag a szúnyogokhoz tartoznak, így a „légy” megnevezés sem helyes (Menzel és Mohrig 2000). Ugyanakkor a gombaszúnyog név sem igazán megfelelő, mert a Sciaridae családba tartozó fajok között vannak olyanok, amelyek nem a gombatermesztésben, hanem hajtásban vagy szabadföldi kultúrákban fordulnak elő (Cloyd és Zaborski 2014, Hurley és mtsai 2010, Cloyd 2015, Mead 1978). A gyakorlatban valamennyi megnevezést használják, éppen ezért alakult ki sokféle elnevezés ezen kártevőkre. Életmódjukból fakadóan szinte minden termesztett kertészeti kultúrában számíthatunk a megjelenésükre (Mead és Fasulo 2001). A gombatermesztésben a Sciaridae családba tartozó gombaszúnyogok okozzák a legjelentősebb kártételt. Lárvai a komposztban található szerves anyagokat élék fel, a növekvő termőtestekbe rágnak bele, imágói pedig fontos vektorai a gombás megbetegedéseknek. Gyors szaporodásuk és egész éves jelenlétük miatt kiemelt figyelmet kell rájuk fordítani a csiperkegomba termesztése során, a II. fázisú komposzt becsírázásától a termőidőszak legvégéig. Hazánkban a gombatermesztésben használható növényvédő szerek száma igen korlátozott, így elsősorban a preventív és alternatív védekezési eljárásokat kell a gombatermesztőknek alkalmazniuk.

**Kulcsszavak:** Gombaszúnyogok, csiperketermesztés, károsítás, védekezési lehetőségek

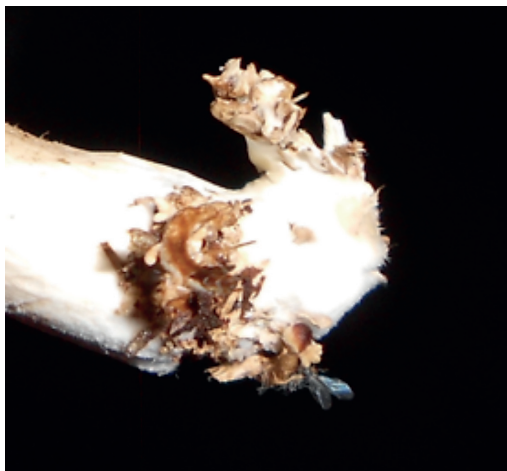
A Sciaridae rovarcsalád tagjai igen széles lélettérrel rendelkeznek és szinte a világ minden részén megtalálhatóak. A sciarid-legyeket az erdei gombák által kolonizált, korhadó, vagy kidőlt fákban, azok kérgei alatt találhatjuk meg, de ugyanúgy jelen lehetnek az avarban vagy trágyakupacokban is (Binns 1981). A legtöbb sciarid-légy a talajban található gombafonalakat és bomló szerves anyagokat fogyasztja és nagy részük nem tekinthető kártevőnek (Mead és Fasulo 2001). Azonban vannak olyan képviselőik is, amelyek a burgonya, búza, vöröshere, lucerna, örökzöld magoncok és több dísznövény, tulipánhagyma, páfrányok, begónia,

díszcsalán, muskátlik, kaktuszok, fiatal orchideák és dracénák szöveteit fogyasztják (Mead és Fasulo 2001, Hungerford 1916). A tőzeglegyek által okozott kártétel a megtámadott kultúrától függően különböző lehet. Növényházi zöltség- és dísznövénytermesztésben a fiatal palánta, vagy dugványnövények zsenge hajtásgyökereit fogyasztják. A fejlődő palánta vagy dugvány így nem képes megfelelően vizet felvenni, amelynek hatására hervadni kezd (Mead 1978). A gombalegyek a hajtattott kultúrákban nem csak a közvetlen kártételükkel okoznak termés kiesést. A rágóikkal ejtett sérüléseken keresztül a fiatal növényt talajlakó patogén

gombák fertőzhetik meg (Fawzi és Kelly 1982, Cloyd 2015).

A lárvák közvetlenül is terjesztenek néhány kórokozó gombát, így a *Pythium* spp., *Fusarium* spp. és *Verticillium* spp. talajlakó gombákat (Gardiner és mtsai 1990, Kalb és mtsai 1986, Gillespie és Menzies 1993). A tőzeglegyek imágói terjeszthetnek olyan növényi kórokozókat is, amelyek a gazdanövények földfelszín feletti részén szaporítóképletet fejlesztenek és ezek a szaporítóképletek megtapadnak a testük felszínén. Ilyen kórokozó például a *Botrytis cinerea*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium acuminatum*, *Thielaviopsis basicola*, *Verticillium albo-atrum* és *Verticillium dahliae*, amelyeket az egészséges növények felületére juttathatnak az imágók (Cloyd 2015). Az imágók nem képesek viszont például a *Pythium* spp. kórokozót terjeszteni, mivel a kórokozónak minden fejlődési alakja és szaporító képlete a talajfelszín alatt alakul ki (Braun és mtsai 2010).

A gombatermesztésben való megjelenésüknek nagyobb a jelentősége, ezek a rovarok tekinthetőek a termesztett gombák legveszélyesebb kártevőinek az egész világon (White 1985, Andreadis és mtsai 2015). Általánosan három fajt tesznek felelőssé az okozott károkért: *Lycoriella castanescens* (Lengersdorf, 1940), *Lycoriella ingenua* (Dufour, 1839) és a *Bradysia ocellaris* (Comstock, 1882) fajokat (Shamshad 2010). A gazdasági küszöbérték a gombaszúnyogoknál igen alacsony, 125g takaró földben 1 db lárva jelenléte akár összességében 0,5%-os termésvesztést is okozhat (White 1986). Közvetlen kártételt a lárva okozza. Táplálkozásuk során tönkreteszik a komposztot, felélik a benne található szerves anyagokat (Binns 1980). Az ürülékükkel szennyezett szubsztrátumot így már nem tudja hasznosítani a csiperke micéliuma (Shamshad és mtsai 2008). A komposztban fejlődő micéliumfonalakat is fogyasztják, továbbá erős rágóikkal képesek a fiatal termőtestekbe is belerágni, amely ennek hatására elbarnul, majd később elpusztul. A fejlettebb termőtestek nem feltétlenül pusztulnak el a táplálkozás hatására, így a jellemzően a tönkön keletkező kártétellel már csak a szedési időszakban szembesülünk (1. ábra) (Lewandowski



1. ábra. Sciarid lárvák által károsított tönk  
Fotó: Kecskeméti Sándor, 2017

és mtsai 2004). A lárvák által ejtett sebzéseken keresztül a termesztett gombafajok kórokozói gyakrabban megfertőzik a károsított termőtesteket, mint az épeket (Györfi 2010).

A gombaszúnyogok lárváinak nem feltétlenül kell gombamicéliumot fogyasztani ahhoz, hogy teljesen kifejlődjenek, ugyanakkor a micélium fogyasztása serkentően hat a lárvák fejlődésére (Chang és Miles 2004). A lárvák mellett jelentős kárt okoznak az imágók is (White 1986). Az imágók kitinszőrökkel borítottak továbbá nem tisztogatják magukat gyakran, így sok patogén gomba szaporító képleteit hordozhatják magukon, amelyeket könnyedén magukkal vihetnek egyik termesztőhelyiségből a másikba (Menzel és Mohrig 2000, Györfi 2010, Fletcher és Gaze 2008). Bizonyított, hogy a sciarid-legyek képesek terjeszteni a szárazmólé betegség és a *Trichoderma* komposztpenész spóráit is (Györfi 2010). Továbbá nem ritka, hogy az imágók testén kártevő atkák is utaznak potyautasként (Györfi 2010). A gombaszúnyogok nem szezonálisan fordulnak elő, egész évben jelen lehetnek a termesztőlétesítményben (Fletcher és Gaze 2008). Nagyszámú felszaporodásuk esetén akár egy teljes termőhullám kiesésével is számolnunk kell.

