



Doktori (PhD) értekezés tézisei

**A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* (BARNES))
rajzásdinamikája, napi aktivitása, előrejelzési módszerek
fejlesztésének lehetősége**

Sipos Kitti

Budapest

2012

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Dr. Tóth Magdolna
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem,
Kertészettudományi Kar,
Gyümölcsstermő Növények Tanszék

Témavezető: Dr. Pénzes Béla
egyetemi tanár, CSc
Budapesti Corvinus Egyetem,
Kertészettudományi Kar,
Rovartani Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Dr. Tóth Magdolna
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
Dr. Pénzes Béla
A témavezető jóváhagyása

1. A munka előzményei és a kitűzött célok

A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* BARNES) a málna egyik jelentős vesszőkárttevője. Közvetlen kártételét a sarjak repedéseiben, a málna szöveteivel táplálkozó lárvák okozzák. Ezen felül a sebzésen megtelepedő gombákkal (pl. *Leptosphaeria coniothyrium*) együttesen hozzák létre a málna vesszőpusztulása néven összefoglalható tünetcsoportot. A kártevő elleni védekezésre az első nemzedék tömeges repülése idején kerülhet sor, tekintettel arra, hogy a későbbi nemzedékek elhúzódó rajzása a virágzás, ill. a termésérés idejére esik.

A málna integrált védelmének számos nyitott kérdése között a málnavessző-szúnyog elleni védekezés hangsúlyozottan szerepel, amelyben a kártevő elleni időzített védekezés meghatározó jelentőségű. Munkám célja a kártevő előrejelzésének a hőösszeg-számításon alapuló módszerének kidolgozása volt. Egy kártevő faj előrejelzése abban az esetben lehetséges, ha részletesen ismerjük a faj biológiáját és életmódját, ezért munkám során hangsúlyt fektettem a kártevő életmódjának és fejlődésének pontos megismerésére. Az elmúlt közel 50 évben számos megfigyelést végeztek a fajjal kapcsolatban, azonban úgy vélem, hogy a faj szexferomonjának azonosítása, valamint a szexferomon csapda kereskedelmi forgalomba hozatala új távlatokat nyitott a faj kutatásának. A szexferomon lehetőséget ad a faj hímjeinek monitorozására. E csapdát Magyarországon a Rovartani Tanszék munkatársai tesztelték és alkalmasnak találták a faj hím imágóinak megfigyelésére.

A kutatásaim és megfigyeléseim során a málnavessző-szúnyog elleni védekezés optimális idejének előrejelzését tűztem ki célul. A kártevők előrejelzéséhez, így a málnavessző-szúnyog esetén is szükséges a faj életmódjának és biológiájának széleskörű ismerete. A munkám során szabadföldi és laboratóriumi vizsgálatokat egyaránt végeztem. A szabadföldi megfigyelések során szexferomon csapdát használtam a hímek éves rajzásának követéséhez, valamint a napi aktivitás vizsgálatokhoz. A nőstényeknél a napi aktivitás vizsgálat során a tojásrakási időszakot határoztam meg, amelyhez mesterségesen sebzett sarjak módszerét használtam. A laboratóriumi vizsgálatok során a kártevő fejlődéséhez szükséges alsó fejlődési küszöbhőmérsékletet (biológiai nullpontot), valamint a fejlődési időt (effektív hőösszeg) határoztam meg. Az egyes fejlődési szakaszokra kiszámoltam ezeket az értékeket, azonban a kártevő előrejelzéséhez a bábstádiumhoz tartozó biológiai nullpont és effektív hőösszeg szükséges.

Munkám célja:

- A málnavessző-szúnyog imágók napi aktivitásának leírása.
- A meteorológiai állomással kombinált automatizált rovarcsapda tesztelése és fejlesztése.
- A málnavessző-szúnyog biológiai nullpontjának és fejlődési idejének meghatározása.
- A málnavessző-szúnyog első nemzedékének előrejelzése hőösszegszámítás alapján.
- Az éves rajzásdinamika alakulásának megismerése a hőmérséklet függvényében.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Megfigyeléseimet egy tradicionális málnatermesztő körzetben, Berkenyén (Nógrád megye), a Berkenye Faluszövetkezet tulajdonában álló *Autumn Bliss* és *Fertődi zamatos* málnafajtájú ültetvényben végeztem 2006–2010 között.

