



**AZ INVAZÍV KANYARGÓS SZILLEVÉLDARÁZS
(*APROCEROS LEUCOPODA TAKEUCHI*, 1939)
ÉLETMÓDJA**

Doktori értekezés

PAPP VERONIKA

Budapest

2018

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Zámboriné Dr. Németh Éva
egyetemi tanár, DSc
Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar
Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Témavezetők: Dr. Vétek Gábor
egyetemi docens, PhD
Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar
Rovartani Tanszék

Dr. Haltrich Attila
egyetemi docens, CSc
Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar
Rovartani Tanszék

A jelölt a Szent István 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.

.....

.....

.....

Az iskolavezető jóváhagyása

A témavezetők jóváhagyása

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS	3
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
2.1.	Az idegenhonos faj fogalma, az inváziós fajok okozta veszélyek	5
2.2.	A kanyargós szillevéldarázs bemutatása	8
2.2.1.	Rendszertani besorolás	8
2.2.2.	Elterjedés	9
2.2.3.	Életmód és kártétel	11
2.2.4.	Ismert tápnövények	17
2.3.	Rovarak hidegtűrő képességének vizsgálata	20
2.4.	Fejlődési idő meghatározása állandó hőmérsékleten.....	22
2.5.	A szilfafélék rendszertana	25
2.6.	Vizuális ingeren alapuló csapdázási módszerek a hártvászárnyúaknál	27
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	29
3.1.	A kanyargós szillevéldarázs telelésének és hidegtűrésének vizsgálata	29
3.1.1.	Telelési és hideghatás vizsgálatok.....	29
3.1.2.	A kanyargós szillevéldarázs hidegtűrésével kapcsolatos vizsgálat.....	31
3.2.	Az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és az effektív hőösszeg kiszámítása.....	34
3.2.1.	A kanyargós szillevéldarázs nevelése állandó hőmérsékleten	34
3.2.2.	A kanyargós szillevéldarázs fejlődési idejének meghatározása	37
3.2.3.	A kanyargós szillevéldarázs nemzedék száma Magyarországon	37
3.3.	A kanyargós szillevéldarázs tápnövénykörének vizsgálata.....	38
3.3.1.	Szabadföldi vizsgálatok.....	38
3.3.2.	Laboratóriumi vizsgálatok.....	39
3.4.	A kanyargós szillevéldarázs csapdázásával kapcsolatos vizsgálatok.....	41
3.4.1.	Az ideális csapdaszín meghatározása	41
3.4.2.	Hatékony csapdázási magasság meghatározása	42
4.	EREDMÉNYEK	44

4.1.	A kanyargós szillevéldarázs telelése és hidegtűrése	44
4.1.1.	Telelési és hideghatás vizsgálatok eredményei	44
4.1.2.	A kanyargós szillevéldarázs hidegtűrése.....	48
4.2.	A kanyargós szillevéldarázs fejlődése.....	53
4.2.1.	A kanyargós szillevéldarázs fejlődése állandó hőmérsékleten	53
4.2.2.	A kanyargós szillevéldarázs fejlődési ideje	56
4.2.3.	A kanyargós szillevéldarázs nemzedék száma Magyarországon	62
4.3.	A kanyargós szillevéldarázs tápnövényköre	63
4.3.1.	Szabadföldi vizsgálatok eredményei	63
4.3.2.	Laboratóriumi vizsgálatok eredményei	65
4.4.	A kanyargós szillevéldarázs csapdázási lehetőségei	66
4.4.1.	Az ideális csapdaszín megállapítása	66
4.4.2.	Hatékony csapdázási magasság megállapítása.....	67
4.5.	Új tudományos eredmények	69
5.	KÖVETKEZTETÉSEKÉS JAVASLATOK	70
5.1.	A kanyargós szillevéldarázs telelése és hidegtűrése	70
5.1.1.	Telelési és hideghatás vizsgálatok eredményei	70
5.1.1.	A kanyargós szillevéldarázs hidegtűrése.....	70
5.2.	A kanyargós szillevéldarázs fejlődése.....	72
5.3.	A kanyargós szillevéldarázs tápnövényköre	74
5.4.	A kanyargós szillevéldarázs csapdázási lehetőségei	75
6.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	77
7.	Summary	80
8.	MELLÉKLETEK.....	83
8.1.	Irodalomjegyzék.....	83
8.2.	Statisztikai számításokhoz kapcsolódó táblázatok	99
	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	115

1. BEVEZETÉS

A természetes és kultúr ökoszisztémákban bármely rovarfaj túlszaporodása növényvédelmi, természetvédelmi vagy akár közegészségügyi problémákat, illetve egyéb gazdasági károkat okozhat. Különösen igaz ez az idegenhonos fajokra, melyek akár lényegesen nagyobb egyedszámú populációkat is képesek létrehozni az újonnan meghódított területen, mint őshazájukban, ha a klimatikus tényezők kedveznek fennmaradásuknak, a tápnövényeik rendelkezésükre állnak, és a populációikat szabályozó természetes ellenségek (predátorok, parazitoidok, mikroorganizmusok) nem, vagy csak korlátozott mértékben fordulnak elő a meghódított területen. Ezeket a gyorsan elszaporodó jövevény fajokat inváziós fajoknak nevezik. Az egyik legkorábbi és talán a legközismertebb inváziós faj hazánkban a szőlő-gyökértetű vagy más néven filoxéra (*Daktulosphaira vitifoliae*), amely a hazai szőlőültetvények több mint felét elpusztította. A fás szárú növények kapcsán, ebbe a csoportba sorolható továbbá, a platánfákon látványos károkat okozó platán-csipkésposloska (*Corythucha ciliata*), a vadgesztenyefák jelentős kártevője, a vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*), az utóbbi években megjelent és futótűzként terjedő selyemfényű puszpángmoly (*Cydalima perspectalis*), vagy a szelídgesztenye-gubacsdarázs (*Dryocosmus kuriphilus*) is (BÁLDI et al. 2017). A dolgozatom tárgyát képező kanyargós szillevéldarázs (*Aproceros leucopoda*) is e kártevők körét bővíti.

A szilek területfoglalása Magyarországon nem túl jelentős (kb. 12 ezer ha), de ökológiai és ökonómiai értelemben is értékes, fontos elegy fafajai lombos erdeinknek. Szilfákkal legtöbbször tölgy-kőris-szil alkotta elegyes erdőkben találkozhatunk, de a mezei szil (*Ulmus minor*) és a turkesztáni szil (*Ulmus pumila*) fajokat gyakran erdősítésre is használják szélsőséges adottságú termőhelyeken.

A szilek herbivor együttesét generalista és specialista fajok alkotják (CSÓKA et AMBRUS 2016). Az utóbbi száz év legnagyobb károkat okozó károsítója azonban nem az ízeltlábúak közül került ki. A szilek legjelentősebb betegsége a szübugarak által terjesztett holland szilfavész, melynek kórokozója az *Ophiostoma novo-ulmi* tömlősgombafaj. A holland szilfavész a XX. században többször is járványszerűen pusztított Európában, azonban a század közepén okozta a legnagyobb mértékű károkat a honos szilfajok körében (SANTINI et FACCOLI 2015). Ennek köszönhetően a hazai szilerdők területi borítottsága is jelentősen csökkent, ezért fontos, hogy meg tudjuk védeni őket az újonnan felbukkanó kártevőktől és kórokozóktól (VÉTEK et al. 2010). A szilfavésznek ellenálló ázsiai szilfajok (pl. *U. pumila*) hazai betelepítésével a kórokozó kártétele mérsékelhető (CSÓKA et al. 2013). A kanyargós szillevéldarázs magyarországi megjelenése azonban új kihívás elé állította a növényvédelmi és erdészeti szakembereket, mivel az irodalmi adatok alapján e rovarfaj a legnagyobb károkat eddig turkesztáni szilen okozta. Az idegenhonos

BEVEZETÉS

kártevő fajok korai felismerése és biológiájuk pontos ismerete minden esetben alapvető jelentőségű a hatékony védekezési stratégiák kidolgozásához, egyúttal a károk mérsékléséhez.

Munkám fő célkitűzései az alábbiak voltak:

- A kanyargós szillevéldarázs, mint hazánk faunájára új rovarfaj telelésének és hidegtűrésének vizsgálata.
- A faj laboratóriumban történő nevelésével, a fejlődésével és fekunditásával kapcsolatos ismeretek bővítése.
- Az *A. leucopoda* alsó fejlődési küszöbhőmérsékletének és a kifejlődéséhez szükséges effektív hőösszegnek a meghatározása, mely adatok a növényvédelmi előrejelzésben és az adott esetben indokolt védekezések időzítése kapcsán lennének hasznosíthatók.
- A kanyargós szillevéldarázs szakirodalomból már ismert, az *Ulmus* genuszba tartozó tápnövényein kívül, további lehetséges, a szilfafélék rokonsági körébe tartozó fajok azonosítása.
- Egy hatékonyan alkalmazható csapdázási módszer kidolgozása, melynek segítségével a faj szignalizációja, illetve éves rajzásmenetének nyomon követése megoldható.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Az idegenhonos faj fogalma, az inváziós fajok okozta veszélyek

A napjainkban megfigyelhető, fokozódó globalizáció, a megnövekedett kontinensen belüli és kontinensek közötti kereskedelmi forgalom nagyban növeli a kártevők és kórokozók behurcolásának esélyét (PERRINGS et al. 2005, MEYERSON et MOONEY 2007, HULME 2009, CSÓKA et al. 2012). A bővülő kereskedelmi hálózatok mellett, az intenzív személyforgalom és a rohamosan fejlődő közlekedési infrastruktúra közvetve és közvetlenül is hozzájárulhat az adott térségben nem honos élő szervezetek (köztük károsítók) behurcolásához. Az ipari fejlődés nem kívánt velejárójaként jelentkező globális felmelegedés elősegíti a melegigényes fajok eredeti areájukon túli terjeszkedését, a behurcolt fajok megtelepedését és elterjedését (ROSENZWEIG et al. 2001, HELLMANN et al. 2008, CSÓKA et al. 2012).

Az újonnan megjelenő, behurcolt fajokkal kapcsolatos irodalomban nem egységes a fogalmak használata. Ennek oka, hogy nehéz a változatos jelenségeket kategorizálni, egységesen kezelni, és a már használt kifejezések következetes alkalmazása sem egyszerű (RICHARDSON et al. 2000, CSÓKA et al. 2012).

CSÓKA és munkatársai (2012) jövevény fajoknak nevezik azokat a fajokat, melyek nem honosak az adott területen, és ott újonnan jelennek meg. A jövevény fajokat további két részre bontják a terjeszkedési módjuk alapján. Idegenhonos fajoknak nevezik azokat a fajokat, melyek emberi közvetítéssel terjednek, illetve önerős jövevény fajoknak azokat, melyek elterjedési területe emberi közreműködés nélkül változik. DANCZA (2012) ennél tágabb értelemben használja az idegenhonos faj kifejezést, nem különbözteti meg, hogy az adott faj önjelétől vagy emberi közreműködéssel terjeszkedik.