A hazai gombatermesztésben ugyancsak előforduló púposhátú legyek is károsítónak számítanak, a termesztők ezeket az állatokat

is gyakran – helytelenül - a gombaszúnyog névvel illetik. Megjelenésüket tekintve a phorid legyek 2–3 mm nagyok, küllemük a házilégyhez hasonlít, színük barnától sárgásig terjed, hátuk púpos, csápjuk igen rövid (Fletcher és Gaze 2008). Lárvaik nyüvek, feji végüktől haladva szélesednek, fari végük hirtelen lecsapottan végződik, amelyeken húscsapok találhatóak (Chang és Miles 2004). A számtalan ismert púposhátú légy közül a csiperke-termesztésben előforduló legfontosabb fajok a *Megaselia* nemzetségbe tartoznak (Chang és Miles 2004). A természetknél leggyakrabban a *Megaselia halterata* (Wood, 1910) és ritkán a *Megaselia nigra* (Meigen, 1830) fajokkal találkozhatunk (Györfi 2010, White 1985). A púposhátú legyek jellemzően tavasztól késő nyárig fordulnak elő (Fletcher és Gaze 2008). A *M. halterata* lárvája a csiperke micéliumát fogyasztja, és nem károsítja a termőtesteket, mert nem rendelkezik elég erős szájhorgokkal ahhoz, hogy azokba járatokat rágasson (Chang és Miles 2004). A *M. nigra*, ugyanakkor képes járatokat rágni a termőtestekbe, de ez a faj elsősorban a vadon termő nagygombákat károsítja és a természetőberendezésekben csak ritkán fordul elő (Fletcher és Gaze 2008). A púposhátú legyek korábban nagyobb jelentőséggel bírtak a csiperkegomba termesztésében, amikor még micéliummal átszövetett trágya volt a komposzt oltóanyaga. Ma már a szemcsíra és a csírázási higiénia fejlődésének köszönhetően a csiperke micéliuma egyszerre sok helyről tud növekedésnek indulni, így még egy nagyobb fertőzés esetén sem következik be jelentős termésvesztés (Chang és Miles 2004).

Morfológiájukat tekintve a *Sciaridae* családba tartozó gombaszúnyogokra jellemző, hogy lárvaik 8–12 mm hosszúak, nyüszerűek, lábatlanok. Azonban a nyüvekkel ellentétben nem kitines szájhorgokkal rendelkeznek, hanem fejlett rágók és erősen kitinizált, fényes fekete fejtökük van (Fletcher és Gaze 2008). A lárvaik belső szervei láthatóak, mivel kültakarójuk majdnem teljesen áttetsző (2. ábra) (Fletcher és Mtsai 1986). A lárvaik a kellő fejlettség elérése után szabadon bábozódnak (3. ábra) (Menzel és Mohrig 2000).



2. ábra. Áttetsző sciarid-lárva, a jellegzetes fekete fejtökkel. Fotó: Kecskeméti Sándor, 2016



3. ábra. Gombaszúnyog szabadbábja  
Fotó: Kecskeméti Sándor, 2017

Az imágók 3–5 mm nagyságú, törékeny, fekete színű rovarok. Nagy, összetett szemekkel (4. ábra), és hosszú fonálszerű csáppokkal rendelkeznek, amelyeket jellemzően 45 fokos szögben tartanak (4. ábra) (Fletcher és Gaze 2008, Györfi 2010).

A nőtényt a hímétől könnyű megkülönböztetni, mivel a hímek egy speciális, párzást segítő fogókészülékkel rendelkeznek a potrohuk végén (5. ábra) (Menzel és Mohrig 2000). Továbbá a szárnyban található Y alakú erezet is egy fontos határozó bélyege a gombaszúnyogoknak (6. ábra) (Fletcher és Gaze 2008).

A tojások opálos színűek (7. ábra), amelyek egészen áttetszővé válnak a lárva kikelése



előtt (Fletcher és Gaze 2008, Menzel és Mohrig 2000).

A sciarid-legyek egyedfejlődése elsősorban a hőmérséklet függvénye. Általában, egy generáció kifejlődéséhez 18 nap szükséges 25 °C-on és 40 napig tart 15 °C-on. Az alsó fejlődési küszöbhőmérsékletük 7,6 °C. Négy lárvastádiumot lehet megkülönböztetni a fejtokátmérő alapján. Az egyes fejlődési alakok ideje általában a következő (22 °C-on): tojás alak: 3–4 nap, L1-es lárvastádium: 2–3 nap, L2: 3–5 nap, L3: 5–7 nap, L4: 5–7 nap, báb: 1–2 nap. Az imágók párosodást követően hamar elpusztulnak, átlagosan 5–7 napig élnek (Frouz és Nováková 2001).



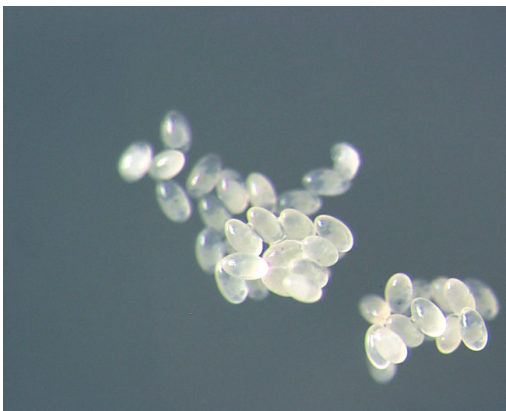
4. ábra. Az imágó fejének nagy részét az összetett szemei teszik ki, csápjait jellegzetes 45°-os szögben tartja. Fotó: Kecskeméti Sándor, 2016



5. ábra. Hímek potrohán található fogókészülék. Fotó: Kecskeméti Sándor, 2017



6. ábra. A családra jellemző szárnyrajzolat. Fotó: Kecskeméti Sándor, 2016



7. ábra. Frissen lerakott sciarid-légy tojások. Fotó: Kecskeméti Sándor, 2016

### Védekezési lehetőségek a sciarid-legyek ellen

A gombaszúnyogok elleni védekezés komoly problémát jelent valamennyi természetnek. A kártevők megjelenésére a felszíni természet házakban gyakorlatilag egész évben számítani lehet, amelyet teljesen kiirtani folyamatos természet mellett szinte lehetetlen. Hiába főzik ki a természetet követően kihordás előtt a helyiséget, a szomszédos helyiségekben ugyanúgy megtalálhatóak a gombaszúnyogok. A dolgozók folyamatos közlekedése, természet helyiségek ajtajának nyitogatása során akaratlanul is ki- és bejutnak a gombaszúnyogok. A helyiségekbe különböző időben betárolt

komposzt teszi lehetővé, hogy egész évben, gazdaságosan tudjunk friss csiperkét előállítani, ám így a rovarok számára is folyamatosan biztosítjuk az élelteret.