2.1. A málnavessző-szúnyog imágók aktivitásvizsgálata

A nőstény imágók aktivitását a tojásrakási ritmusok alapján mértem fel, amely vizsgálat során a málna sarjakon egy 10 cm hosszú mesterséges sebzést ejtettem. A vágást követően az epidermiszt elválasztottam az alatta lévő szövetektől, így tojásrakásra alkalmas seb alakult ki a növényen. A bevágáskor a sarjakat szigetelőszalaggal jelöltem meg. A tojásrakásra vonatkozó eddigi irodalmi adatok alapján a sebzéseket a növény alsó 50 cm-es részén végeztem el. A megsebzett sarjakat a lerakott tojások számának megállapításához meghatározott időközönként kivágtam az ültetvényből. Amennyiben a kivágás után a sarjakat nem tudtam közvetlenül értékelni, a sarjnak a sebzést tartalmazó részét lezárt nylon zacskóban tároltam leszámolásig, így megvédtem a kiszáradástól.

A tojásrakás idejének megállapításához szükséges sarjvizsgálatot az ültetvényen belül véletlenszerűen kiválasztott sorokban végeztem.

A vizsgálat két fő részből állt:

2007. július 13–július 15. között naponta, a nappali órákban zajló tojásrakási időszak megállapításához 9-20 óra között minden egész órában megsebztem 20 sarjat, majd egy óra elteltével kivágtam ezeket, és megszámláltam a lerakott tojásokat. Minden sarj egy órát volt az ültetvényben a sebzést követően. Így képet kaptam a tojásrakási időszakról. Ezt megismételtem

2007. augusztus 3–6. között is, valamint 2008-ban, ekkor azonban már csak tíz sarjat vizsgáltam óránként.

Ezt követően kizárólag a délutáni-esti órák tojásrakási ritmusát figyeltem meg. Délután közel azonos időben (17:35–17:50 óra között) sebztem meg sarjakat, amelyekből 60, 90, 120, 150 és 180 perc múlva vágtam ki 10 sarjat. Ennek kiegészítésére 2007. július 17-én, július 18-án és július 20-án 17:30–20:30 óra között 30 percenként megvágtam 10 sarjat, melyeket 30 perc elteltével kivágtam és megnéztem a lerakott tojások számát.

Nemcsak a tojásrakás időszakát, hanem a sebzett sarjak nőstényekre gyakorolt csalogató hatását is vizsgáltam. A vizsgálat célja annak megállapítása volt, mennyi ideig bocsát ki a növény a nőstények számára vonzó illatot, vagyis mennyi idő alatt záródik a sebzés. Ehhez reggel azonos időben megsebzett sarjakat használtunk, amelyekből óránként meghatározott mennyiséget kivágtunk. A vizsgálat 8-21 óra között zajlott.

2007 júliusában reggel 9–10 óra között megsebzettünk 220 sarjat, amelyből óránként 20 sarjat eltávolítottunk a sorból, és sztereomikroszkóp alatt megszámloltuk a tojások számát. Az augusztusi vizsgálatkor, valamint a 2008-ban elvégzett ismételt vizsgálatok során már csak óránként 10 sarjjal dolgoztunk, melyeket reggel 7-8 óra között sebzettünk meg.

Vizsgálatok pontos dátuma:

2007. július 13., 14., 15., 17., 18., 20. és augusztus 3., 4., 5.

2008. május 9., 11., június 16., 20., 23. és augusztus 11., 13., 21.

A hímek aktivitását a kereskedelmi forgalomban lévő delta típusú szexferomon csapdával (AgriSense Ltd.) (2007), valamint egy automatizált szexferomon rovarcsapdával (2008-2009) követtem.

A szexferomon csapda egy fehér színű deltacsapda, alsó részében, vízszintesen egy 20 x 20 cm-es ragacsos lappal. A lap felett középen a csapda tetejére felfüggesztett kapszula található. 2007-ben egy-egy nemzedék tömeges rajzásakor végeztem napi aktivitás vizsgálatot. A megfigyeléshez négy csapdatestet, egymástól körülbelül 30 m-es távolságban az ültetvény (Berkenye, *Autumn Bliss*) közepén, a támrendszerhez 50 cm magasságban rögzítettem. Minden vizsgálati napon új ragacsos lapokat tettem a csapdádba. A megfigyelési napok július 13., július 14., július 15., augusztus 3., augusztus 4., augusztus 5. és augusztus 6. voltak. Ezekben a napokon reggel 8 órától este 20 óráig követtem a rajzást, kivétel az első nap, amikor 17 órakor olvastam le utoljára a csapdák fogását, majd a leolvasást másnap reggel végeztem el.