Egy jövevény vagy idegenhonos fajt általában akkor tekintenek inváziós fajtának, ha az hatékonyan terjeszkedik, és környezetére számottevő hatást képes gyakorolni. Ez a hatás meglehetősen sokféle lehet (humán-egészségügyi, növényvédelmi, kompetíciós stb.) (CSÓKA et al. 2012). RICHARDSON és munkatársai (2000) a növényekkel foglalkozó szakirodalomban fellelhető definíciók alapján próbálta megállapítani, mit neveznek pontosan inváziós fajtának. Sok esetben azt találták, hogy az inváziós és megtelepedett kifejezéseket – helytelenül – szinonimaként használják egyes szerzők. Összességében megállapítják, hogy csak azok a fajok tekinthetők inváziós fajtának, melyek egyedei nagyszámú szaporodóképes utódot hoznak létre, exponenciális növekedésű terjedési potenciáljuk van, így elterjedési területük gyorsan növekszik. TUBA és munkatársai (2012) azt találták, hogy az invázió ökológiai jellegét előtérbe helyező szerzők inváziós fajtának tekintenek minden olyan élőlényt, ami gyorsan terjeszkedik, képes megtelepedni

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

a számára idegen területeken, rövidebb-hosszabb ideig jelentős hatást gyakorol az adott ökoszisztémára, függetlenül attól, hogy természeti, gazdasági vagy közegészségügyi problémát okoz-e.

Az inváziós faj fogalmának meghatározásával nem csak a kutatók foglalkoztak, hanem különböző szervezetek, szövetségek is. A Természetvédelmi Világszövetség (*World Conservation Union* vagy *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*, röviden IUCN) idegenhonosnak és inváziósnak tekint egy fajt, ha az megtelepszik egy természetes vagy természetközeli élőhelyen, ahol változásokat okoz, és az adott hely biológiai diverzitását veszélyezteti (IUCN 2000). Az Európai Unió az idegenhonos inváziós fajok betelepítésének vagy behurcolásának és terjedésének megelőzéséről és kezeléséről szóló 1143/2014/EU rendeletének fogalom meghatározása szerint, az idegenhonos inváziós faj olyan idegenhonos faj, amelyről megállapítást nyert, hogy betelepítése vagy behurcolása, illetve terjedése veszélyt jelent, vagy káros hatást gyakorol a biológiai sokféleségre és a kapcsolódó ökoszisztéma-szolgáltatásokra.

Az idegenhonos fajok terjedési módjaival több irodalom is foglalkozik (REICHARD et WHITE 2001, PERRINGS et al. 2005, HULME et al. 2008, HULME 2009). Ezek közül talán az egyik legtöbbet idézett HULME és munkatársainak (2008) publikációja, melyben az inváziós fajok hat lehetséges terjeszkedési módját írták le (1. táblázat).

Az idegenhonos fajok sokszor súlyos gazdasági károkat okoznak a mezőgazdaságban – Amerikában például évente 13,5 milliárd dollár kárt okoznak a behurcolt fajok (PIMENTEL et al. 2002) –, kertészetben, raktárakban, erdőkben egyaránt, illetve állatok vagy emberek egészségét is veszélyeztethetik. Ezzel ellentétben, egyes fajok pozitív hatást is gyakorolhatnak a gazdaságra. A betelepített parazitoidok és predátorok segítségével, sikeres betelepítés esetén, csökkenteni lehet a növényvédő szerek felhasználását (KENIS et al. 2009, KENIS et BRANCO 2010).

Számos tanulmány foglalkozik az idegenhonos rovarfajok megtelepedésével, terjedésével és életmódjával, melyek általában egy-egy fajra, rendszertani csoportra, illetve társulásra koncentrálnak (RIPKA 2010, KONDOROSY 2012, SZEŐKE et CSÓKA 2012., CSÓKA et al. 2012, TUBA et al. 2012, BELLA 2013, MATOŠEVIĆ et PAJAČ ŽIVKOVIĆ 2013, PUTCHKOV 2013). Európai viszonylatban a témával foglalkozó legátfogóbb anyagok talán a „DAISIE” (*Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe*) és az „EASIN” (*European Alien Species Information Network*) adatbázisai. A DAISIE projektet az Európai Bizottság hozta létre 2005-ben, az idegenhonos fajok felmérésére, valamint a legveszélyesebbek elleni egységes fellépés érdekében (HULME et al. 2009, ROQUES et al. 2010, DAISIE 2017). Az EASIN adatbázist 2012-ben indította az Európai Bizottság, mert felismerték, hogy a DAISIE projekt keretében összegyűlt nagyszámú információ sem tükrözi hűen a valóságot (GATTO et al. 2013),

nem nyújt elegendő alapot az EU biológiai invázióval kapcsolatos döntéseihez (KATSANEVAKIS et al. 2015). Az EASIN létrehozásakor 43 online adatbázis adatait egyesítették, ez adta a kiindulási alapot (KATSANEVAKIS et al. 2012), mely azóta is folyamatosan bővül (KATSANEVAKIS et al. 2015, EASIN 2017).

1. táblázat: Az idegenhonos szervezetek hat lehetséges terjedési módja Európában, HULME és munkatársai (2008) szerint

	Terjedési mód	Meghatározás	Példák
Szándékos	kibocsátás révén	tudatos betelepítés pl. biológiai védekezés céljából	biológiai védekezésben használt szervezetek, erózió ellen növények betelepítése
	megszökéssel	tudatos betelepítést követő váratlan, véletlenszerű terjedés	növényházakból kiszabaduló szervezetek, kivaduló dísnövények
	növényanyaghoz szorosan kötődve	akaratlan betelepítés egy jól meghatározható árucikk révén	raktári kártevők, levélaknázó, gubacsképző és xilofág fajok stb.
Akaratlan	„potyautasként”	akaratlan betelepítés, valamilyen szállító „eszközhöz” kötötten	hangyák, csótányok, <i>Cameraria ohridella</i>
	közlekedési folyosón keresztül	akaratlan betelepítés, infrastruktúrához kötötten (csatornák, hidak, utak, vasút)	vízi szervezeteknél a legjelentősebb
	természetes továbbterjedés az elsőként meghódított területről	akaratlan betelepülés, természetes terjedés következménye	a behurcolás helyéről másodlagosan továbbterjedő fajok

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A behurcolt fajok száma exponenciális növekszik (ROQUES 2010). Európai viszonylatban az idegenhonos szárazföldi ízeltlábúak 86%-át véletlenszerűen hurcolták be, közel 14%-át viszont szándékosan telepítették be, biológiai védekezés céljából (RABITSCH 2010). Az Európában nem honos ízeltlábú fajok döntő többségét a rovarok (Insecta) adják, ezek közül is összességében a szipókás rovarok (Hemiptera), a hártýásszárnyúak (Hymenoptera), valamint a bogarak (Coleoptera) rendjébe sorolható fajok dominálnak (ROQUES 2010). RASPLUS és munkatársai (2010) összefoglaló tanulmányából kiderül, hogy közel 300, a Hymenoptera rendbe tartozó faj idegenhonos Európában, melyek többsége Észak-Amerikából és Ázsiából származik. Ezeknek a fajoknak közel kétharmada parazitoid vagy hiperparazitoid, ezen kívül még 47 predátor, 3 beporzó szervezet és 35 fitofág faj is található a listán.

Magyarországon 1881 és 2010 között 108 valós, illetve potenciális erdészeti jelentőségű idegenhonos rovarfaj megjelenését észlelték. A megtelepedő erdei rovarfajok száma meredeken növekedett az utóbbi 2-3 évtizedben. Az elmúlt 30 évben több faj jelent meg erdőkben, mint az azt megelőző 100 évben. A fajok 46%-a Ázsiából származik. A 108 betelepített faj 96%-a négy rovarrendből kerül ki. A legtöbb jövevény faj a Hemiptera rendbe tartozik (66%), majd ezt követi a Lepidoptera (15%), a Coleoptera (8%) és a Hymenoptera (7%) rend (CSÓKA et al. 2012).

A Hymenoptera rendbe tartozó, kelet-ázsiai eredetű kanyargós szillevéldarazsat (*Aproceros leucopoda*) is idegenhonos, inváziós fajként tartják számon Európában, illetve hazánkban is, ugyanis gyors szaporodásra képes, és szilfajokon (*Ulmus* spp.) pl. Magyarországon, Romániában és Oroszország európai részein is jelentős károkat okozott az elmúlt években (BLANK et al. 2010, ARTOKHIN et al. 2012, BÁLDI et al. 2017). Az *Ulmus* fajokon más specialista (mono-, ill. oligofág) rovarfajok (pl. szil-olajosbogár, nagy szillevél-gubacstetű, szil zacskós gubacstetű, nagy szilszójács-szű (CSÓKA et al. 2013)) is károsítanak, azonban Magyarországon eddig egyik sem okozott olyan nagymértékű kárt, mint a 2008-ban Budapesten és Kecskeméten, turkesztáni szileken megfigyelt kanyargós szillevéldarazs álhernyók (VÉTEK et al. 2010). A faj az első hazai kártételi jelzés óta is, helyenként évről évre visszatérően és jelentős mértékben károsít (CSÓKA et al. 2012, CSÓKA et al. 2016).

2.2. A kanyargós szillevéldarazs bemutatása

2.2.1. Rendszertani besorolás

A kanyargós szillevéldarazs (*Aproceros leucopoda* Takeuchi, 1939) a rovarok (Insecta) osztályán belül a hártýásszárnyúak (Hymenoptera) rendjébe tartozik, mely fajsám tekintetében az egyik leggazdagabb rend (NAGY 1994). A faj a növényevő darazsak (Symphyta) alrendjén belül a botcsápú levéldarazsak (Argidae) családjába sorolható. A botcsápú levéldarazsak

elnevezésen kívül társnévként szolgálhatnak még a rövidcsápú levéldarazsak, rózsalevéldarazsak, varródarazsak vagy a varrólegyek megjelölések is (ZOMBORI 1994).

2.2.2. Elterjedés

A kanyargós szillevéldarázs kelet-ázsiai eredetű faj. Elsőként Japánban írták le (TAKEUCHI 1939), majd később Kínából is közölték előfordulását (WU 2006, WU et XIN 2006). Bár a fajt a XX. század első felében írták le Japánban, első jelentős kártételt 1991 és 1993 között figyelték csak meg (BLANK et al. 2010). Európai megjelenéséről BLANK és munkatársai (2010) írtak először. A szerzők vizsgálatai alapján, 2009-ben a faj már Ausztriában, Lengyelországban, Magyarországon, Romániában, Szlovákiában, valamint Ukrajnában is előfordult (BLANK et al. 2010) (1. ábra).