### *Agrotechnikai eljárások*

Az általános termesztéstechnológiai előírások megvalósítása és a higiéniai szabályok betartásán túl rendelkezésre állnak olyan lehetőségek, amelyekkel megkönnyíthetjük a gombaszúnyogok elleni védekezést. Fontos tudnivaló, hogy a sciarid-legyek tojásrakása és a csiperkekomposzt micéliummal való átszövetettsége között fordított arányosság van (Fletcher és Gaze 2008, Györfi 2010, Chang és Miles 2004, White 1985). A gombaszúnyog nőtények elsősorban a II-es fázisú komposztot részesítik előnyben tojásrakás szempontjából (Chang és Miles 2004). Feltehetően a pasztörizálási eljárás során, a komposzt végleges fermentációja közben felszabaduló illatanyagok vonzzák a nőtényeket. A II-es fázisú komposzt nitrogén tartalma magas, amely tökéletes táplálékul szolgál a sciarid lárváknak (White 1985). Ugyanakkor a csiperke micéliumával jól átszótt komposztba a nőtény csak elvéve rak tojást (Györfi 2010). A micélium által kolonizált komposzt tápanyagtartalma alacsonyabb, így feltehetőleg ez lehet az egyik oka annak, hogy a nőtény nem szívesen rak tojásokat ilyen helyekre (White 1985). Érdemes megemlíteni, hogy a lárváknak nem szükséges micéliumot fogyasztaniuk ahhoz, hogy teljesen kifejlődjenek, ám az serkentően hat a fejlődésükre (Chang és Miles 2004). A nagy mennyiségű micélium fogyasztását viszont kerülik a lárvák, feltehetően a hifában található kalcium-oxalát kristály felhalmozódás elkerülése miatt (Chang és Miles 2004). Mindez azt jelenti, hogy a minél gyorsabb komposztátszövetés biztosítása és erőteljesen növekvő fajta használata nagyban csökkentheti a sciarid-legyek megjelenését az első hullámban (Györfi 2010).

A II. fázisú komposztot már a csírázás ideje alatt is védeni kell az imágóktól, nemcsak az átszövetési szakasz alatt. A modern komposztüzemekben a csírázás külön helyiségekben

történik túlnyomás alatt, így biztosítva azt, hogy a sciarid-légy imágók ne jussanak be. A tömegben átszövetett III-as fázisú komposzt térhódításával a gombaszúnyogok a komposztból nagyrészt kikerültek. Potenciális fertőzési forrást már maga a termesztés jelent. A hazánkban hagyományos, pincében történő termesztésnél megoldást jelenthet a szellőzőkürtők, ajtók (felszíni épületnél ablakok, ajtók) megfelelő lyukméretű hálóval való ellátása (a lyukaknak kisebbnek kell lenniük 0,3 mm-nél) (Györfi 2010, Fletcher és Gaze 2008) (8. ábra).



8. ábra. Termesztőház levegőszűrőjén fennakadt sciarid imágók. Fotó: Kecskeméti Sándor, 2017

Fontos, hogy a helyiségen belül és annak környékén se maradjon takaró föld, letermett komposzt vagy egyéb bomló szerves anyag, mert ez a hulladék ideális életere lehet a gombaszúnyogoknak (Fletcher és Gaze 2008).

A kártevők monitorozása nagyon fontos része a védekezésnek. A feljegyzések alapján alapvető információt kapunk a termesztőlétesítményben alkalmazott higiéniai program hatékonyságáról. A kártevő gyors és pontos azonosítása nélkül előfordulhat, hogy az alkalmazott kezelés hatékonysága elmarad, vagy a kártevő pontatlan azonosítása miatt rosszul választjuk meg a védekezési eljárást (Shamshad 2010). A gombaszúnyogok monitorozására alkalmazható sárga színű ragacslapok kihelyezése a termesztőlétesítményben a megfigyelésen kívül gyéríti is a gombaszúnyogokat (Fletcher és Gaze 2008). Fontos megemlíteni, hogy a sárga ragacslapok nem szelektív csapdatípusok, így a repülő izeltlábúak nagy többségét csalogatja (Delrio

1987). Az azonosítás érdekében a rovar morfológiai ismerete elengedhetetlen.

A holland típusú felszíni termesztőházakban lehetőség van a letermett kultúra kifőzésére is. A helyiséget a komposzttal együtt felfűtik 65–70 °C-ra, majd ezt a hőmérsékletet tartják 6–12 óráig és csak ez után kerül sor a kultúra kihordására. Ezzel az eljárással elérhető, hogy a letermett kultúrából nagyobb számban repüljenek át gombaszúnyog imágók a friss telepítésbe (Györfi 2010).

### Kémiai védekezés

A hazai gombatermesztésben használható növényvédő szerek száma igen csekély. A korábban engedélyezett hatóanyagok nagy hányada (pl.: szerves foszforsav-észterek) napjainkban már nem használható, mert környezetvédelmi szempontok miatt eltávolították őket az EU-ban engedélyezett hatóanyagok listájáról. Nagyban nehezíti a védekezést az a tény is, hogy világszerte jelennek meg a növényvédő szerek hatóanyagaira rezisztens gombaszúnyog populációk. Hazai gombatermesztők beszámolója szerint az idáig alkalmazott készítmények hatékonysága elmarad a korábbi évtizedekhez képest, fungicidek és inszekticidek terén is. A hazánkban csiperkegombában engedélyezett egyetlen rovarölő hatóanyag, a diflubenzuron (Dimilin 25 WP), kitinszintézis gátlóként nemcsak gombaszúnyog, hanem más rovar lárvák ellen is hatékony. A technológiai előírás szerint az első öntözéssel kell a hatóanyagot a takaró földre juttatni 4 g/m<sup>2</sup> mennyiségben. Ugyanakkor a 21 napos élelmezés-egészségügyi várakozási ideje miatt gyakorlatilag ma már nem használható a csiperkében, ugyanis többnyire hamarabb megkezdődik a szedés (Geösel 2016). Az üres helyiségek rovarmentesítésére a hidegködölővel kijuttatható inszekticidek a gyakorlatban jó hatásfokkal működnek.

### Biopreparátumok alkalmazása a sciarid-legyek ellen

Napjainkra számos rovarfaj vált rezisztenssé egy vagy több hatóanyagra a helytelen és/vagy

egyoldalú növényvédő szer használat következtében. Ezért szükségessé vált, hogy új, alternatív védekezési stratégiát dolgozzanak ki a kártevőkkel szemben. Ezt a fejlődést tovább ösztönözte az is, hogy az általánosan használt szintetikus készítmények élelmezés-egészségügyi kockázatot is jelenthetnek (Shamshad 2010).

### Entomopatogén fonálféreg alkalmazása

A *Heterorhabditidae* és *Steinernematidae* családba tartozó fonálféreg obligát parazitái számos rovarfajnak. Az egész világon használnak fonálférget biológiai védekezésre (Richardson 1983). A *Steinernematidae* családba tartozó *Steinernema feltiae* bizonyul a leghatásosabbnak a gombaszúnyogok ellen használt fonálféreg közül. A *Bradysia* és *Lycoriella* fajok lárváit is eredményesen gyéríti a *S. feltiae* fonálféreg (Gouge és Hauge 1995). Az entomopatogén fonálféreg fertőző juvenilis alakjai a közegben élő gombaszúnyog lárvák száj-, légző-, vagy végbélnyílásán keresztül hatolnak be a gazdaállatba. A gazdaállat szervezetében a fonálféreg testében lévő szimbionta baktériumok elszaporodnak (*S. feltiae* esetében *Xenorhabdus bovienii* baktérium) és olyan toxint termelnek, amelynek következtében a gazdaállat megbénul, majd 24–48 óra alatt elpusztul. A fonálféreg az elpusztult állat testében tovább szaporodnak. A fiatal fonálféreg lárvák a bomló tetemet fogyasztják és vele együtt újra felveszik a szimbionta baktériumokat, ami által az új fonálféreg generáció is fertőzőképes lesz. Általában 2–3 generáció tud kifejlődni a lárvá tetemében. Az elpusztult gombaszúnyog lárvá felélését követően a fonálféreg lárvák elhagyják a halott lárvá testét és új zsákmány után kutatnak (Renn 1998). Számos kísérletben igazolták a *Steinernema feltiae* alkalmazhatóságát csiperketermesztésben gombaszúnyogok ellen (Nickle és Cantelo 1991, Hang és mtsai 1992, Grewal és mtsai 1993, Scheepmaker és mtsai 1995). Nickle és Cantelo (1991) kísérletében 72–81%-os mortalitást okoztak a fonálféreg az L2 és L4 közötti lárvák körében, amikor öntözéssel jutatták ki 620 nematóda/cm<sup>2</sup> dózisban a takaró földre. Hang és munkatársai