Az automatizált szexferomon rovarcsapda kitalálója Dr. Markó Márton (MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont), tervezője és kivitelezője Madár Sándor (Madomat Kft.) volt, szintén a hímek napi aktivitásának felmérését szolgálta. A készülék folyamatos követést tett lehetővé. A csapdában az AgriSense Ltd. által forgalmazott málnavessző-szúnyog szexferomon kapszulát használtam. A rovarcsapda része egy számítógépes rendszer és egy kamera. A számítógépes

egység vízszigetelt dobozban kapott helyet. A kamera időzíthető, így előre beállítható időben (óránként, naponként, hetenként stb.) készít képet a ragacsos lapra ragadt egyedekről, majd az adatokat elmenti saját memóriájába. A meteorológiai állomás egy külső és belső hőmérséklet- valamint páratartalom mérő, egy légnyomásmérő, egy szélmérő és egy csapadékmérő szenzor részekből áll. A készülék a mentett képeket és a begyűjtött meteorológiai adatokat egy központi szerverre továbbítja internetes kapcsolaton keresztül. A működéshez szükséges energiát napelem szolgáltatja, amelyet akkumulátor tárol, így külső áramforrásra nincs szükség az üzemeltetéséhez. Az eszközzel egy talajba süllyeszthető állványzaton rögzített, a napelem az állványzat csúcsán, a szélmérő és a csapadékmérő pedig a függőleges főtengelytől 50–50 cm-re kilógó keresztrúdon helyezkedik el, így bármilyen irányból érkező csapadék felfogására alkalmas. A saját állvány lehetővé teszi, hogy szinte bármilyen kultúrában (támrendszeres vagy támrendszer nélküli, kertészeti vagy szántóföldi kultúrában, szabadföldön vagy növényházban) használható. A főtengelyen kapott helyet egy két oldalán nyitott doboz, amelyben a szexferomon kapszula, a ragacsos fogófelület, továbbá a kamera a hozzá tartozó, az éjszakai felvétel készítéséhez szükséges megvilágító egységgel található. A rovarcsapda háza különböző magasságokban rögzíthető az állványzathoz, így különböző vertikális szinteken repülő rovarok csapdázására használható (0–3 m). A kísérletemben a csapdaházat úgy rögzítettem az állványzathoz, hogy a feromon kapszula megközelítőleg 50 cm-es magasságban legyen. A készüléket 2008-ban telepítettem ki egy *Fertődi zamatos* ültetvénybe (Berkenye), ahol közel egy hónapig üzemelt május 9–június 26. között. Ez tesztelési időszak volt, sajnos nem folyamatosan rögzítette az adatokat. 2009-ben májustól október elejéig *Autumn Bliss* ültetvényben (Berkenye) üzemeltettem. A területen két rovarölő szeres kezelést végeztek (május 3-án és május 15-én) *cipermetrin* hatóanyagú Cyper készítménnyel. A ragacsos lapokat megközelítőleg hetente, a szexferomon kapszulát havonta cseréltem. A készülék által, a ragacsos lapról óránként rögzített képeken számoltam meg a lapra ragadt hímeket.

2.2. Az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és az effektív hőösszeg kiszámítása

A málnavessző-szúnyog imágói ellen a védekezés idejének előrejelzését hőösszeg-számításra kívántam alapozni. Az irodalmi adatok áttekintését követően a biológiai nullpont ismeretének hiányában, valamint a fejlődési idő ismeretének hiányában laboratóriumi méréseket végeztem.

A biológiai nullpont meghatározásához öt standard hőmérsékleten (18 °C, 20 °C, 23 °C, 25 °C és 30 °C) neveltem ki a málnavessző-szúnyog egy-egy nemzedékét. Minden esetben egyidős tojásokat helyeztem a klímasekrénybe, amelyeket szabadföldről gyűjtöttem be. A tojások begyűjtése mesterségesen