1. ábra: Az *A. leucopoda* 2009-ben ismert elterjedési területe Európában (BLANK et al. 2010)

Első ízben Lengyelországból, illetve Magyarországról a Nógrád megyei Dejtár térségéből került elő, 2003-ban, majd ezen adatok számos újabb hazai és környező országbeli lelőhelyi információval bővültek az elkövetkező évek során. Budapesten, igazán 2008-ban hívta fel magára a figyelmet a kártevő, amikor a Néprajzi Múzeum közelében lévő turkesztáni szileken tarrágást

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

okozott (VÉTEK et al. 2010) (2. ábra). Ugyanebben az évben, Kecskemétről és Pusztaszerről is előkerült különböző szilfajokról. Magyarországon 2009-ben Békéssámson, Doboz, Gyula, Tótkomlós, Alatka és Gyöngyös térségében (BLANK et al. 2010), valamint Szenna határában is észlelték előfordulását (HARIS 2009). 2010-ben ismét súlyos kártételét tapasztalták Magyarországon, Kecskemét és a Csongrád megyei Ásotthalom térségében (VÉTEK et al. 2010), valamint Mór közeléből is kimutatták jelenlétét (HARIS 2010).



2. ábra: *A. leucopoda* súlyos kártétele a Néprajzi Múzeum közelében található szilfákon
(Fotó: Vétek G.)

Az első európai megjelenéséről szóló cikk óta több helyről is jelezték a faj felbukkanását a kontinensen. Már 2008-ban Moldovában (TIMUŞ et al. 2008) is megfigyelték a kártevőt, ekkor azonban még tévesen az *Arge* genuszba sorolták (BLANK et al. 2014). Később Szerbiában (HIRKA 2010, GLAVENDEKIĆ et al. 2013), Olaszországban (ZANDIGIACOMO et al. 2011), Szlovéniában (De GROOT et al. 2012), Németországban (KRAUS et al. 2011, ZEITLER 2012, BLANK et al. 2014), Horvátországban (MATOŠEVIĆ 2012), Belgiumban (BOEVÉ 2013, RAVOET 2014), Hollandiában (MOL et VONK 2014), Csehországban (JURÁŠKOVÁ et al. 2014) és Bulgáriában (DOYCHEV 2015) is megtalálták a kanyargós szillevéldarázs egyedeit. 2011-ben felkerült a faj az EPPO riasztási listájára is (EPPO 2011). Oroszország európai

területeiről szintén jelezték előfordulását, ahol több éven keresztül súlyos kártételt tapasztaltak (ARTOKHIN et al. 2012, LENGESOVA 2012, SHCHUROV et al. 2012, LENGESOVA et MISHCHENKO 2013, SOROKIN 2013, GNINENKO et al. 2013, MARTYNOV et NIKULINA 2017). Rosztov régiójában például, 2011-ben, 30 000 km² kiterjedésű területen észlelték kártételét (ARTOKHIN et al. 2012).

Hazánkban, 2011-ben, országos felvételezést végeztek, melynek fő célja a kanyargós szillevéldarázs hazai elterjedésének feltérképezése volt (LOVAS 2012, VÉTEK et al. 2012, VÉTEK et al. 2017). A vizsgálatok eredményeként megállapításra került, hogy az *A. leucopoda* a legszembetűnőbb károkat Közép-Magyarország vonalában okozta. A kártevő a nyugat-magyarországi és észak-alföldi térségben is jelen volt, azonban itt jelentősége a felmérés évében kisebbnek bizonyult. Közép-magyarország több pontján (Bugac, Kecskemét, Tiszakürt), valamint Fejér (Hantos, ill. Lepsény és Polgárdi között) és Komárom-Esztergom megyékben (Tata) azonban súlyos lombvesztést okozott (LOVAS 2012, VÉTEK et al. 2012).

BLANK és munkatársai (2014) 2012-ben és 2013-ban végeztek felderítést Németország területén, és eredményeik alapján megállapították, hogy az *A. leucopoda* imágók évente átlagosan 45-90 km-t is képesek megtenni, emberi közreműködéssel azonban ennek a távolságnak akár többszörösére is eljuthatnak ugyanennyi idő alatt. Európába történő behurcolásával kapcsolatban csak feltételezések vannak, a kontinensen belül saját szárnyán és emberi közvetítéssel is továbbterjedhetett (BLANK et al. 2010), az elterjedési adatok alapján végzett elemzések szerint, egyes években akár 100 km-t is megtéve (ROQUES et al. 2016).

2.2.3. Életmód és kártétel

A kanyargós szillevéldarázs szűznemzéssel (partenogenezis) szaporodó, teljes átalakulással (holometamorfózis) fejlődő rovar. Hímekről nincsenek adatok. Évente négy nemzedéke figyelhető meg a Távol-Keleten (WU 2006, BLANK et al. 2010). Japánban, Hokkaido szigetén az imágókat május közepétől szeptember elejéig, a fejlett lárvákat pedig június végétől szeptember végéig észlelték (BLANK et al. 2010). Kínában, Kanszu tartományban a faj fenológiája időben eltolódik, az imágók április végén jelennek meg és augusztus elejéig láthatók (WU 2006). MOL és VONK (2015) arról számoltak be, hogy Hollandiában feltételezhetően több nemzedéke, akár hat generáció is kifejlődhet egy évben.



3. ábra: *A. leucopoda* tojások a levél szegélyébe süllyesztve

(Fotó: Papp V.)

A nőtények kékeszöld tojásaikat a szillevelek szegélyébe süllyesztik (3. ábra). Laboratóriumi megfigyelések szerint egy nőtény 7–49 db tojást tud lerakni (BLANK et al. 2010). A lárvák keléséhez 4–8 nap szükséges (BLANK et al. 2010). A kikelő álhernyók kacskaringós vonalban, szabadon rágnak (4. ábra). A lárva által készített kanyargós járatról kapta a faj a magyar, illetve a „zigzag elm sawfly” angol elnevezést is (VÉTEK et al. 2010).



4. ábra: *A. leucopoda* lárvák rágásnyoma

(Fotó: Papp V.)

A lárvák élénkzöld színűek. A második és harmadik láb felett jellegzetes, T formájú, barna folt található. A fejen szintén megfigyelhető egy-egy vízszintes barna csík, ami keresztezi a pontszemeket. Méretük kifejlett állapotban elérheti az 1 cm-t is. Imágóvá alakulásukig ötször vedlenek, azaz hat lárvastádium különíthető el. Az idősebb lárvák a hajtásokat fokozatosan felélik, fő tápnövényeiken csak a levelek főerei maradnak meg. A táplálkozást befejező lárva, eonimfa, kokont készít (5. ábra), majd ebben bábozódik (WU 2006, BLANK et al. 2010). MOL és VONK (2015) a báb előtti stádiumot prepupa stádiumnak nevezi, ami véleményük szerint szinonimája az eonimfa és pronimfa kifejezéseknek. MORRIS (1937) leírása szerint, a többek között a Tenthredinidae családba tartozó fajoknál is megfigyelhető prepupa stádium két részre bontható: az eonimfa és pronimfa stádiumokra. A két szakasz között nincsen vedlés, azonban az egyedek morfológiája eltér egymástól. Az egyik látványos különbség, hogy a pronimfa stádiumban a pontszem már kevésbé látható, viszont az összetett szemek megjelennek. A szakirodalomban talált adatok szerint más, szintén a Symphyta alrendbe tartozó fajok esetén is elkülöníthető a prepupális szakaszban ez a két stádium (TURNOCK 1960, HERON 1972, SHORTHOUSE et LEGGO 2002, KAWASAKI et al. 2012).

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A kokon kétféle lehet: a nyári nemzedék egyedeinek többsége átlátszó, laza szövésű gubót készít, melyet általában a levél fonákjához rögzít, a telelésre készülő lárvák viszont egy tömörebb, kettősfalú gubót készítenek, abban vészelik át a telet az avarban vagy a talajban (WU 2006, BLANK et al. 2010). Telelő gubókat már a nyár folyamán, akár júniusban is készíthetnek a lárvák (BLANK et al. 2010, MATYNOV et NIKULINA 2017). A bábbá alakuláshoz a keléstől számítva 15–18 napra van szükség (BLANK et al. 2010).



5. ábra: A levél fonákára szőtt *A. leucopoda* kokonok

(Fotó: Vétek G.)

Az imágók a gubó készítésétől számított 4–7 nap múlva fejlődnek ki. A kifejlett egyedek kékesfekete színűek (6. ábra), de a nyári nemzedékek egyedei között megfigyeltek már világosabb, barnás színű egyedeket is (BLANK et al. 2010, YU et al. 2011, SHCHUROV et al. 2012). Méretük viszonylag nagy, csápjaik rövidek, mindössze 3 ízből állnak, lábaik pedig jellegzetesen fehéres színűek, melyre a rovar tudományos nevének faji jelzője is utal. Hártyás szárnyakon fekete folt található, mely a szárnyak szétnyitásakor figyelhető meg. A nőstény, miután kiszabadult a gubóból, szinte azonnal elkezdi tojást rakni a szillevelek szegélyébe, majd a tojásokból rövidesen kikelnek a lárvák (BLANK et al. 2010).



6. ábra: *A. leucopoda* nőstény

(Fotó: Papp V.)

Az *A. leucopoda* álhernyói szabadon táplálkoznak a levélen. Mivel fejlődésük kezdetén a levéllemezen kanyargós vonal mentén rágnak, a kártevő jelenléte könnyen felismerhető. Tömeges előfordulás esetén súlyos lombvesztést okozhatnak parkokban, utak mentén és erdőkben előforduló szileken egyaránt (VÉTEK et al. 2010, EPPO 2011, CSÓKA et AMBRUS 2016). VÉTEK és munkatársai (2010) megállapították, hogy a nyári tarrágást követően a fák a vegetáció második felében több esetben kihajtottak, de a kártétel következtében a telet nehezebben vészelték át. Többen is megfigyelték, hogy a károsított fák egyes vesszői a következő évben már nem fakadtak ki (VÉTEK et al. 2010, ZANDIGIACOMO et al. 2010) (7. ábra).

A kanyargós szillevéldarázs természetes ellenségeiként Magyarországon mindez ideáig két poloskafajt [*Arma custos* (Hemiptera, Pentatomidae) és *Dryophilacoris flavoquadrimaculatus* (Hemiptera: Miridae)], a közönséges fátyolkát [*Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae)], egy fürkészdarázs fajt [*Itopectis alternans* (Hymenoptera: Ichneumonidae)] és a harlekinkaticát [*Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae)] sikerült azonosítani (CSÓKA et al. 2010, LOVAS 2012). Érdeemes megjegyezni, hogy a lárvák és az eonimfák, feltehetőleg védekezési mechanizmusként, zavarásra citrom illatú anyagot választanak ki (BOEVÉ 2013). Az Argidae

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

család legtöbb tagjánál megfigyelték, hogy mérgező peptideket termelnek védekezésükre a ragadozók ellen, azonban ilyen típusú vegyületeket az *A. leucopoda* lárvákból nem tudtak kimutatni (BOEVÉ et al. 2014).