kísérletében (1992) *Lycoriella mali* ellen használva a *Steinernema bibionis* Otio törzs közel 90%-os mortalitást okozott. Már a II.-es fázisú, pasztörizáláson átesett komposztot is lehet védeni a sciarid-legyek ellen fonálférgekkel. Gyakran alkalmazott eljárás a gombakomposzt takarófölddel való takarása után az első öntözésekkel együtt kijuttatni az entomopatogén fonálférgeket (Shamshad és mtsai 2008). A hazai termesztési gyakorlatban elvértve fordul elő a fonálférgekkel történő biológiai védekezés, ugyanis magas a költség igénye és minden egyes telepítés alkalmával szükséges kiöntözni ezen hasznos szervezeteket.

### Entomopatogén baktériumok használata

Több mint 90 patogén baktériumfajt azonosítottak már, amely megbetegedést okozhat a rovarok körében (Charles 1971). A *Bacillus* nemzetségbe tartoznak azok a főbb baktériumok, amelyek patogénikus hatással bírnak a különböző rovarfajokra (Aronson és mtsai 1986). Növényvédelemben legelterjedtebben a *Bacillus thuringiensis* baktériumot alkalmazzák, amely több mint 137 rovarfaj ellen (*Lepidoptera* (lepkék), *Hymenoptera* (hártványsszárnyúak), *Diptera* (kétszárnyúak) és *Coleoptera* (bogarak) rendekből) bizonyult hatásosnak (Shamshad 2010). A *B. thuringiensis* sejtekben kitartó endospórákon kívül fehérjekristályok is képződnek. Ezek a kristályok rovarfaj specifikus pro-toxinok (Bulla és mtsai 1980). A rovar lárva középbelében található proteáz enzim (aminopeptidáz-N) hasítja a fehérjekristályokat, ekkor nyerik el végleges térbeli struktúrájukat és aktiválódnak a delta-endotoxin vegyületek. Az aktiválódott toxin megkötődik a rovar lárva bélsatornájának a hámszövetén található receptorokon (szelektivitás alapja). A toxin hatására lyukak keletkeznek a lárva tápcsatornáján. A keletkezett lyukakon keresztül a középbel tartalma a gombaszúnyog lárva testébe jut. A lárva táplálkozása rövid időn belül leáll, majd később az állat szepszisben elpusztul. A hatékonyság elsősorban a felvett baktérium pro-toxin mennyiségétől függ (López és mtsai 2010). A *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (továbbiakban: *Bti*) olyan pro-toxin

kristályt képez, mely szelektíven csak a Diptera rendbe tartozó egyes rovarfajokra hat (Becker és Margalit 1993). Korai kutatások jó eredményeket mutattak a *Bti* hatékonysága és a gombaszúnyog lárva elleni védekezéssel kapcsolatban (White 1999), azonban későbbi kutatások ellentétes eredményre jutottak (Cloyd és Dickinson 2006, Shamshad és mtsai 2008) és úgy vélik, hogy a *Bti* készítményeket nem lehet gazdaságosan alkalmazni csiperkekulturában (Shamshad és mtsai 2008, Shamshad 2010). További kutatások folynak a megfelelő *Bti* törzs izolálására (Shamshad 2010).

### Ragadozó atkák

A *Laelapidae* családba tartozó *Geolaelaps* (*Hypoaspis*) *aculeifer* és *Stratiolaelaps* (*Hypoaspis*) *miles* talajban élő ragadozóatkák, amelyek elsősorban sciarid-légy lárvaival, tojással, tripsz előnimfával és nimfával táplálkoznak, de egyéb ízeltlábúak is zsákmányul szolgálhatnak (káposztalégy tojások, készletatkák, lepketojások, fonálférgek). A csiperkegomba-termesztésben is végeztek velük kapcsolatos kutatásokat az alkalmazhatóságuk terén. A *H. miles* átszövetéskori kijuttatása nagymértékben csökkentette a kikelő gombaszúnyogok számát, ugyanakkor a takaró föld átszövődésekor kijuttatott ragadozóatka kezelés hatékonysága elmaradt az előzőétől (Jess és Kilpatrick 2000). A ragadozó atkák a komposzt és takaró föld réteg felső 2–12 cm-es részében mozogtak, míg a *Steinernema feltiae* fonálférgek csak ugyanezen rétegek felső 2–4 cm-es részét voltak képesek átjárni (Jess és Bingham 2004). Kutatások alapján a ragadozó atkák hatékonysága közel azonos a *Steinernema feltiae* entomopatogén fonálféregével, azonban kijuttatásuk sokkal munkaigényesebb (Jess és Schweizer 2009).

### Sciaridok elleni védekezést elősegítő kutatások

Napjainkban a növényvédelem a környezetünk megóvása, a peszticid terhelés mérséklése, és a fenntarthatóság érdekében az integrált növényvédelem irányelveit követi. A kártevő



biológiájának ismeretében, megfelelő természetstechnológiával, termőhellyel, élő szervezetek együttes alkalmazásával és a növényvédők szerek okszerű alkalmazásával vagyunk képesek integrált növényvédelmet folytatni. Az egyoldalú szerhasználat miatt már alakultak ki a konvencionális növényvédők szerekre rezisztens tözeglegy populációk (Shamshad 2010). Számptalan publikáció született arról, hogy milyen tényezők befolyásolják a tözeglegyek fejlődését, tojásrakását, szaporodását, kommunikációját, ugyanis ezen ismeretek birtokában nagymértékben lehet csökkenteni a megjelenő sciarid-legyek mennyiségét anélkül, hogy bármilyen növényvédőt szert is használnánk (Meers és Cloyd 2005, Andreadis és mtsai 2015, Smith és mtsai 2006, Cloyd és mtsai 2007).

### Feromonok szerepe a *Lycoriella* fajoknál

A monitorozást nagyban elősegíti a szelektív csapdák alkalmazása, amelyek elsősorban egy kártevő faj egyedeit fogják. A rovarok szexferomonokkal való kommunikációját felhasználják a populációk monitorozásában valamint a védekezésben is, például a párzás megzavarására vagy tömegcsapdázásra (Cardé és Minks 1995, Leal 2005). A kétszárnyúak rendjén belül a *Nematocera* alrendbe tartozó családok közül csak háromnál (*Cecidomyiidae*, *Psychodidae* és *Sciaridae*) igazolták a szexferomonok általi kommunikációt (Wicker-Thomas 2007). A *Sciaridae* családon belül idáig csak a *Lycoriella ingenua* feromonját sikerült meghatározni (Kostelc és mtsai 1980). Kostelc és munkatársai (1980) az *n*-heptadekánt azonosították a *Lycoriella ingenua* feromonjának legerősebb komponenseként (az *n*-pentadekán, *n*-hexadekán, *n*-oktadekán és *n*-nonadekán mellett), de későbbi kutatások ezt az állítást megkérdőjelezték (Gotoh és mtsai 1990, Andreadis és mtsai 2015). Az *n*-heptadekán és annak koncentrációjának növelése ugyanis semmilyen párzási viselkedést nem indukált a szűz hímekkel végzett kísérletekben, továbbá az ilyen komponensű feromonkeverékek nem mutattak nagy hatékonyságot a *Lycoriella ingenua* monitorozásában (Andreadis és mtsai 2015). Andreadis