sebzett sarjak módszerével történt. A sebzéseket 16–17 óra között végeztem el 100–200 sarjon hőmérsékletenként, majd ugyanazon a napon 20 óra után kivágtam a megsebzett sarjakat és a sebzést tartalmazó részt laboratóriumba szállítottam. A tojásokat tartalmazó nagyjából 10 cm hosszú sarjdarabokat zárható műanyag edénybe helyeztem egy vízzel nedvesített (180 µl) papírlapra. Ez utóbbi biztosította a megfelelő páratartalmat és nedvességet a sarjaknak és a fejlődő lárváknak. A műanyag edényt klímaszekrénybe (SANYO Versatile environmental test chamber MLR-352H) helyeztem, és naponta (24 óránként) ellenőriztem és jegyeztem fel a lárvák fejlődési stádiumát. Amíg a lárvák a sarjakon táplálkoztak, nem tudtam elkülöníteni őket, így csak a tömeges lárvakelés idejét határozhattam meg. Azonban a sarj elhagyása után elkülönítettem a vesszőt elhagyó kifejlett lárva (előbáb), a báb és az imágó fejlődési stádiumokat. A sarjak elhagyását követően, vagyis amikor szabadföldi körülmények között a kifejlett lárvák a talajra esnek, és leássák magukat, egyesével Eppendorf-csővekbe helyeztem át a lárvákat egységes méretű, 75 µl vízzel nedvesített papírra. A felvételezést az imágók elpusztulásáig folytattam, de a biológiai nullpont meghatározásához a teljes nemzedék esetén az imágók kifejlődésének napját használtam, mert az eddigi irodalmi adatok alapján az imágók kifejlődésüket követően azonnal párosodnak és ezt követően a nőtények lerakják tojásaikat a sarjak sebzéseibe.

Az öt különböző állandó hőmérsékleten végzett nevelési kísérlet eredményeként rendelkezésre állt a tojás, a lárva, az előbáb (vesszőt elhagyó kifejlett lárva), a báb és az imágó fejlődési stádiumok eléréséhez szükséges napok száma. A kapott értékek alapján kiszámoltam az átlagos fejlődési időt [nap] az előbb felsorolt fejlődési stádiumokra vonatkozóan. A fejlődési időből fejlődési rátát ($[1/\text{nap}]$) számoltam, majd a fejlődési rátát a hőmérséklet függvényében ábrázoltam fejlődési stádiumonként. A pontokra lineáris regressziós egyenest illesztettem, majd a kapott egyenlet alapján kiszámoltam a biológiai nullpontot (alsó fejlődési küszöbérték; LDT) és az effektív hőösszeget (SET).

$y = a + bx$ (regressziós egyenes egyenlete)

$(x_0; y_0)$ – a regressziós egyenes egyenletének egy pontja

b – meredekség

a – konstans, amelyre teljesül $a = y - bx$

LDT = $-a/b$

LDT – alsó fejlődési küszöbérték

a – konstans

b – meredekség

SET = $1/b$

SET – effektív hőösszeg

b – meredekség

A kártevő tömeges rajzásának előrejelzéséhez a bábstádium biológiai nullpontja szükséges, mert a kártevő kifejlett lárvaként tölti a telet a talajban. Vagyis az első nemzedék tömeges rajzására a bábstádiumnál kiszámolt effektív hőösszeg elérése után számíthatunk.

2.3. A málnavessző-szúnyog hímek monitorozása szexferomon csapdával

A laboratóriumi mérések alapján kapott értéket szabadföldi mérések alapján történő teszteléséhez Berkenyén (Nógrád megye) 2006–2010 között szabadföldi megfigyeléseket végeztem egy málnaültetvényben.

A málnavessző-szúnyog hím imágók rajzását hagyományos szexferomon csapdával követtem. A csapdatestet 50 cm magasságban a támrendszerhez rögzítettem, egymástól kb. 30 m-es távolságban az ültetvény közepén. Minden évben két-két csapdatestet helyeztem ki *Autumn Bliss* ültetvénybe Berkenyén. A rovar rajzását áprilistól szeptember végéig–október elejéig követtem. A ragacslapokat hetente, a kapszulákat havonta cseréltem a csapdákbán. A fogások leolvasása hetente történt. A ragacslapokra ragadt rovarokat sztereomikroszkóp segítségével azonosítottam.

2.4. Hőmérsékleti adatok mérése szabadföldön

A hőösszeg-számításhoz egy automata talaj-és léghőmérővel (TGP-4510) minden vizsgálati évben (2006–2010.) félóránként mértem, és rögzítettem a hőmérsékleti adatokat. A talajhőmérő szenzorát 10 cm mélyen a talajba szúrtam, míg a léghőmérőt 50 cm magasságban a támrendszerhez rögzítettem. Az adatokból 24 órás átlagot számoltam. 2009-ben sajnos a hőmérőt eltulajdonították, így csak június 30-ig rendelkezem hőmérsékleti adatokkal.

A málnavessző-szúnyog alsó fejlődési küszöbhőmérséklet feletti napi átlag talajhőmérsékletet és léghőmérsékletet összegeztem az első nemzedék tömeges repülésének előrejelzéséhez.