7. ábra: *A. leucopoda* lárvák okozta többéves súlyos lombvesztés hatására egyes koronarészek már nem hajtottak ki egy Kecskemét melletti ültetvényerdő egyik fáján

(Fotó: Papp V.)

A távol-keleti szakirodalomban a *Blondelia nigripes* (Diptera: Tachinidae) fajt említik, mely a kanyargós szillevéldarázs egyedeiből került kinevelésre Japánban (SHIMA 1984). E parazitoid jelenleg ismert európai elterjedési területe azokat a területeket is lefedi (TSCHORSNIG 2013), ahol napjainkig a kártevő előfordulása ismert, így tehát a fürkészlégycsalád Európában is potenciális parazitoidként jöhet számításba. YU és munkatársai (2011) az *Aiolocaria hexaspilota* (Coleoptera: Coccinellidae) katicafajról és a harlekinkaticáról számoltak be, mint *A. leucopoda* predátorok, azonban ez utóbbi esetén csak feltételezték a predációt, mivel megfigyelni nem tudták.

PRICOP és munkatársai (2012) Romániában, *A. leucopoda* tojásokat vizsgálva egy, a karsú fémfürkészek (Eulophidae) családjába tartozó parazitoidot, az *Asecodes erxias*

(Hymenoptera: Eulophidae) fajt mutatták ki. A publikációban említik még, hogy a talajban talált gubókból egy Ichneumonidae családba tartozó parazitoidot is kineveltek, melyet azonban nem azonosítottak.

Oroszország területén a német darazsat [*Paravespula germanica* (Hymenoptera: Vespidae)] és a francia darazsat [*Polistes gallicus* (Hymenoptera: Vespidae)] figyelték meg predáció közben, valamint leírták, hogy a madarak is nagymértékben fogyasztják a lárvákat (MARTYNOV et NIKULINA 2017).

Az eddigi hazai megfigyelések szerint azonban az ízeltlábú parazitoid és predátor szervezetek egyik helyen sem fordultak elő olyan egyedszámban, hogy a kártevő népességét jelentős mértékben tudták volna korlátozni (LOVAS 2012).

A kanyargós szillevéldarazs lárvái ellen sikeresen védekeztek peszticidekkel Magyarországon és a Távol-Keleten is, a fiatal lárvák akár 95%-os mortalitását elérve. Mivel a faj nagy területen elterjedt, és a nőtények gyorsan képesek újra benépesíteni a kezelt területeket, hosszú távon valószínűleg nem jelent célravezető megoldást a kemikáliák használata (WU 2006, BLANK et al. 2010, VÉTEK et al. 2010, CAO et al. 2011).

2.2.4. Ismert tápnövények

Eddigi ismereteink alapján, az *A. leucopoda* különböző szilfajokat (*Ulmus* spp.) jelentős mértékben képes károsítani, az egyes taxonok preferenciájára vonatkozóan azonban még nincsenek pontos adatok (VÉTEK et al. 2010). Az ezzel kapcsolatos vizsgálatokat nehezíti, hogy a szilek taxonómiája meglehetősen bonyolult, mely többek között a természetes és mesterséges úton létrejött hibridekre, illetve a jellegzetes morfológiai bélyegek hiányára vezethető vissza (VÉTEK et al. 2010).

Japánban *Ulmus japonica*, illetve turkesztáni szil (*U. pumila*) fajokról jelezték a lárvák kártételét (BLANK et al. 2010). Kínából *U. pumila*, *Ulmus davidiana* és *Ulmus laciniata* fajokról mutatták ki a kártevőt (WU 2006, WU et XIN 2006, CAO et al. 2011, YU et al. 2011).

Magyarországról BLANK és munkatársai (2010) a mezei szilt (*U. minor*), a turkesztáni szilt (*U. pumila*) és a turkesztáni szil egy változatát (*Ulmus pumila* var. *arborea*) említik a faj tápnövényei között. 2011-ben egy országos felvételezésre került sor hazánkban, melyet 2016-ban további megfigyelésekkel egészítettek ki. A munka során, több, eddig az irodalomban nem jelzett szil taxonon megtalálták a kártevő rágásának nyomait: *U. castaneifolia*, *U. glabra* 'Camperdownii', *U. glabra* 'Exoniensis', *U. glabra* 'Horizontalis', *U. glaucescens*, *U. lamellosa*, *U. minor* var. *vulgaris*, *U. minor* 'Dampieri', *U. minor* 'Jacqueline Hillier', *U. minor* 'Umbraculifera', *U. minor* 'Variegata', *U. minor* 'Wredei', *U. rubra* 'Mauro' és *Ulmus* 'Lobel' (VÉTEK et al. 2017).

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az *Ulmus* genuszon kívül az irodalmak alapján eddig csak BOEVÉ (2013) számolt be arról, hogy laboratóriumi körülmények között a szintén az Ulmaceae családba tartozó komlón (*Humulus lupulus*) sikerült megfigyelnie rágás nyomokat egy nem választásos teszt során.

A kanyargós szillevéldarázs eddig ismert tápnövényeinek teljes listáját a 2. táblázatban tüntettem fel az adatokra vonatkozó irodalmi hivatkozásokkal együtt.

2. táblázat: Az *A. leucopoda* ismert tápnövényei a szakirodalmi adatok alapján

Taxon	Forrás
<i>Ulmus</i> 'CV Belgica'	MOL et VONK 2015
<i>Ulmus</i> 'Lobel'	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	BLANK et al. 2014
<i>Ulmus</i> 'Rebona'	BLANK et al. 2014
<i>Ulmus</i> 'Regal'	BLANK et al. 2014
<i>Ulmus</i> 'Resista'	BLANK et al. 2014
<i>Ulmus castaneifolia</i>	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus</i> × <i>hollandica</i> (syn.: <i>Ulmus glabra</i> × <i>Ulmus minor</i>)	KRAUS et al. 2011
	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus</i> × <i>hollandica</i> 'Belgica'	MOL et WONK 2015
<i>Ulmus davidiana</i>	WU 2006
	WU et XIN 2006
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (syn.: <i>U. japonica</i>)	BLANK et al. 2010
	BLANK et al. 2014
	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus glabra</i>	BLANK et al. 2010
	ZANDIGIACOMO et al. 2011
	De GROOT et al. 2012
	GLAVENDEKÍĆ et al. 2013
	BLANK et al. 2014
	CSÓKA et AMBRUS 2016
VÉTEK et al. 2017	
<i>Ulmus glabra</i> 'Camperdownii'	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus glabra</i> 'Exoniensis'	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus glabra</i> 'Horizontalis'	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus glaucenscens</i>	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus laciniata</i>	WU 2006
<i>Ulmus laevis</i>	BLANK et al. 2010
	GNINENKO et al. 2013
	CSÓKA et AMBRUS 2016
	HOLUSA et al. 2017
	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus lamellosa</i>	VÉTEK et al. 2017

Taxon	Forrás
<i>Ulmus minor</i> (syn.: <i>U. campestris</i>)	TIMUS et al. 2008
	BLANK et al. 2010
	KRAUS et al. 2011
	ZANDIGIACOMO et al. 2011
	De GROOT et al. 2012
	MATOŠEVIĆ 2012
	PRICOP et al. 2012
	BOEVÉ 2013
	GLAVENDEKIĆ et al. 2013
	BLANK et al. 2014
	DOYCHEV 2015
	MOL et WONK 2015
	CSÓKA et AMBRUS 2016
<i>Ulmus minor</i> 'Dampieri'	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus minor</i> 'Jacqueline Hillier'	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus minor</i> 'Sarniensis'	De GROOT et al. 2012
<i>Ulmus minor</i> 'Umbraculifera'	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus minor</i> 'Variegata'	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus minor</i> 'Webbiana'	BLANK et al. 2014
<i>Ulmus minor</i> 'Wredei'	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus minor</i> var. <i>minor</i>	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus minor</i> var. <i>suberosa</i>	BLANK et al. 2014
<i>Ulmus minor</i> var. <i>vulgaris</i>	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus pumila</i>	WU 2006
	WU et XIN 2006
	BLANK et al. 2010
	CAO et al. 2011
	YU et al. 2011
	ZANDIGIACOMO et al. 2011
	LENGESOVA, 2012
	SHCHUROV et al. 2012
	CSÓKA et al. 2013
	GLAVENDEKIĆ et al. 2013
	GNINENKO et al. 2013
	LENGESOVA et MISHCHENKO 2013
	SOROKIN 2013
	ZÚBRIK et al. 2013
	CSÓKA et AMBRUS 2016
MARTYNOV et NIKULINA 2016	

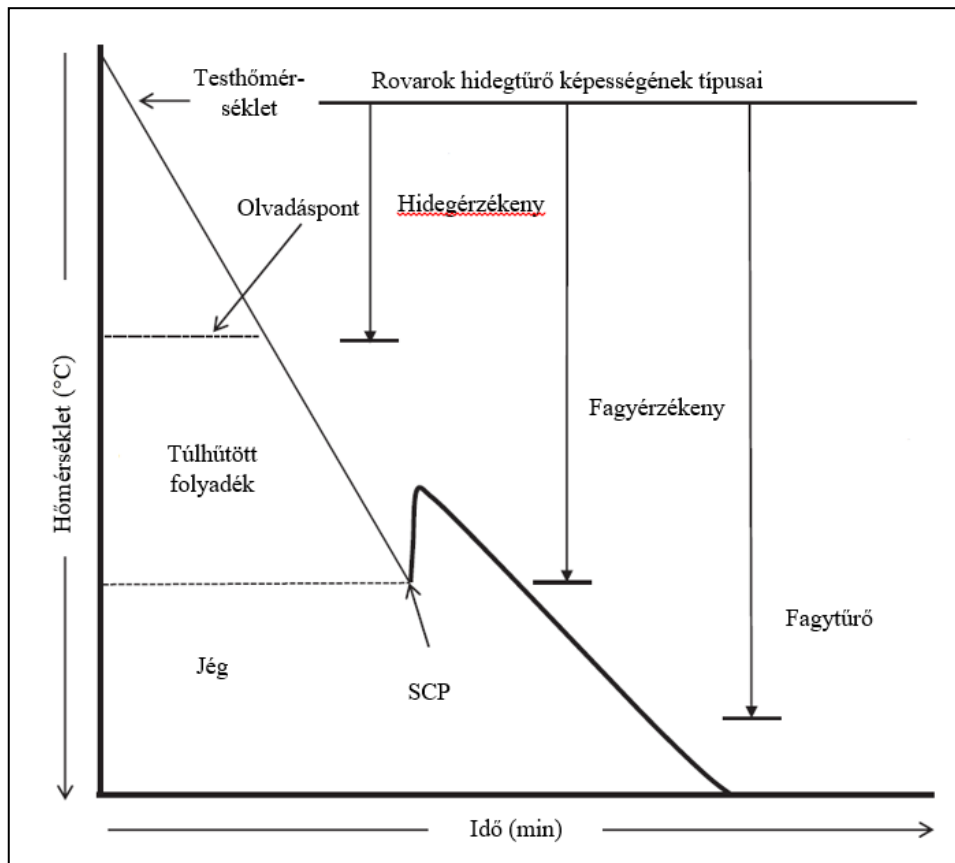
Taxon	Forrás
<i>Ulmus pumila</i> var. <i>arborea</i>	VÉTEK et al. 2010
	BLANK et al. 2010
	MATOŠEVIĆ 2012
	VÉTEK et al. 2012
	BLANK et al. 2014
	VÉTEK et al. 2017
<i>Ulmus rubra</i> 'Mauro'	VÉTEK et al. 2017