és munkatársai (2015) *Lycoriella ingenua* szűz nőtényeiből készített kivonatból szelektálták ki azokat a komponenseket, amelyek párzási viselkedést váltottak ki a hímekből. A gázkromatográfiával összekapcsolt elektroantennográf segítségével választották ki azokat az összetevőket, amelyekre a hímek legerősebben reagáltak. Andreadis és munkatársai kutatásuk során a nőtényeiből készült kivonatokban nem találtak *n*-heptadekánt, de azonosítottak egy szekszviterpén alkoholt, amelyre a hím imágók által adott jelzések erősek voltak minden ismétlésben. Az anyag tömegspektruma nagyban hasonlít a germakradienolhoz (Andreadis és mtsai 2015, Cornwell és mtsai 2001). Valószínűsítik, hogy ez a szekszviterpén a *Lycoriella ingenua* feromonjának a fő alkotóeleme. Más kutatásaik alapján bebizonyították, hogy a szexferomont csak a szűz nőtények termelik, ami legalább 70 cm-es távolságból képes a hímeket csalogatni. A csalogatott hímek leszállás után párosodási viselkedést mutattak, amely a szárny rezegtetésében, a potroh meggörbítésében és a fogókészülék kinyújtásában mutatkozott meg (Andreadis és mtsai 2015). A megtermékenyített nőtények semmilyen esetben sem csalogatták a hímeket. Az anyag önmagában is erős ingerválaszt váltott ki a hímekből, így a szerzők úgy vélik, hogy vélhetően egykomponensű a faj szexferomonja (Andreadis és mtsai 2015).

A szexferomonok meghatározása a tözeglegyeknél is nagyon fontos, hiszen ezzel a módszerrel megnöveljük a sárga ragacslos előrejelzési módszer hatékonyságát. Továbbá, mivel a hajtás és gombatermesztés is zárt térben zajlik, így a megjelenő sciarid populációt hatékonyabban tudjuk gyéríteni a szexferomon légtértelítéssel alkalmazásával. Egyelőre csak a *Lycoriella ingenua* szexferomon fő alkotóelemét sikerült valószínűleg megtalálni, de később bővíthet a különböző tözeglegyek ismert szexferomonjainak a száma.

### Sciarid-legyek fotóaktivitása és a fényintenzitás hatása a párosodásukra

A rovarok egyik jellemző tulajdonsága, hogy a mesterséges fényforrások intenzíven



csalogatják a többségüket (Hollingsworth és mtsai 1964). Az üvegházi növénytermesztésben károsító gombalegyeket is vonzza a fény, gyakran a természetlétesítmény üvegtábláin találhatjuk meg őket (Karren és Roe 2000). Azt, hogy a különböző fényintenzitások miként befolyásolják a sciarid-légy mozgását Cloyd és munkatársai vizsgálták (2007). Ehhez 6 kamrát építettek, amelyek összekötésben álltak egymással és váltható fényerejű izzókkal voltak felszerelve. A 6 kamra tartalmazott sárga színű ragacslapokat is, amelyek fogásai alapján döntötték el, hogy az egyes fényintenzitások mennyire csalogatták az imágókat. Kontroll körülmények között az imágók véletlenszerűen mozogtak az egyes kamrák között. Ugyanakkor a kevesebb, mint  $0,083 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  fényerőségre pozitív jelzéseket adtak. Továbbá az adultok olyan gyenge fényintenzitásra is reagáltak, amelyet a fényerőséget mérő szenzor már nem volt képes érzékelni. Az imágók nagy részét (22%-39%) azok a ragacslapok fogták, amelyek egy fényforrás közelében helyezkedtek el. A fényforrástól távolabb csökkent a fogás hatékonysága (2%–9%). A fényforrás kísérlet eredményeiből kiderült, hogy a legintenzívebb viselkedési választ a  $0,87$ -től a  $1,02 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ -es fényintenzitás tartományban adták az imágók. Az eredményekből kiderült, hogy a *Bradysia coprophila* fényre aktivitást mutat és a fényintenzitás változtatásával lehetséges a megjelenő sciaridok számát csökkenteni üvegházban (Cloyd és mtsai 2007).

A fény gombaszúnyogok párosodására gyakorolt hatását Liu és mtsai (2004) vizsgálták. Megállapították, hogy az 500 lux és 1 lux közötti fényintenzitás nem befolyásolta a hímek párzási viselkedését. Az 1 lux fényintenzitás nagyban csökkentette a hímek repülését, de a mozgási aktivitásuk nem szűnt meg. Továbbá az 1500 lux és a feletti intenzitás is csökkentette a hímek nőtények utáni keresését (Liu és mtsai 2004).

### Sciarid-legyek tojásrakását és a fejlődésük sebességét befolyásoló tényezők

A hajtásban komoly károkat okozhatnak a tőzeglegyek közé tartozó *Bradysia* fajok (Cloyd

2015). Az adult nőtények azokba a közegekbe rakják előszeretettel a tojásokat, amelyek mikrobiológiailag aktívak, illetve amelyek magas arányban tartalmaznak valamilyen tőzegmohát vagy keményfakérget (Meers és Cloyd 2005). Meers és Cloyd (2005) három, hajtásban használt talajnélküli termesztőközeget hasonlított össze, hogy a *Bradysia* sp. nr. *coprophila* tőzeglégyfaj melyiket preferálja leginkább tojásrakás szempontjából. A három vizsgált közeg a 'Metro-Mix 560', 'Sunshine LC1' Mix és 'Universal SB 300 Mix' volt (Internet 1). A preferenciavizsgálathoz a bából frissen kikelő egyedeket összegyűjtötték, majd szexáltak. A kísérletet megelőző 24 órában hagyták az egyedeket párosodni, majd a párosodott nőtényeket egy műanyag tároló dobozba helyezték, amiben 4 darab 6 cm átmérőjű Petri-csésze volt található. Három Petri-csésze egy-egy vizsgált termesztőközeget tartalmazott, míg a negyedik vizes itatópapírt. Összesen 50 ilyen kísérleti műanyag dobozt alakítottak ki, minden doboz egy ismétlést jelentett. A nőtényeket 48 óráig tartották bent a kamrákban, majd a közegekről begyűjtötték a lerakott tojásokat áztatásos módszerrel. Az eredmények alapján megállapították, hogy tojásrakási számban szignifikánsan egyik termesztőközeg sem különbözött egymástól, ugyanakkor mindegyik közegben szignifikánsan nagyobb volt a lerakott tojások száma, mint a vizes itatópapíron. Ugyanakkor, azon Petri-csészéket értékelve, amelyekben legalább 1 darab tojást találtak megállapították, hogy a nőtények 86%-ban jobban preferálták a 'Metro-Mix 560'-as keveréket, mint a 'Sunshine LC1'-est (66%), 'Universal SB 300'-ast (52%), vagy a vizes itatópapírt (18%). Az eredmények alapján nem lehetett kijelenteni egyértelműen, hogy a vizsgált három közeg közül bármelyiket is jobban preferálnák a tőzeglégy nőtények, de Meers és Cloyd nem vizsgálták az egyes közegek nedvességtartalmát, vagy a bennük található illékony anyagokat, melyek befolyásolhatják a nőtények tojásrakását (Meers és Cloyd 2015).

A különböző közegek vizsgálata és összehasonlítása nagyon fontos, hiszen a tőzeglégyek által nem preferált, vagy lárvafejlődés

szempontjából nem optimális, ugyanakkor a termesztett kultúránknak megfelelő közeg alkalmazása esetén a megjelenő sciarid-legyek számát csökkenthetjük a természető létesítményünkben.