2.5. Statisztikai módszerek

A hagyományos szexferomon csapdák, valamint az automatizált szexferomon rovarcsapda fogási adatait Paired Sample Test alapján értékeltem az SPSS programcsomaggal.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Az automatizált rovarcsapda tesztelése

A vizsgálat során megállapítottam, hogy az automatizált, meteorológiai állomással egybeépített szexferomon rovarcsapda alkalmas a málnavessző-szúnyog hímek megfigyelésére. A készülék a gyakorlati növényvédelemben a kártevő rajzásmegfigyelésére, továbbá a faj biológiájának részletesebb megismerésére (napi aktivitás, rajzásmenet, szaporodási idő meghatározása, vertikális elhelyezkedés) is alkalmas.

A málnavessző-szúnyog szexferomon csapdák fogásait, valamint az ugyanarra a területre kihelyezett távcsapda fogásait összehasonlítottam. A statisztikai értékelés alapján a fogások nem különböztek egymástól. Ezek alapján mind a rovarcsapda ház kialakítása, mind a házon lévő nyílások megfelelő méretűek, az illatanyag terjedése jó. A kamera felbontása, és az általa küldött képek minősége alkalmas az egyedek azonosítására. A napelem által biztosított energia elegendő a számítógép, a kamera és a világítás üzemeltetésére.

A fogási adatokat naponkénti vetületben is elemeztem. Egy-egy hónap során a napi fogások száma jelentősen ingadozott, de általában 20–60 hím repült a csapdába. Májusban fogtam a legkevesebb, míg augusztusban a legtöbb hímét. Májusban végeztek rovarölő szeres kezelést az imágók ellen, amely feltehetően visszavethette rajzásukat. Ezt követően hónapról-hónapra emelkedett a fogások száma augusztusig.

A napi fogási adatok alapján megállapítottam, hogy a ragacslapok a cserét követően 2–3 napig fogják biztonsággal a hímeket. Ezután csökken, gyakran leáll a hímek csapdára repülése. A jelenséget akkor is megfigyeltem, amikor a ragacslap felülete elpusztult egyedekkel még nem telítődött a csapdában. Ezért a rovarcsapda a málnavessző-szúnyog csapdázása esetében sajnos nem nélkülözheti a rendszeres felügyeletet, mert a ragacsos lapok automatikus cseréje nem megoldott. Tapasztalataim alapján a megfigyelt fajnál a ragacsos lapok cseréje, telítődéstől függetlenül legkésőbb három–négy naponként szükséges a folyamatos monitorozáshoz.

3.2. Az imágók aktivitásának feltérképezése

Vizsgálataim során meghatároztam a málnavessző-szúnyog hím és nőtény imágók napi aktivitását.

Hímek esetén szabadföldi szexferomon csapdás megfigyeléseket végeztem hagyományos (a kereskedelmi forgalomban lévő) delta (AgriSense Ltd.), valamint automatizált szexferomon rovarcsapdával. Az óránként fogott egyedszámok alapján a málnavessző-szúnyog hímek mérsékelt egyedszámban, de folyamatosan

repülnek nappal a szexferomonra. Két rajzáscsúcs különíthető el, egy délelőtti, és egy erősebb kora esti csúcs rajzolódik ki. 16 órától sötétedésig repültek intenzíven a szexferomonra a hímek. A délelőtti csúcs gyakran elmarad, de az esti erős rajzás mindig jelentkezik. Megállapítottam, hogy csapadékos időszakokban, erős szélben nem repül a faj a csapdára.

A nőstények aktivitásának vizsgálata során a mesterségesen sebzett sarjakra történő tojásrakást figyeltem meg. Elkülönítettem egy esti, erős aktivitást, amely késő délutántól sötétedésig tartott. Az esti tojásrakási vizsgálatok során megállapítottam, hogy sötétedés előtti időszakban, körülbelül fél órával korábban csökken a tojásrakási kedv.

Mivel a fogott hímek száma alapján napközben kevésbé érvényesült a szexferomon vonzó hatása, ezért feltehetően a nemek egymásra találása az általam tapasztalt esti órákban mehet végbe. Ezt a megállapítást alátámasztják a nőstényekkel végzett tojásrakási időszak megfigyelésének eredményei is.

Megállapítottam, hogy bár a nem öntözött állományokban, száraz évben a sarjakon keletkező sebek gyorsan záródnak, egy átlagos évben a reggeli órákban keletkezett sebzések este is megfelelőek a petezéshez.