2.3. Rovarok hidegtűrő képességének vizsgálata

A rovarok ektoterm állatok, nem képesek saját testhőmérsékletük metabolikus szabályozására, függenek a környezetük hőmérsékletétől. A téli hideghez és a fagyos időjáráshoz történő alkalmazkodásról sok információ található a szakirodalomban. Ennek egyik módja a diapauza, amely számos rovarfajnál megfigyelhető jelenség. Ez teszi lehetővé számukra, hogy olyan területeken is el tudjanak terjedni, ahol az év egyes időszakaiban kedvezőtlenek a környezeti feltételek számukra. A diapauza az állatok fejlődésének olyan szakaszát jelenti, amelynek során a morfológiai fejlődés felfüggesztődik vagy nagymértékben lelassul (ANDREWARTHA 1952, MANSIGH 1971). A diapauza szabályozásában, az állatok szervezetében végbemenő hormonális és egyéb folyamatok mellett, a környezeti körülmények is nagy szerepet játszanak (DENLINGER 2002). A diapauza feloldásában például nagy szerepe van a hideg időjárásnak (SALT 1947, KNERER 1983, DENLINGER 1991, 2002).

A túl alacsony téli hőmérséklet azonban árthat is a rovaroknak. Az ezzel kapcsolatos első összefoglaló munkák az ötvenes, hatvanas évekből, többek között SALT (1958, 1961) nevéhez fűződnek, de munkásságát többen folytatták (ASAHINA 1970, BLOCK 1982, BALE 1987, 1996, LEE 1989, LEATHER et al. 1995, SØMME 1999, SINCLAIR 1999, DANKS 2005, 2006, TURNOCK et FIELDS 2005, ANDREADIS et ATHANASSIOU 2017).

Természetes körülmények között, jégmagképző partikulumok jelenlétében, a víz 0°C-on fagy meg, de számos rovar képes ennél alacsonyabb hőmérsékletre is lehűlni (túlhűlni), anélkül, hogy elpusztulna, például a testükben előforduló anyagok hatására, a testfolyadékuk fagyáspontjának csökkentésével (SALT 1958, LEE 1989, ZACHARIASSEN et KRISTIANSEN 2000). Azt a hőmérsékletet, ahol a rovarok testnedvei megfagynak „*supercooling point*”-nak, röviden SCP-nek nevezik (LEE 1989, LEATHER et al. 1995, ZACHARIASSEN et KRISTIANSEN 2000). Az SCP-t gyakran használják annak a megítélésére, hogy egy faj képes-e az adott területen áttelelni, azonban gyakran ennél jóval magasabb, de hosszan tartó alacsony hőmérsékleten is elpusztulhatnak az egyedek (BALE 1987).



8. ábra: A rovarok hidegtűrő képességének típusai (SINCLAIR et al. 2015 nyomán)

A rovarokat hidegtűrő képességük alapján, két csoportba sorolják: vannak fagyérzékeny és fagytűrő fajok. E két típus esetén a különbség abban rejlik, hogy testük hogyan reagál a lehülésre, mikor és hol képződnek a jégkristályok. Egyes fajok esetében a jégkristályok a sejtekben indulnak növekedésnek, ezzel roncsolva a sejtalkotókat, sejthártyát, így egy felmelegedést követően sem tudnak már életre kelni az érintett egyedek, ezek a fagyérzékeny fajok. Más fajoknál a jégkristályok a sejtek közötti térben képződnek, így a sejthártyák nem sérülnek meg, ezért a felmelegedést követően az állatok életképesek maradnak. Őket nevezi a szakirodalom fagytűrő fajoknak (SALT 1961, LEE 1989, BALE 1993, 1996). SINCLAIR és munkatársai (2015) egy harmadik típust is elkülönítettek. Bizonyos fajok már akkor elpusztulnak, amikor a szervezetükben még nem kezdődik el a jégkristályok képződése, őket az irodalom hidegérzékeny fajoknak (chill-susceptible) nevezi (8. ábra). Egy faj SCP értékének megállapításával annak hidegtűrési stratégiájára lehet következtetni, ugyanakkor a fagyérzékenység/hidegérzékenység kérdése nem válaszolható meg csupán az SCP alapján. Egy fagyérzékenynek tűnő faj egyedei ugyanis elpusztulhatnak hosszabb ideig tartó, a mért SCP értékénél magasabb hőmérsékleten is (SINCLAIR et al. 2015). Mindazonáltal, az SCP ismerete hasznos adatokkal szolgálhat egy adott faj hidegtűrési stratégiájával, telelésével kapcsolatos ismereteink megalapozásához, bővítéséhez.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A fajok hidegre adott válaszreakcióiból származó információkat egyes kártevők (pl.: raktári kártevők) esetén fel lehet használni akár nem kémiai jellegű védekezés céljából is (ANDREADIS et ATHANASSIOU 2017).

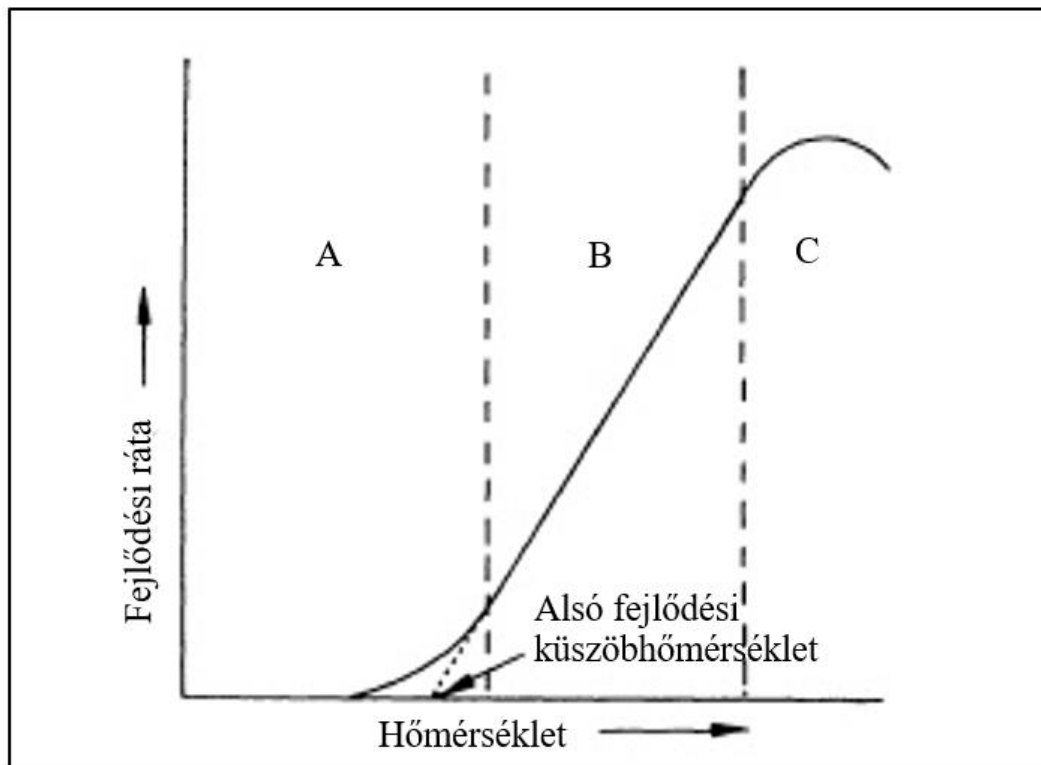
A búzaszár-levéldarázs [*Cephus cinctus* (Hymenoptera: Cephidae)] jelentős gazdasági károkat képes okozni Észak-Amerikában. A faj SCP értéke -23°C és $-24,3^{\circ}\text{C}$ fok között alakul, és ezt nem befolyásolja jelentősen, hogy a lárva előtte milyen, alacsony hőmérsékleten végzett hőkezelést kapott. A búzaszár-levéldarázs fagyérzékeny fajnak számít, az egyedek nem mutattak életjelet az SCP elérése utáni felmelegítést követően (MORILL et al. 1993).

HUMBLE (2006) három, a Tenthredinidae család Nematinae alcsaládjába tartozó levéldarászfaj – két, a *Pontania* genuszba tartozó faj és az *Amauronematus amentorum* – SCP-jét határozta meg. Az értékek meglepően hasonlóan alakultak: az első *Pontania* sp. esetében $-9,2^{\circ}\text{C}$ és $-9,5^{\circ}\text{C}$ között, a második *Pontania* sp. esetében -8°C , míg az *A. amentorum* faj esetében pedig $-8,2^{\circ}\text{C}$ volt. Mindhárom faj fagyűrőnek bizonyult. Az SCP értéknél több mint 10°C -kal alacsonyabb hőmérsékleten tartott lárvákból ugyanis sikerült imágókat kinevelni. Az SCP méréseket a fajok egyedének hemolimfáján is elvégezte, ebben az esetben eredményként körülbelül kétszer alacsonyabb értékeket kapott, mint az élő egyedek vizsgálatakor.

SCHEBECK és munkatársai (2015) a lucfenyők egyik jelentős kártevője, a *Pachynematus montanus* (Hymenoptera: Tenthredinidae) levéldarászfaj áttelelő lárváinak hidegtűrő-képességét vizsgálták. A kapott eredmények alapján, azt feltételezik, hogy a faj fagyűrő, ugyanis átlagosan -10°C -on már megfigyelhető volt az eonimfákban a jégkristályképződés, azonban ezt követően szobahőmérsékleten tartva az állatokat azok ismét mozogtak. Újbóli fagyasztás során azt tapasztalták, hogy -26°C körül elpusztult az összes lárva.