### **Különböző gombafajok hatása a sciarid-legyek tojásrakás preferenciájára és a lárvák fejlődésére**

A bomló avart kolonizáló mikroszkopikus gombák fontos táplálékául szolgálnak a talajban élő gerinctelen élőlényeknek. Az ilyen gombák a sciarid-legyeknek is fontos táplálékforrást jelentenek (Binns 1981), amelyek lárvái gyakran előfordulnak számos talaj ökoszisztémában (Frouz 1999). Néhány fajuk fontos szerepet tölt be a szerves anyagok lebontásában (White 1986, Cloyd és mtsai 2007).

A mikroszkopikus gombák és sciaridok kapcsolata kevésbé kutatott téma. Frouz és Nováková több talajban megtalálható apatogén és patogén gombát hasonlított össze olyan szempontból, hogy a megtermékenyített nőstények számára mennyire attraktívak az egyes gombák tojásrakás szempontjából. Továbbá arra a kérdésre is keresték a választ, hogy a nőstények által preferált gombák mennyire alkalmasak a lárvafejlődéshez. A tojásrakási preferencia vizsgálathoz a megtermékenyített nőstényeket „több-választásos” kísérletnek vetették alá. A preferencia vizsgálathoz 68 talajban megtalálható gombát használtak fel, amelyeket maláta agaron tartottak fenn. A megtermékenyített nőstényeket a kamrába helyezték, majd sötétben tartották őket 48 óráig 25°C-on, hogy megtörténjen a tojásrakás (Frouz és Nováková 2001).

A 68 gombafajból 25 gombafajt tovább vizsgáltak, hogy azok mennyire kedveznek a lárvák fejlődésének. Ezt az alapján döntötték el, hogy a lárvák milyen stádiumban pusztultak el. Összesen négy kategóriát alakítottak ki: (1): nem jelentek meg lárvák, (2): a lárvák az L1-es, vagy L2-es stádiumban pusztultak el, (3): a lárvák az L3-as, vagy L4-es stádiumban pusztultak el, (4): a teljes fejlődés végbement. Minden Petri-csésze körülbelül 50 tojást tartalmazott,

melyeket 25 °C-on tartottak a kísérlet befejezéséig (Frouz és Nováková 2001).

A 68 vizsgált gombafaj attraktivitása között nagy különbségek voltak. 18 fajnál a lerakott tojások száma szignifikánsan nagyobb volt, mint a véletlenszerű választás, 14 fajnál közel véletlenszerű, míg 30 fajnál véletlenszerű volt a nőstények választása. 10 fajon egyszer sem történt tojásrakás. Továbbá a nőstények választási preferenciája nem mindig volt egyértelmű. A *Penicillium* fajok némelyike kedvelt választása volt a nőstényeknek, míg más *Penicillium* fajokra egyszer sem történt tojásrakás. Ez a *Mucoraceae* családba tartozó fajokra is igaz volt. Ezeknél a nemzetségeknél előfordult, hogy egyes gombafajokat nem maláta agaron tenyésztettek, így nagy a valószínűsége, hogy a használt táptalaj befolyásolta a nőstényeket a tojásrakásban. A kedvelt nemzetségek az *Absidia*, *Fusarium* és *Aspergillus* voltak (Frouz és Nováková 2001).

A vizsgált 25 gombafaj szignifikáns hányada bár kedvelt választása volt a nőstényeknek, ugyanakkor a lárvák fejlődésének nem feleltek meg. Ennek megfelelően a nőstények által kevésbé preferált fajok lárvafejlődés szempontjából voltak alkalmasak. Ez a gombaszűnyogok és gombák közti „kétértelmű” kapcsolatból eredhet. Egyrészt a gombaszűnyog-lárváknak a fejlődésük szempontjából előnyös, ha fogyasztanak gombamicéliumot is, másrészt viszont bizonyos gombafajok képesek belenőni a sciarid-légy tojásokba, vagy csapdába ejteni a fiatal lárvákat, vagy elpusztult imágókat. Így egyes gombák táplálék forrásként használják a sciaridokat. Ezen felül a spórák terjesztése szempontjából előnyös a gombának, ha az imágók számára (akik könnyen viszik magukkal a szaporítóképleteket) csalogatóak.

### **Összefoglalás**

A gombatermesztésben előforduló rovarok közül a legveszélyesebbnek a gombaszűnyogok tekinthetők. Közvetlen (micélium/termőtest fogyasztása) és közvetett (vektortervekenység) károsításuk jelentős veszteséget okoz a gombatermesztésben. Gyakorlatilag

egész évben jelen vannak, valamint gyors szaporodásuk miatt nehéz az ellenük való védekezés. Hazánkban a termesztett gomba kultúrában engedélyezett kémiai rovarölő szerek száma egy, amely a kártevő gyors szaporodásával párosítva nagyban megnöveli a rezisztens populációk kiszelektálódásának esélyét. Így egyedül kémiai védelemre nem lehet alapozni a gombalegyek elleni védekezést, azt más egyéb módszerrel együtt kell alkalmazni. Mindemellett minden olyan ismeret, kutatás, amely a kártevővel, annak biológiájával, vagy a kártevő és gomba kapcsolatával foglalkozik, rendkívüli jelentőségű, mert ezen ismeretekre alapozva fejleszthetünk ki olyan védekezési eljárásokat, amelyek a későbbiekben kemikáliák alkalmazása nélkül tehetik majd lehetővé a gombaszúnyogok kiszorítását a termesztésből. Ilyen kutatás többet között az attraktáns és repellens illatanyagok vizsgálata, amelyek ismeretében új csapdák, vagy védekezési módszer jöhet létre a sciaridok ellen. Nagyon fontos kutatási téma a termesztésben használt csiperkevonalak vizsgálata a sciaridok tojásrakási preferenciájára és lárvák fejlődésére, hiszen ilyen célú vizsgálatokkal esélyünk nyílik olyan csiperkevonalakot szelektálni, amelyekre esetleg nem raknak előszeretettel az imágók tojást, vagy amelyek a lárvák fejlődését negatívan befolyásolják. Nem szabad elfeledkezni a biológiai védelemben felhasználható szervezetek folyamatos felkutatásáról sem, amely egy újabb lehetőséget nyújt a sciaridok elleni védekezésben. Üvegházi dísznövény- és zöldségtermesztésben a sciarid lárvák ellen ragadozóatkák alkalmazása már szokványos, de a gombatermesztésben való használatuk még nem kellően kidolgozott. A vizsgálatok előrehaladtával elképzelhető, hogy a jövőben a különböző talajlakó ragadozó atkák kijuttatása bevett termesztői gyakorlat lesz. A rovarok lárvái igen jelentős kárt okoznak a gombatermesztőknél, esetenként a károkozás olyan mértékű is lehet, hogy teljes termesztési hullámokat kell kidobni, amely jelentős bevételkiesést okoz. A letermett gomba mennyiségét és minőségét a sciaridok döntően befolyásolják ezért célszerű kiemelt

figyelmet fordítani rájuk, hiszen napjainkban a gazdaságos termesztést akár néhány kilógramm gomba hiánya is befolyásolhatja.