3.3. A málnavessző-szúnyog fejlődési idejének meghatározása

Laboratóriumi vizsgálatok során meghatároztam a málnavessző-szúnyog egy nemzedékének, valamint egyes fejlődési alakjainak (pete-L3; előbáb; báb; imágó) alsó fejlődési küszöbhőmérsékletét, valamint a kifejlődéséhez szükséges effektív hőösszeget. A különböző hőmérsékleteken eltérő egyedszámban sikerült a kártevő kinevelése. Ennek oka feltehetően a kevésbé előnyös hőmérsékleti pontokon (pl. 18 vagy 30 °C) való nagyon lassú, vagy nagyon gyors fejlődés. Egy nemzedék kifejlődéséhez szükséges idő a hőmérséklet emelkedésével csökkent. Egy-egy fejlődési stádium esetén is, kivéve a bábstádiumot, ahol 30 és 25 °C-on ugyanannyi idő alatt fejlődtek.

Egy nemzedék kifejlődése vizsgálataimban 30 °C-on 19 nap, 25 °C-on 23 nap, 23 °C-on 26 nap, 20 °C-on 36 nap és 18 °C-on. A lárvák a sarjat 30 °C-on 9 nap, 25 °C-on 11 nap, 23 °C-on 13 nap, 20 °C-on 18 nap, 18 °C-on 25 nap után hagyják el és esnek a talaj felszínére. Mérésem alapján 30 °C-on 15 nap, 25 °C-on 12 nap, 23 °C-on 13 nap, 20 °C-on 19 nap, 18 °C-on 37 nap tölt előbáb és báb a talajban. Az imágók életidejét is vizsgáltam, két napig éltek 23, 25 és 30 °C-on, három napig 20 °C-on és négy napig 18 °C-on.

Egy teljes nemzedék kifejlődéséhez 12,3 °C felett ($R^2=0,95$) 345 nap °C szükséges. Magyarországon az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet feletti effektív hőmérsékletek alapján 2006–2010 között három nemzedéke volt, kivéve 2007-ben, amikor egy negyedik nemzedéke is kifejlődhetett a rendelkezésre álló effektív hőösszeg szerint.

A sebzésekben élő fejlődési alakok (pete-L3) 12,3 °C felett 159 nap °C-ot ($R^2=0,99$) töltenek a sarjon. A talajban fejlődő előbáb 16 °C felett 59 nap °C alatt alakul át bábbá ($R^2=0,90$). A bábból 7,3 °C felett 116 nap °C fejlődnek ki az imágók ($R^2=0,90$). Az imágók 10,8 °C felett 33 nap °C ideig élnek ($R^2=0,97$).

3.4. A málnavessző-szúnyog elleni védekezés időzítése

Laboratóriumi méréseim alapján megállapítottam, hogy a talajban áttelelt lárva 7,3 °C felett bábozódik, majd ezt követően az imágók tömeges megjelenése 116 nap °C után várható, vagyis e hőösszeg elérése után a védekezés javasolt az imágók ellen.

A kísérletesen úton meghatározott előrejelzési modellt szabadföldön végzett megfigyelések alapján teszteltem. 5 év során (2006–2010) gyűjtött talaj- és léghőmérsékleti adatok alapján napi átlagot számoltam, majd a laboratóriumi mérések alapján meghatározott biológiai nullpont feletti hőmérsékleteket összegeztem, és meghatároztam azt a dátumot, amikor az általam megállapított effektív hőösszeg összegyűlt. Mind az öt évben a talajhőmérséklet +7,3 °C fölé március harmadik dekádjában emelkedett. A 116 nap °C általában április harmadik dekádjára összegyűlt minden évben, kivéve 2010-ben, amikor május első dekádjában érte el ezt az értéket az effektív hőösszeg. Érdekes azonban, hogy ebben az esztendőben emelkedett a talajhőmérséklet a legkorábban +7,3 °C fölé, de a korai felmelegedést követően vontatottan emelkedett a talajhőmérséklet.

A számolt tömeges rajzás dátumát összevettem a szabadföldön, szexferomon csapdákkal végzett rajzásmegfigyelés adataival. Ezeket a megfigyeléseket heti csapdaleolvasással végeztem, így az effektív hőösszeg értékekre értéktartományt tudtam megadni. 2006-ban 131–176 nap °C (május 1–9.) között tapasztaltam tömeges repülést az áttelelést követően, ez 2–10 nappal volt később, mint ahogy a számításaim szerint vártam (2006. április 29.). Fontos, hogy a megfigyeléseim alapján a hímek nem a teljes héten át repültek a csapdákra, hanem csak az első 1–3 napban. Így feltehetően május 1–3. között lehetett a tömeges repülés, amely mindössze 2–4 nappal következett be a vártnál később. 2007-ben 107–164 nap °C (április 19–26.) között repültek a legnagyobb számban hímek a csapdára az első nemzedék idején. Számolásom alapján ideális esetben április 21-én lett volna. 2008-ban 132–186 nap °C (május 2–9.) között volt a tömeges repülés. A 116 nap °C-t április 30-án érte el a hőösszeg. 2009-ben április 20-án érte el az effektív hőösszeg az általam számolt értéket, a tömeges repülés ideje (április 19–24.) e körül volt 108–145 nap °C között. 2010-ben ehhez hasonlóan, a számolt nap (május 7.) beleesett a tapasztalt tömeges repülési időbe (május 5–12.), amely 109–156 nap °C között volt.