2.4. Fejlődési idő meghatározása állandó hőmérsékleten

A rovarok fejlődését az egyik leginkább meghatározó környezeti tényező a hőmérséklet (CAMPELL et al. 1974, HONEK et KOCOUREK 1990, TRUDGILL et al. 2005). Általánosságban elmondható, hogy a hőmérséklet növekedésével fejlődésük arányosan gyorsul, míg csökkenésével lassul (LOGAN et al. 1976, LACTIN et al. 1995, BRIERE et al. 1999). Ez azonban csak a számukra optimális hőmérsékleti intervallumban igaz. Kísérletek segítségével meg lehet határozni az optimális intervallum szélső értékeit (alsó, illetve felső fejlődési küszöbhőmérsékletet), ami alatt még nem fejlődik, illetve, ami felett már nem fejlődik az állat. Az ilyen szélsőséges hőmérsékleteken akár el is pusztulhatnak az egyedek (TRUDGILL et al. 2005).



9. ábra: A rovarok fejlődésének üteme és a hőmérséklet közötti kapcsolat (CAMPBELL et al. 1974 nyomán) (Jelmagyarázat a vonatkozó szövegrészben)

A hőmérséklet és a fejlődéshez szükséges idő reciproka ($1/\text{nap}$) között egy nem lineáris görbe írja le legjobban a kapcsolatot (9. ábra) (CAMPBELL et al. 1974., LOGAN et al. 1976, LACTIN et al. 1995, BRIERE et al. 1999). A görbe középső, „B” szakasza lineárisnak tekinthető. Ennek a meghosszabbítása metszi ki az x tengelyből, az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet értékét (CAMPBELL et al. 1974). Ezeknek az összefüggéseknek a matematikai háttérrel sokan foglalkoztak, és több modell is született a leírásukra. A legegyszerűbb modellnek a lineáris modell tekinthető, de mint az a 9. ábrán is látható, ez csak egy részét magyarázza az adatoknak (BRIERE et al. 1999). A legtöbb faj esetében azonban, ezzel a modellel is viszonylag jól leírható a jelenség (TRUDGILL et al. 2005). A nem lineáris matematikai modellek közül a Logan (LOGAN et al. 1976), a Lactin-1 és Lactin-2 modellek (LACTIN et al. 1995) és a Briere modell (BRIERE et al. 1999) a legelfogadottabbak. A fejlődési idő meghatározásával kapcsolatos alapfogalmakat sokféleképpen jelölik a szakirodalomban, ahogy azt a 3. táblázat is szemlélteti.

Megfigyelték, hogy az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet (T_{\min}) és az effektív hőösszeg (K) között fordított összefüggés van. A trópusokon élő fajoknál a T_{\min} magasabb, mint a mérsékelt égövön élőkénél, és a sarkkörök felé haladva a K a T_{\min} csökkenésével emelkedni kezd (HONĚK et KOCOUREK 1988, 1990, TRUDGILL et al. 2005). A jelenség egyes esetekben intraspecifikus

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

szinten is megfigyelhető, mint például a *Saccharicoccus sacchari* (Hemiptera: Pseudococcidae) faj esetén (RAE et DE'ATH 1991).

3. táblázat: A fejlődési idő meghatározásával kapcsolatos leggyakoribb fogalmak és jelölésük a szakirodalomban

Név	Jel	Hivatkozás
alsó fejlődési küszöbhőmérsékletet (lower development threshold)	T	CAMPBELL et al. 1974
	t	MATHIEU et al. 2014
	LDT	HONĚK et KOCOUREK 1988 HONĚK et KOCOUREK 1990 HONĚK 1996 BERGANT et TRDAN 2006
	T _b	LOGAN et al. 1976 URRA et APABLAZA 2005 TRUDGILL et al. 2005
	T ₀ , t ₀	BRIERE et al. 1999 RAE et DE'ATH 1991 CHARLES et ALLAN 2000
felső fejlődési küszöbhőmérsékletet (upper development threshold)	T _{max}	LACTIN et al. 1995
	T _M , T _m	LOGAN et al. 1976 TRUDGILL et al. 2005
	T _L	BRIERE et al. 1999
optimális hőmérséklet (thermal optimum)	T _{opt}	BRIERE et al. 1999
	T _o	TRUDGILL et al. 2005
effektív hőösszeg (sum of effective temperatures)	SET	HONĚK et KOCOUREK 1988 HONĚK et KOCOUREK 1990 HONĚK 1996 BERGANT et TRDAN 2006
	K	CAMPBELL et al. 1974, RAE et DE'ATH 1991 CHARLES et ALLAN 2000 URRA et APABLAZA 2005 MATHIEU et al. 2014
	DD	TRUDGILL et al. 2005

Az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és az effektív hőösszeg ismeretében előre lehet jelezni a rovarok fejlődési alakjainak megjelenését adott időjárási viszonyok mellett (HONĚK et

KOCOUREK 1988, LI 1998, TRUDGILL et al. 2005), és így a védekezést a megfelelő időszakra lehet időzíteni (GRAF et al. 1996, MURRAY 2008). A T_{\min} , valamint a K értékét már számos ízeltlábú fajnál meghatározták (HONĚK et KOCOUREK 1988, RAE et DE'ATH 1991, HONĚK 1996, LI 1998, CHARLES et ALLAN 2000, URRA et APABLAZA 2005, MATHIEU et al. 2014).

Laboratóriumi körülmények között, az állandó hőmérsékleten alapuló vizsgálatoknál, az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet minél pontosabb meghatározására úgy van lehetőségünk, hogy minél több, állandó hőmérsékleten végezzük el a kísérleteket, de általánosságban elmondható, hogy minimum öt hőmérsékleti érték szükséges (HONĚK 1996, LI 1998, BERGANT et TRDAN 2006). Mindamellet, pl. a *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) fajnál, sikeresen megállapították az alsó fejlődési küszöbhőmérsékletet és fejlődési időt, mindössze három állandó hőmérsékleten végzett vizsgálat alapján (URRA et APABLAZA 2005).

CHARLES és ALLAN (2000) a fűzfalevéldarázs, *Nematus oligospilus* (Hymenoptera: Tenthredinidae), fejlődési rátájának és az alsó fejlődési küszöbhőmérsékletének meghatározásakor hét különböző, állandó hőmérsékleten végezte el a kísérletet törékeny fűz (*Salix fragilis*) növényen. A legalsó és a két legmagasabb hőmérsékleten több lárvastádiumot figyeltek meg a nevelések során, ami feltehetően az extrém hőmérséklet okozta stresszhatásnak köszönhető. A kapott adatok alapján, a *N. oligospilus* alsó fejlődési küszöbhőmérséklete $8,1^{\circ}\text{C}$, és a kifejlődéshez $321 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$ effektív hőösszegre van szüksége. Az optimális hőmérséklet számára 16 és 19°C között alakul.

A *Cibdela janthina* (Hymenoptera: Argidae) botcsápú levéldarázs esetén öt különböző, állandó hőmérsékleten végeztek nevelési kísérleteket, *Rubus alceifolius* növényen. Kimutatták, hogy a fejlődés időtartama a hőmérséklet növelésével csökkent, a hím lárvák pedig gyorsabban fejlődtek a nőstényeknél. Az alsó fejlődési küszöbhőmérsékletek két modell szerint – lineáris és Lactin 2-es modell – vizsgálva, az imágó előtti stádiumokban $9,5$ és $11,3^{\circ}\text{C}$ között, valamint $10,4$ és $11,5^{\circ}\text{C}$ között alakultak. Az effektív hőösszeg eredmények tojás-, hím lárva- és nőstény lárva-, valamint bábstádiumban a következőképpen alakultak: $163,2 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$, $241,8 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$, $188,7 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$ és $217,5 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$. A preimaginális stádiumokban az optimális fejlődési hőmérséklet $26,0$ és $27,6^{\circ}\text{C}$ között mozgott (MATHIEU et al. 2014).

2.5. A szilfafélék rendszertana

A szilfafélék rendszertanával kapcsolatban a mai napig nincs teljes egyetértés a dendrológusok között. SWEITZER (1971) munkájából kiderül, hogy az Ulmaceae család taxonómiájával kapcsolatban, már a XIX. század eleje óta folynak a tudományos viták. A

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

szilfaféléket a Zárwatermők (Angiospermatophyta) törzsébe, ezen belül a Kétszikűek (Dicotyledonopsida) osztályába sorolják. A további felosztásnál azonban egyes szerzők a Varázsmogyoró-alkatúak (Hamamelididae) alosztályába, azon belül a Csalánvirágúak (Urticales) rendjébe, sorolják (UEDA et al. 1997, MACKENTHUN 2004, PODANI 2003, SCHUCK 2012), míg más szerzők úgy tartják, hogy a Rózsa-alkatúak (Rosidae) alosztálya, Rózsavirágúak (Rosales) rendjébe tartozik a család (SYTSMA et al. 2002, PODANI 2007, BORHIDI 2008, ZHANG et al. 2011, MACKENTHUN 2017).

WIEGRIEF és munkatársai (1998) a szakirodalom alapján összegyűjtötték az Ulmaceae családba (mind az Ulmoideae, mind a Celtoideae alcsaládba) tartozó genuszokat: *Ampelocera*, *Aphananthe*, *Celtis*, *Chaetachme*, *Chaetoptelea*, *Girroniera*, *Hemiptelea*, *Holoptelea*, *Lozanella*, *Mirandaceltis*, *Parasponia*, *Phyllostylon*, *Plagioceltis*, *Planera*, *Pteroceltis*, *Trema*, *Ulmus* és *Zelkova*. FU és munkatársai (2003) a Kínában előforduló nemzetségekhez készítettek határozót, mellyel az *Ulmus*, a *Zelkova*, a *Pteroceltis*, a *Hemiptelea*, a *Girroniera*, az *Aphananthe*, a *Trema* és a *Celtis* genuszba tartozó, Kína területén előforduló fajok különíthetők el. MACKENTHUN (2017) felosztása szerint az Ulmaceae családba az *Ampelocera*, *Hemiptelea*, *Holoptelea*, *Phyllostylon*, *Planera*, *Ulmus* és *Zelkova* nemzetségek tartoznak.

A *Celtis* nemzetséget egyes szerzők a szilfélék rokonsági körébe (JALAS et SUOMINEN 1976, TURCSÁNI 1998, MACKENTHUN 2004, HEYWOOD et al. 2007), más szerzők azonban külön családba, a Celtidaceae családba sorolják (WIEGREFFE et al. 1998, SOLTIS et al. 2000, SCHROEDER 2007). BORHIDI (2008) a publikációjában azt írja, hogy a *Celtis* és a *Trema* nemzetségeket molekuláris vizsgálatok és az eltérő kromoszóma-alapszám alapján áthelyezték a kenderfélék (Cannabaceae) családjába. SYTSMA és munkatársai (2002) is hasonló következtetésre jutottak genetikai vizsgálatok alapján. Eredményeik szerint, a Celtidaceae család közeli rokonságban áll az Ulmaceae, Urticaceae, Moraceae és Cannabaceae családokkal, de mivel a *Celtis*-ek oldalági rokonságban állnak a *Cannabis* és *Humulus* nemzetségekkel, ezért a Cannabaceae családba lettek beolvasztva.