#### IRODALOM

- Andreadis, S.S., Cloonan, K.R., Myrick, A.J., Chen, H. and Baker, T.C.** (2015): Isolation of a Female-Emitted Sex Pheromone Component of the Fungus Gnat, *Lycoriella ingenua*, Attractive to Males. *Journal of Chemical Ecology*, 41:1127–1136.
- Aronson, A.I., Beckman, W. and Dunn, P.** (1986): *Bacillus thuringiensis* and related insect pathogens. *Microbiological Reviews*, 50(1): 1–24.
- Becker, N. and Margalit, J.** (1993): Use of *Bacillus thuringiensis israelensis* against mosquitoes and black flies. In: Entwistle, P.F., Cory, J.S., Bailey, M.J. and Higgs S. (eds) *Bacillus thuringiensis, An Environmental Biopesticide: Theory and Practice*. John Wiley & Sons Inc., New York, USA, 255–267.
- Binns, E.S.** (1980): Field and laboratory observations on the substrates of the mushroom fungus gnat *Lycoriella auripila* (Diptera: Sciaridae). *Annals of Applied Biology*, 96: 143–152.
- Binns, E.S.** (1981): Fungus gnats (Diptera: Mycetophilidae/Sciaridae) and the role of mycophagy in soil: a review. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 18: 77–90.
- Braun, S.E., Castrillo, L.A., Sanderson, J.P., Daughtrey, M.L. and Wraight, S.P.** (2010): Transstadial transmission of *Pythium* in *Bradysia impatiens* and lack of adult vectoring capacity. *Phytopathology*, 100: 1307–1314.
- Bulla, L.A. Jr, Bechtel, D.B., Kramer, K.J., Shethna, Y.I., Aronson, A.I., and Fitz-James, P.C.** (1980): Ultrastructure, physiology and biochemistry of *Bacillus thuringiensis*. *Critical Reviews of Microbiology*, 8(2): 147–204.
- Cardé, R.T. and Minks, A.K.** (1995): Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints. *Annual Review of Entomology*, 40: 559–585.
- Chang, S.-T. and Miles, P.G.** (2004): *Insect Diseases. In: Mushrooms Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact* second edition. CRC Press, New York, USA, 179–185.
- Charles, P.M.** (1971): *Insect-Pest Management and Control (Principles of Plant and Animal Pest Control, Volume 3)*. National Academy of Sciences, Washington, USA, 165–195.
- Cloyd, R.A.** (2015): Ecology of Fungus Gnats (*Bradysia* spp.) in Greenhouse Production Systems Associ-

- ated with Disease-Interactions and Alternative Management Strategies. *Insects*, 6(2): 325–332.
- Cloyd, R.A. and Dickinson, A.** (2006): Effect of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* and neonicotinoid insecticides on the fungus gnat, *Bradysia* sp. nr. *coprophila* (Lintner) (Diptera: Sciaridae). *Pest Management Science*, 62(2): 171–177.
- Cloyd, R.A., Dickinson, A., Larson, R.A. and Marley, K.A.** (2007): Phototaxis of Fungus Gnat, *Bradysia* sp. nr. *coprophila* (Lintner) (Diptera: Sciaridae), Adults to Different Light Intensities. *Horticultural Science*, 42(5): 1217–1220.
- Cloyd, R.A. and Zaborski, E.R.** (2004): Fungus gnats, *Bradysia* spp. (Diptera: Sciaridae), and other arthropods in commercial bagged soilless growing media and rooted plant plugs. *Journal of Economic Entomology*, 97(2): 503–510.
- Cornwell, P., Reddy, N., Leach, D.N. and Wyllie, S.G.** (2001): Germacradienols in the essential oils of the *Myrtaceae*. *Flavour and Fragrance Journal*, 16: 263–273.
- Delrio, G.** (1987): Mass trapping experiments to control the olive fruit fly in Sardinia. In: *Proceedings of the CEC/IOBC International Symposium, Rome, Italy, 07-10 April 1987*, 419–425.
- Fawzi, T.H. and Kelly, W.C.** (1982): Cavity spot of carrots caused by feeding of fungus gnat larvae. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 107: 1177–1181.
- Fletcher, J.T. and Gaze, R.H.** (2008): Pests. In: *Holleyman, C. (ed.): Mushroom Pest and Disease Control: A Color Handbook*. Grafos S.A., Barcelona, Spain, 140–166.
- Fletcher, J.T., White, P.F. and Gaze, R.H.** (1986): *Mushrooms – Pest and Disease Control*. Intercept Limited, Ponteland, UK, 103–121.
- Frouz, J.** (1999): Use of soil dwelling Diptera (Insecta, Diptera) as bioindicators: a review of ecological requirements and response to disturbance. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 167–186.
- Frouz, J. and Nováková, A.** (2001): A new method for rearing the sciarid fly, *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae), in the laboratory: possible implications for the study of fly – fungal interactions. *Pedobiologia*, 45: 329–340.
- Gardiner, R.B., Jarvis, W.R. and Shipp, J.L.** (1990): Ingestion of *Pythium* spp. by larvae of fungus gnat *Bradysia impatiens* (Diptera: Sciaridae). *Annals of Applied Biology*, 116: 205–212.
- Geösel A.** (2016): A termesztett csiperkegomba védelme. *Növényvédelem*, 52(9): 461–471.
- Gillespie, D.R. and Menzies, J.G.** (1993): Fungus gnats vector *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radicalycopersici*. *Annals of Applied Biology*, 123: 539–544.
- Gotoh, T., Nakamuta, K., Tokoro, M. and Nakashima, T.** (1990): Copulatory behavior and sex pheromones in sciarid fly, *Lycoriella mali* (Fitch) (Sciaridae: Diptera). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 43: 181–184.
- Gouge, D.H. and Hague, N.G.M.** (1995): The susceptibility of different species of sciarid flies to entomopathogenic nematodes. *Journal of Helminthology*, 69: 313–318.
- Grewal, P.S., Tomalak, M., Keil, C.B.O. and Gaugler, R.** (1993): Evaluation of a genetically selected strain of *Steinernema feltiae* against the mushroom sciarid *Lycoriella mali*. *Annals of Applied Biology*, 3: 695–702.
- Györfi J.** (2010): Kórokozók és kártevők a csiperke termesztésben. In: *Györfi J. (ed.): Gombabiológia, gombatermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest, Magyarország*, pp. 211–221.
- Hang, S.Q., Yong, S.M. and Hua, H.R.** (1992): Study on using insect-parasitic nematode to control *Lycoriella solani* on mushrooms. *Edible Fungi*, 14: 42–43.
- Hollingsworth, J.P., Wright, R.L. and Lindquist, P.A.** (1964): Radiant-energy attractants for insects. *Agricultural Engineering*, 45: 314–317.
- Hungerford, H.B.** (1916): *Sciara* maggots injurious to potted plants. *Journal of Economic Entomology*, 9: 538–549.
- Hurley, B.P., Slippers, B., Wingfield, B.D., Govender, P., Smith, J.E. and Wingfield, M.J.** (2010): Genetic diversity of *Bradysia difformis* (Sciaridae: Diptera) populations reflects movement of an invasive insect between forestry nurseries. *Biological Invasions*, 12: 729–733.
- Jess, S. and Bingham, J.F.W.** (2000): Biological control of sciarid and phorid pests of mushrooms with predatory mites from the genus *Hypoaspis* (Acari: Hypoaspidae) and the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*. *Bulletin of Entomological Research*, 94(2): 159–167.
- Jess, S. and Kilpatrick, M.** (2000): An integrated approach to the control of *Lycoriella solani* (Diptera: Sciaridae) during production of the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*). *Pest Management Science*, 56(5): 477–485.
- Jess, S. and Schweizer, H.** (2009): Biological control of *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) in commercial mushroom (*Agaricus bisporus*) cultiva-