Az ötéves szabadföldi megfigyelési eredmények alapján bebizonyosodott, hogy Magyarországon az általam számolt értékek jól használhatóak az imágók tömeges repülésének előrejelzéséhez.

A javasolt előrejelzési módszer szerint tél végétől javasolt talajhőmérővel 10 cm mélységben követni a napi középhőmérsékleteket. A 7 °C-ot meghaladó napi értékek összegzésével 116 nap °C elérését követően várhatjuk a hímek tömeges repülését, vagyis javaslatom szerint ekkor célszerű védekezni a kártevő ellen.

4. ÚJ EREDMÉNYEK

- 1) Az automatizált, meteorológiai állomással egybeépített szexferomon rovarcsapda alkalmas a málnavessző-szúnyog hímek rajzásmegfigyelésére.
- 2) A szexferomon csapdával végzett óránkénti megfigyelés alapján málnavessző-szúnyog hímek tömegesen az esti órákban (16–21 óra) rajzanak.
- 3) A nőstények mesterségesen sebzett sarjak módszerével követett tojásrakási aktivitása egy erős esti csúcsot mutat, amely késő délutántól sötétedésig tart.
- 4) Meghatároztam a málnavessző-szúnyog egy nemzedékének (12,3 °C felett 345 nap °C), a sebzésekben élő fejlődési alakok (pete-L3) (12,3 °C felett 159 nap °C), az előbáb (16 °C felett 59 nap °C) és a báb (7,3 °C felett 116 nap °C) alsó fejlődési küszöbhőmérsékletét és a fejlődésükre vonatkozó effektív hőösszeget.
- 5) Magyarországon az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és az effektív hőösszeg alapján a málnavessző-szúnyog háromnemzedékes faj, esetlegesen egy csonka negyedik nemzedék is lehet.
- 6) Meghatároztam és teszteltem a málnavessző-szúnyog elleni optimális védekezés idejét hőösszeg-számítás alapján (7 °C talajhőmérséklet felett 116 nap °C).
- 7) Megállapítottam, hogy száraz években bár a sebek gyorsan záródnak a sarjakon, de egy átlagos évben nem. A sarjsérülésekkel járó munkák kerülendőek az ültetvényben, hiszen az esti időszakban a nap bármely szakában keletkezett sebek alkalmasak tojásrakásra.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

IF-es folyóiratcikk

Sipos, K., Madár S., Markó M. and Péntzes, B. (2012): The possibility of automation of sex pheromone trapping: Tested on *Resseliella theobaldi* (BARNES) (Dip., Cecidomyiidae). African Journal of Agricultural Research, 7 (5): 1410-1413. (IF: 0,263 – 2011)

Nem IF-es folyóiratcikk

Vétek G., Szabó Y., Sárosi É., **Sipos K.**, Haltrich A., Fail J., Hajdú Zs., Szabó Á., Hári K. és Péntzes B. (2010): A málnaültetvények integrált védelmének fejlesztését elősegítő rovarügyi kutatások eredményei. Kertgazdaság, 42 (1): 50–57.

Sipos, K. and Péntzes, B. (2010): Study on the time of emergence of the first generation of raspberry cane midge (*Resseliella theobaldi* BARNES). International Journal of Horticultural Science, 16 (2): 43–46.

Sipos K., Vétek G. és Péntzes B. (2009): A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* BARNES) előrejelzési módszerének fejlesztése. Növényvédelem, 45 (7): 337-342.

Sipos, K., Markó, M., Péntzes, B. and Vétek, G. (2008): Study on the emergence of the raspberry cane midge (*Resseliella theobaldi* BARNES) on the basis of temperature data and catches of sex pheromone traps. International Journal of Horticultural Science, 14 (4): 23–26.

Egyéb cikk

Sipos K. (2010): A málnavessző-szúnyog megfigyelése egy málnatermesztő körzetben. Agroinform, 19 (9): 27.