A dendrológusok az *Ulmus* genuszt több szekcióra osztják, nagyrészt a virágzási idő és a virágtakaró levelek, illetve a virágzat és lependék alapján (WIEGREFFE et al. 1994, MACKENTHUN 2004), melyből két szekció, a *Blephatocarpus* Dumort és az *Ulmus* Heybr. képviselteti magát Európában (BÖRCSÖK 2004).

Az *Ulmus* genuszba tartozó fajok közül az *Ulmus galbra*, az *Ulmus laevis*, az *Ulmus minor* és a mediterrán régiókban a *Celtis* nemzetségből a *Celtis australis*, valamint még néhány kisebb jelentőségű faj tekinthető honosnak Európában (JALAS et SUOMINEN 1976). A szilek Magyarországon erdőalkotó fafajnak számítanak. A NÉBIH Erdészeti Igazgatósága által 2010 és

2014 között végzett erdőleltár felmérés szerint, ma Magyarországon csaknem 12 ezer hektáron található szilfa, többnyire elegyet alkotó fajként. A legnagyobb területen mezei szil (*U. minor*) fordul elő (5473 ha), ezt követi a vénic-szil (*U. laevis*) (2297 ha), az inváziós fajnak tekinthető (CSISZÁR 2012) turkesztáni szil (*U. pumila*) (2242 ha), valamint a hegyi szil (*U. glabra*) (813 ha). A szilfélék elegyet leggyakrabban egyéb keménylombos fajokkal (4366 ha) és akáccal (2082 ha) alkotnak.

2.6. Vizuális ingeren alapuló csapdázási módszerek a hártyásszárnyúaknál

A rovarok megfigyelése, viselkedési sajátosságaik tanulmányozása során, a gyakorlatban gyakran vizuális ingereket használnak. Ezen ingerek növényvédelmi vonatkozású felhasználásának kétféle módja van. Az egyik módszer a tényleges csapdázás, amikor a rovarok számára vonzó stimulusokat alkalmaznak, melyekkel például a rajzás nyomon követhető, vagy egyes esetekben tömegcsapdázás is megvalósítható. A másik lehetőség, olyan vizuális inger használata, ami megzavarja a rovarokat tápnövényük megtalálásában (PROKOPY et OWENS 1983).

Növényevő rovarok esetén kimutatták, hogy a levelek zöld színe vagy még inkább a sárga szín (ami feltehetően egy szupernormális inger) kiválóan alkalmas többek között a fajok monitorozására vagy akár védekezésre is (PROKOPY et OWENS 1983). A Moericke-féle sárga vizes tálcspadák és a sárga ragacslapok széleskörűen elterjedt szignalizációs eszközök (GAULD et BOLTON 1988, VIITASAARI 2002).

Csapdázás segítségével a legtöbb élőhelyről megfelelő mennyiségű minta gyűjthető, az ott előforduló Hymenoptera fajokból. A Malaise-csapdákat vagy a sárga színű csapdákat gyakran használják ilyen esetekben, melyek előnye, hogy folyamatos fogást biztosítanak a kézi gyűjtésekhez képest (CAMPOS et al. 2000). A sárga ragacslapok lehetőséget biztosítanak kártevő levéldarázsfajok repülési aktivitásának, egyedszámának és elterjedésének monitorozására is (DIGWEED et al. 1997, HOLUSA et DRÁPELA 2003, 2006, HOLUŠA et LUBOJACKÝ 2007, LOONEY et al. 2012). A módszer segítségével a Hymenoptera rendbe tartozó parazitoid fajok is megfigyelhetők (LANGOR et al. 2000), ugyanakkor nem minden Hymenoptera rendbe tartozó faj számára vonzó hatású a sárga szín. Ilyen például az Európában, a közelmúltban megjelent *Nematus lipovskyi* (Tenthredinidae) faj, melynek imágóit nem tudták csapdázni különböző típusú, sárga színű csapdákkal (MACEK et ŠÍPEK 2015). A poloskaszagú almadarázs [*Hoplocampa testudinea* (Tenthredinidae)] imágói számára a fehér szín vonzó (PROKOPY et OWENS 1978), ugyanúgy, mint a *Neodiprion sertifer* (Diprionidae), fenyőt károsító levéldarázsfaj egyedeinek

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

(ANDERBRANT et al. 1989). A veresgallérú fűdarázs [*Dolerus haematodes* (Tenthredinidae)] pedig egy Nagy-Britanniában végzett kísérlet szerint a fekete színt preferálja a sárga, fehér, kék és piros színű csapdákkal szemben (BARKER et al. 1997).

A legtöbb szakirodalom, mely a levéldarazsak sárga színű csapdával történő gyűjtéséről szól, a Tenthredinidae vagy Pamphiliidae családba tartozó kártevőkkel kapcsolatos (PROKOPY et OWENS 1978, BARKER et al. 1997, BATTISTI et RODEGHIERO 1998). Kevés adat található a szakirodalomban azokról az esetekről, amikor faunisztikai vizsgálatok során botesápú darazsakat (Argidae) sárga színű ragacsappal vagy tálcsapdával gyűjtöttek volna; ezek egyike PEROVIĆ és munkatársainak (2006) horvátországi felvételezése. CARDAŞ és munkatársai (2011) sárga és fehér színű ragacslapokat használtak az *A. leucopoda* rajzásának megfigyelésére, de mivel a megfigyelések központjában a kanyargós szillevéldarázs által károsított erdők futóbogár (Carabidae) populációi álltak, arról nem számoltak be publikációjukban, hogy mennyire tekinthető eredményesnek ez a csapdázási módszer. GLAVENDEKIĆ és munkatársai (2013) szintén sárga színű csapdát (ragacslapokat) alkalmaztak az *A. leucopoda* előfordulásának felderítésére, azonban sem a csapda pontosabb típusát, sem annak hatékonyságát nem említik.

A fluoreszcens sárga színű csapdák hatékonyságát van EPENHUIJSEN és de SILVA (1991) már bizonyították a füstösszárnyú levéldarázs, *Caliroa cerasi* (Hymenoptera: Tenthredinidae), csapdázási kísérleteiben. LOONEY és munkatársai (2012) viszont azt találták, hogy a sárga színű csapdákhöz képest a lime zöld színű csapdák nem hatékonyak az égerfa kártevőjénél, a *Monsoma pulveratum* (Hymenoptera: Tenthredinidae) fajnál.

A színcsapdák használatakor nem csak a megfelelő szín kiválasztásán múlik annak hatékonysága, hanem befolyásolhatja azt a háttér összetétele, valamint a csapda elhelyezkedése is (FINCH et SKINNER 1974, REISSIG 1975, PROKOPY et OWENS 1983, ANDERBRANT et al. 1989, HOBACK et al. 1999).

Más, talajban bábozódó, lombkorona szinten károsító fajoknál már megfigyelték, hogy a rajzásmegfigyelés során a különböző magasságokba kihelyezett ragacslapok fogási adatai között nagy eltérések mutatkozhatnak, tehát az elhelyezés módja is fontos szempont a csapdázás során. Jó példa erre a keleti cseresznyelég [*Rhagoletis cingulata* (Diptera: Tephritidae)]. PELZ-STELINSKI és munkatársai (2006) megfigyelték, hogy a különböző magasságokban (1,2 m; 2,1 m; 4,6 m) elhelyezett színcsapdák fogásai között szignifikáns különbségek vannak. A korona tetején lévő csapdák fogták a legtöbb imágót, így azok alapján pontosabban lehetett nyomon követni a faj rajzásdinamikáját.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletekhez szükséges rovarokat egy Kecskemét térségében elhelyezkedő, 15 ha-os ültetvényerdő területéről gyűjtöttem [GPS koordináták: 46,9901°N, 19,6729°E] (10. ábra). Az ültetvényt 1999-ben telepítették, és két fő fafaja a fehér akác (*Robinia pseudoacacia*) és a turkesztáni szil (*U. pumila*). A területen 2011-től kezdődően, több éven át, jelentős lombvesztéset okozott a kanyargós szillevéldarázs.



10. ábra: A kísérletekben felhasznált *A. leucopoda* egyedek gyűjtési helye (lásd a pirossal körülhatárolt területet) (forrás: Google Maps)

3.1. A kanyargós szillevéldarázs telelésének és hidegtűrésének vizsgálata

3.1.1. Telelési és hideghatás vizsgálatok

A hideghatás vizsgálatok során, az elsődleges cél az volt, hogy meghatározzam milyen mértékű és mennyi ideig tartó hideghatás szükséges a kanyargós szillevéldarázs téli nyugalmának feloldásához. A hideghatás vizsgálatokkal kapcsolatos kísérleteket 2014 októbere és 2015 márciusa között végeztem, kétféle módszerrel.

Az egyik vizsgálat során, az ültetvényerdő talajának felső 5-10 cm-es mélységéből, 2014. október 9-én és 16-án begyűjtött téli gubókban lévő eonimfákat (azokat mindvégig a gubók védelmében hagyva) különböző, alacsony hőmérsékleti hatásoknak tettem ki, meghatározott időre, majd az adott mértékű hideghatást követően, az egyedeket azonos, magas hőmérsékletre

ANYAG ÉS MÓDSZER

áthelyezve figyeltem az imágók megjelenését. Az egyszeri gyűjtés azért nem volt elegendő, mert az első alkalommal csak kevés élő egyedet tartalmazó gubót találtunk.



11. ábra: A kanyargós szillevéldarázs telelő gubói

(Fotó: Papp V.)

A gyűjtéseket követően, a behozott talajmintákból szobahőmérsékleten kiválogattam a kanyargós szillevéldarázs telelő gubóit (11. ábra), melyeket sztereomikroszkóppal átvilágítva megállapítottam, hogy tartalmazzak-e élő egyedeket. Az ép gubókat (bennük az eonimfával) műanyag Petri-csészékbe helyeztem, szélüket parafilmmel zártam le. Egy-egy Petri-csészébe 37 db gubót tettem. Összesen 10 db Petri-csészével dolgoztam, melyből a hideghatás biztosításához ötöt 10°C-ra, a SZIE Kertészettudományi Kar Növényélettan és Növényi Biokémia Tanszékének szabályozható hűtőtárolójába, míg a másik ötöt 5°C-ra, a SZIE Élelmiszertudományi Kar Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszékének hűtőkamrájában helyeztem el 2014. október 27-én. Egyik esetben sem kaptak megvilágítást a telelő gubók.

A pontos hőmérsékleti és relatív páratartalmi értékeket digitális mérőeszköz (KVGTLGG160) segítségével mértem és rögzítettem. Ezek alapján, az átlaghőmérséklet és légnedvesség az első esetben 8,8 ($\pm 0,8$)°C és 72,2 ($\pm 7,9$)%, míg a második tárolóban 5,6 ($\pm 0,4$)°C és 78,4 ($\pm 5,2$)% volt.