- tion: a comparison between *Hypoaspis miles* and *Steinernema feltiae*. Pest Management Science, 65(11): 1195–1200.
- Kalb, D.W. and Millar, R.L.** (1986): Dispersal of *Verticillium albo atrum* by the fungus gnat (*Bradysia im-patiens*). Plant Disease Journal, 70: 752–753.
- Kiss L. és Péntzes B.** (2004): Gombalegyek (Sciaridae: *Lycoriella* spp.) migrációja gombapincében. Növényvédelem, 40(11): 551–557.
- Kostelc, J.G., Girard, J.E. and Hendry, L.B.** (1980): Isolation and identification of a sex attractant of mushroom-infesting sciarid fly. Journal of Chemical Ecology, 6: 1–11.
- Leal, W.S.** (2005): Pheromone reception. Topics in Current Chemistry, 240: 1–36.
- Lewandowski, M., Szyk, A. and Bednarek, A.** (2004): Biology and morphometry of *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae). Biology Letters, 41: 41–50.
- Liu, Y., Kono, Y. and Honda, H.** (2004): Effects of light intensity on reproductive behavior of male dark winged fungus gnat, *Bradysia paupera* (Diptera: Sciaridae) Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 2: 151–154.
- López-Pazos, S.A., Arias, A.C.R., Ospina, S.A. and Cerón, J.** (2010): Activity of *Bacillus thurigiensis* hybrid protein against a lepidopteran and coleopteran pest. FEMS Microbiology Letters, 302(2): 93–98.
- Mead, F.W. and Fasulo, T.R.** (2001): Darkwinged Fungus Gnats, *Bradysia* spp. (Insecta: Diptera: Sciaridae). Entomology and Nematology Department Series of Florida Univeristy, UF/IFAS Extension, 14: 1–3.
- Meers, T.L. and Cloyd, R.A.** (2005): Egg-laying preference of female fungus gnat *Bradysia* sp. nr. *coprophila* (Diptera: Sciaridae) on three different soilless substrates. Journal of Economic Entomology, 98(6): 1937–1942.
- Menzel, F. und Mohrig, W.** (2000): Äußere Morphologie und Terminologie. In: Stark, A. and Menzel, F. (eds): Revision der paläarktischen Trauermücken (Diptera, Sciaridae). [A Revision of the Palae-arctic Black Fungus Gnats (Diptera: Sciaridae)]. Ampyx-Verlag, Halle, Germany, 49–54.
- Nickle, W.R. and Cantelo, W.W.** (1991): Control of a mushroom-infesting fly, *Lycoriella mali*, with *Steinernema feltiae*. Journal of Nematology, 23: 145–147.
- Renn, N.** (1998): Routes of penetration of the Entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* attacking larval and adult houseflies (*Musca domestica*). Journal of Invertebrate Pathology, 72: 281–287.
- Richardson, P.N.** (1983): A new approach to mushroom pest control. In: Proceedings of the 10th International Congress of Plant Protection, Brighton, England, 20–25 November, 1983, 1113–1114.
- Scheepmaker, J.W.A., Geels, F.P., Van Griensven, L.J.L.D and Smits, P.H.** (1995): Control of the mushroom sciarid (*Lycoriella auripila*) and the mushroom phorid (*Megaselia halterata*) by entomopathogenic nematodes. Mushroom Science, 14: 491–498.
- Shamshad, A.** (2010): The development of integrated pest management for the control of mushroom Sciarid flies, *Lycoriella ingenua* (Dufour) and *Bradysia ocellaris* (Comstock), in cultivated mushrooms. Pest management Science, 66(10): 1063–1074.
- Shamshad, A., Clift, A.D. and Mansfield, S.** (2008): Toxicity of six commercially formulated insecticides against third instar larvae of mushroom sciarid, *Lycoriella ingenua* Dufour (Diptera: Sciaridae) in New South Wales. Australian Journal of Entomology, 47: 256–260.
- Smit, J.E., White, P.F., Edmondson, R.N. and Chandler, D.** (2006): Effect of different *Agaricus* species on the development of the mushroom sciarid fly *Lycoriella ingenua*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 120: 63–69.
- Szili I.** (2008): Gombatermesztők könyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- White, P.F.** (1985): Pest and Pesticides. In: Flegg, P.B., Spencer, D.M. and Wood, D.A. (eds) The Biology and Technology of the Cultivated Mushroom. John Wiley & Sons, New York, USA, 279–293.
- White, P.F.** (1986): The Effect of Sciarid Larvae (*Lycoriella auripila*) on the Yield of the Cultivated Mushroom (*Agaricus bisporus*). Annals of Applied Biology, 109(1): 11–17.
- White, P.F.** (1999): Comparative effects of three insect growth regulator insecticides and a dipteran-active strain of *Bacillus thuringiensis* on cropping of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. Annals of Applied Biology, 134(1): 35–43.
- Wicker-Thomas, C.** (2007): Pheromonal communication involved in courtship behavior in Diptera. Journal of Insect Physiology, 53: 1089–1100.

## INTERNETES HIVATKOZÁS

Internet 1: SunGrow termesztőközegek. [http://www.sungro.com/files/catalogues/SunshineMMTechno\\_Catalogue\\_2013.pdf](http://www.sungro.com/files/catalogues/SunshineMMTechno_Catalogue_2013.pdf). Lekérdezés ideje: 2016. 05. 20.

## SCIARIDS IN MUSHROOM CULTIVATION AND THEIR PEST MANAGEMENT

S. Kecskeméti<sup>1</sup>\*, J. Fail<sup>2</sup> and A. Geösel<sup>1</sup><sup>1</sup> Department of Vegetable and Mushroomgrowing, Faculty of Horticultural Sciences, Szent István University

H-1118 Budapest, Ménesi street 44. \*Kecskemeti.Sandor@kertk.szie.hu

<sup>2</sup> Department of Entomology, Faculty of Horticultural Sciences, Szent István University

H-1118 Budapest, Ménesi street 44.

We can often encounter with small, black, fly like insects in the ambience of potted ornamental and vegetable plats, which take wing from the moist soil grit. They tend to call these delicate creatures with many names like “peat-flies”, “shade-flies”, “fungus gnats”, “mushroom flies”, “sciarid-flies”, etc. We must nevertheless clarify that these names used “in practice” are not so accurate from a taxonomical or from a crop-damage standpoint. Because in the order Diptera these insects are not part of the suborder Brachycera but rather the suborder Nematocera, so taxonomically speaking they are relatives of mosquitoes (or gnats), so every name that mentions the creature as “fly” is wrong. At the same time, the term fungus gnat is also inadequate, as the family Sciaridae contains insects, which are pests of other cultures apart from cultivated mushrooms, like in forcing, or open field cultivation. In practice all of these names are commonly used. Because of the simple living conditions of which are required for these insects to thrive, we can encounter with sciarids in basically every horticultural crop. In mushroom cultivation the most serious damage is caused by the fungus gnats of the family Sciaridae. The larvae consume the organic matter in the compost, burrow themselves into the primordial mushrooms, and the imagoes are vectors of pathogenic fungi as well. Because of their fast reproduction rate and their constant presence in mushroom-houses all year, we must pay special attention to sciarids, starting from the spawning of phase II compost, to the end of the harvesting period. In Hungary, the number of authorized pesticides is extremely low in mushroom cultivation, so the growers have to primarily rely on preventive and alternative pest managing methods.

**Keywords:** Fungus gnats, whitebutton-mushroom cultivation, damage, pest management*Érkezett: 2017. június 26.***FONTOS KÖZLEMÉNYEK**

- **A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal felhívása az amerikai szőlőkabóca elleni védekezésre:**  
<http://portal.nebih.gov.hu/-/a-nemzeti-elelmiszerlanc-biztonsagi-hivatal-felhivasa-az-amerikai-szolokaboca-elleni-vedekezesre>
- **Légi növényvédelemhez hatósági engedéllyel rendelkező szervezetek:**  
<http://portal.nebih.gov.hu/-/legi-novenyvedelemhez-hatosagi-engedellyel-rendelkezo-szervezetek>
- **Engedélyezett és visszavont növényvédő szerek jegyzéke:**  
<http://portal.nebih.gov.hu/-/engedelyezett-es-visszavont-novenyvedo-szerek-jegyzeke-list-of-plant-protection-products-authorized-and-withdrawn>