Hazai konferencia kiadvány

- Sipos K.** és Péntzes B. (2010): A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* BARNES) rajzásdinamikája a hőmérséklet függvényében. 15. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum, Debrecen, 2010. október 20-21. Agrártudományi Közlemények, Acta Agararia Debreceniensis, 2010/39. Különszám, pp. 61-64. ISSN: 1587-1282.
- Sipos K.**, Fejes-Tóth A., Balog F. és Péntzes B. (2009): A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* BARNES) diszperziója. *Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak*. 2009. október 28-30., Budapest. Book of Abstract, pp. 214-215.
- Sipos K.** (2009): A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* BARNES) rajzásdinamikája és napi aktivitása. XXIX. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Agrártudományi Szekció, 2009. április 6-8., Gödöllő. Előadások összefoglalói, pp. 258.
- Sipos K.**, Markó M., Ferenczy A. és Péntzes B. (2008): A talaj és levegő hőmérsékletének hatása a málnavessző-szúnyog rajzására. VIII. Magyar Biometriai és Biomatematikai Konferencia. 2008. július 1-2., Budapest. p.27.
- Sipos K.** (2007): A málnavessző-szúnyog (*Resseliella theobaldi* BARNES) előrejelzési módszerének fejlesztése. XXVIII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Agrártudományi Szekció, 2007. április 16-18., Debrecen. Előadások összefoglalói, pp. 242.

Nemzetközi konferencia kiadvány

- Sipos, K.** and Péntzes, B. (2011): Daily activity of the raspberry cane midge male (*Resseliella theobaldi*, BARNES) based on the data of the draughts of the sex pheromone traps. Pheromones and other semio-chemicals, IOBC/wprs Bulletin 72: 3-5.
- Sipos, K.**, Madár, S. and Péntzes B. (2011): A possibility of automated prediction of pests. Integrated Plant Protection of Soft Fruits, IOBC/wprs Bulletin, 70: 143-146.
- Sipos, K.** and Péntzes, B. (2011): The biology, lifestyle and control of raspberry cane midge (*Resseliella theobaldi* BARNES). Global Conference on Entomology, March 5-9, 2011 Chiang Mai, Thailand. Programme and Abstracts. p. 598.
- Sipos, K.**, Véték, G. and Péntzes B. (2010): Monitoring raspberry cane midge (*Resseliella theobald* BARNES) in Hungary. IXth European Congress of Entomology, 22-27 August 2010, Budapest, Hungary. Programme and Book of Abstracts. p. 171.

EGYÉB KÖZLEMÉNYEK

Nem IF-es folyóiratcikk

- Sipos, K.** and Péntzes, B. (2012): Daily activity of *Tuta absoluta* MERYICK based on the data of automatic sex pheromone trap catches. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology (in press)
- Hajdú Zs., **Sipos K.**, Szabó Á. és Péntzes B. (2009): Fitofág és zoofág atkapopulációk málnaültetvényben. Növényvédelem, 45 (10): 529-533.

Egyéb cikk

- Sipos K.**, Fejes - Tóth A., Pásztor B., Vétek G., Péntzes B., Míg J. és Tóth M. (2012): Nyáron rajzó cserebogarak csapdázása. Agrofórum, 23 (5): 50-52.
- Sipos K.**, Mándoki Z., Péntzes B., Míg J. és Tóth M. (2011): Zöldszínű cserebogarak kártétele és csapdázása. Agrofórum, 22 (4): 52-54.

Hazai konferencia kiadvány

- Sipos K.**, Farkas P., Pásztor B., Vétek G. és Péntzes B. (2012): A dél-amerikai paradicsommoly (*Tuta absoluta*) imágók repülési aktivitása növényházban. 58. Növényvédelmi Tudományos Napok. 2012. február 21-22. Budapest. p.19.
- Sipos K.**, Hári K., Mándoki Z., Míg J., Pásztor B., Vétek G., Péntzes B. és Tóth M. (2011): A kunsági zöld cserebogár (*Anomala solida*) kártétele és rajzásának megfigyelése feromoncsapdával. 57. Növényvédelmi Tudományos Napok. 2011. február 21-22., Budapest. p.8.
- Hajdú Zs., **Sipos K.**, Szabó Á. és Péntzes B. (2009): Fitofág és zoofág atkapopulációk málnaültetvényben. 55. Növényvédelmi Tudományos Napok. 2009. február 23-24., Budapest. p.61.

Nemzetközi konferencia kiadvány

- Sipos, K.** and Péntzes, B. (2011): Daily activity of *Tuta absoluta* based on the data of an automatic sex pheromone trap catches. IOBC/FAO/EPPO/NEPPO International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer). Abstracts' Book. Agadir, Morocco, November 16-18 2011. p.49.