A hidegkezelésekből átlagosan 10 naponta (2014. november 6-tól december 16-ig) vettem ki egy-egy Petri-csészét, melyeket áthelyeztem a Rovartani Tanszék SANYO Versatile Environmental Test Chamber MLR-352H típusú fitotronjába, ahol állandó, 23°C-os hőmérséklet, 70%-os relatív páratartalom, valamint 16 órás megvilágítás mellett tartottam tovább a rovarokat, megfigyelve az imágók kifejlődését. A leghosszabb hideghatásnak kitett egyedek 50 napon át voltak hűtött körülmények között.

A kanyargós szillevéldarázs telelésével kapcsolatos másik vizsgálat során, a gyűjtési területről 2014. október 9-étől, illetve 16-ától 2015. március 6-ig átlagosan, kéthetente hoztunk be talajmintákat (4. táblázat). Az élő egyedeket tartalmazó téli gubók kiválogatása után, azok nem hideg körülmények közé, hanem a Rovartani Tanszék fitotronjába (23°C, 70% RP, 16L:8D) kerültek. A vizsgálat időtartama alatt, a gyűjtési helyszínen, egy Tinytag TGP-4510 típusú digitális hőmérő folyamatosan rögzítette a talaj- és léghőmérsékleti adatokat.

4. táblázat: Az *A. leucopoda* telelésével kapcsolatos vizsgálat talajminta gyűjtési időpontjai

Gyűjtés ideje	Gubók fitotronba helyezésének ideje	Begyűjtött gubók száma (db)
2014.10.09 és 2014.10.16	2014.10.27.	21
2014.10.31.	2014.11.04.	61
2014.11.18.	2014.11.18.	43
2014.11.25.	2014.11.27.	50
2014.12.11.	2014.12.12.	40
2014.12.27.	2014.12.27.	42
2015.01.06.	2015.01.07.	40
2015.01.22.	2015.01.23.	40
2015.02.05.	2015.02.06.	33
2015.02.20.	2015.02.20.	40
2015.03.06.	2015.03.06.	40

Mindkét vizsgálat esetén, megszámoltam a fitotronban előjött imágókat. Mivel az imágók száma minden esetben kisebb volt, mint az adott Petri-csészében lévő gubók száma, a maradék, eredetileg épnek vélt gubókat felboncoltam, hogy megállapítsam, az adott egyedek miért nem rajzoltak ki. A kapott eredményeket a Microsoft Office 2007 programcsomag Excel programja segítségével elemeztem.

3.1.2. A kanyargós szillevéldarázs hidegtűrésével kapcsolatos vizsgálat

A faj áttelelését meghatározó tényezők közül, az alacsony téli hőmérséklet hatását kutatva, megvizsgáltam, hogy milyen hőmérsékleti minimumot képesek elviselni a telelő eonimfák. Ennek érdekében, több alkalommal meghatároztam az áttelelő egyedek *supercooling point*-ját (SCP). A kísérleteket három időszakban végeztem: 2013–14 telén, illetve 2015 és 2017 márciusában az Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) Erdővédelmi Intézetében.

2013–2014 téli időszakában, a vizsgálatot négy időpontban végeztem: október közepén, november végén, január végén és március elején. Az első mintát 2013 augusztusában gyűjtöttem, melyet ezután hűtőszekrényben tároltam. A többi minta esetében, közvetlenül a vizsgálat időpontja

ANYAG ÉS MÓDSZER

előtt gyűjtöttem be az átteelő eonimfákat, a Kecskemét melletti ültetvényerdőből (5. táblázat), majd a mérés elvégzéséig szobahőmérsékleten tartottam őket.

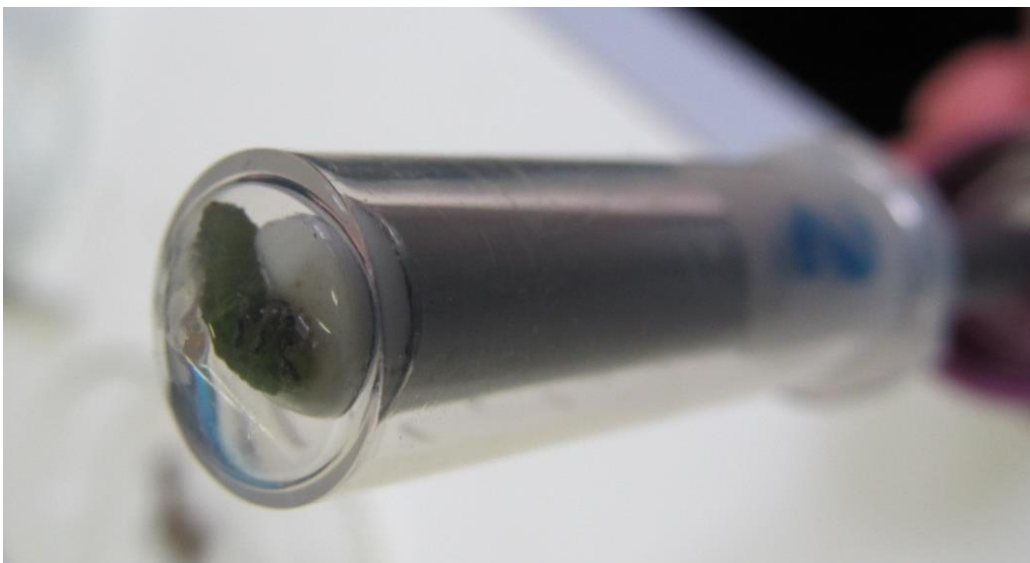
5. táblázat: Az SCP vizsgálatokhoz szükséges gubók gyűjtésének helye, ideje; a vizsgált egyedek száma és a mérések ideje

Gyűjtés		Vizsgált egyedek száma (db)	Mérés ideje
Helye	Ideje		
Kecskemét (HU)	2013. 08.12.	43	2013. 10.18.
Kecskemét (HU)	2013. 10.14.	40	2013. 10.17.
Kecskemét (HU)	2013. 11.19.	40	2013. 11.27.
Kecskemét (HU)	2014. 01.15.	45	2014. 01.20.
Kecskemét (HU)	2014. 02.26.	53	2014. 03.05.
Kecskemét (HU)	2015. 03.16.	39	2015. 03.18.
Udine (IT)	2015. 03.15.	34	2015. 03.17.
Gonars (IT)	2015. 03.15.	4	2015. 03.17.
Kecskemét (HU)	2017. 03.23.	19	2017. 03.24.
Kecskemét (HU)	2017. 04.04.	38	2017. 04.07.



12. ábra: A kanyargós szillevéldarázs egyedek SCP értékeinek mérési körülményei
(Fotó: Vének G.)

A kísérlet során, a telelő gubókból óvatosan kiszedtem az eonimfákat, és egyesével megmértem a tömegüket. Ez alól egyedül az augusztusi minta volt kivétel, amelynél az egyedek felét kiszedtem a gubóból, míg a másik felét a gubók védelmében hagytam, így mérve le a tömegüket és végezve el a további méréseket. Az SCP méréséhez egy T típusú (réz / réz-nikkel ötvözet) hőelemet használtam, ami egy rögzítő potenciométerhez volt csatlakoztatva. A hőmérsékleti adatokat a Personal Daq View 2.0.4 nevű program segítségével rögzítettem (12. ábra). A hőelem fémszálát úgy helyeztem el, hogy az közvetlenül érintkezzen az eonimfa testével, majd ezt betettem először egy kisebb (13. ábra), majd egy nagyobb műanyag tubusba a jobb szigetelés érdekében. Ezután a tubusokat lehűtöttem egy fagyasztó segítségével $-1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ sebességgel, amíg meg nem fagytak az állatok. Ezt a pillanatot az alapján állapítottam meg, hogy a jégkristályok képződése által okozott hőmérsékletemelkedést detektálni tudtam a program segítségével. Az SCP pont elérése után az eonimfákat kivettem a mélyhűtőből és a következő 24 órában szobahőmérsékleten tartottam őket, hogy ellenőrizni tudjam, valóban elpusztultak-e, vagy a felmelegedés után képesek-e még mozogni.



13. ábra: A mérőeszközhöz rögzített *A. leucopoda* eonimfa (Fotó: Vének G.)

A kísérletet 2015-ben és 2017-ben további mérési eredményekkel egészítettem ki. A vizsgálatok során használt módszer megegyezett az előzőekben leírtakkal. 2015 márciusában a további kecskeméti minták mérése mellett lehetőségem nyílt egy olasz–magyar együttműködés keretén belül az olaszországi Udine [GPS koordináták: $46,0209^{\circ}\text{N}$, $13,2264^{\circ}\text{E}$] és Gonars [GPS koordináták: $45,9131^{\circ}\text{N}$, $13,2275^{\circ}\text{E}$] települések közelében gyűjtött egyedek SCP-jének meghatározására is. A 2015-ben és 2017-ben végzett vizsgálatok pontos időpontjai, a vizsgált

ANYAG ÉS MÓDSZER

egyedek származási helye, gyűjtésének ideje és a vizsgált egyedek száma szintén az 5. táblázatban látható.

Az adatok elemzése során a vélhetően mintaelőkészítési hibából adódó (pl. az állat testének véletlen megsértése) kiugróan magas hőmérsékleti eredményeket sztenderdizálás segítségével kizártam. Mérési alkalmanként vizsgáltam az egyedek tömege és SCP szintje közötti korrelációt. A különböző időpontokban elvégzett vizsgálatok során kapott SCP értékeket varianciaanalízissel (ANOVA) elemeztem. Az elemzést négy szempont alapján végeztem el. Először az összes eredményt összevettem, kivéve a 2013 augusztusában gyűjtött mintákat, mert ezek eltérően voltak tárolva, mint a többi minta. Vizsgáltam továbbá az évjárat hatását a három különböző év (2014, 2015 és 2017) márciusi időszakában mért értékek segítségével. Annak vizsgálatára, hogy az SCP értéket befolyásolhatja-e a kanyargós szillevéldarázs különböző populációinak földrajzi elhelyezkedése, a 2015. március 15-én és 16-án gyűjtött udinei és kecskeméti adatokat hasonlítottam össze. Végül a 2013. augusztusi minták eredményeit is összevettem annak meghatározására, hogy a gubó jelenléte befolyásolja-e az egyedek fagyűrő képességét.

Az első esetben a reziduumok normalitását az adatok eloszlásának ferdesége és csúcossága alapján, a többi esetben Kolmogorov–Smirnov teszttel igazoltam. A szóráshomogenitást Levene's teszttel ellenőriztem. A statisztikai elemzés során IBM SPSS Statistic 23 programot használtam.

3.2. Az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és az effektív hőösszeg kiszámítása

3.2.1. A kanyargós szillevéldarázs nevelése állandó hőmérsékleten

Az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és a kifejlődéshez szükséges effektív hőösszeg megállapításához hat különböző állandó hőmérsékleten – 11°C, 15°C, 18,5°C, 23°C, 25°C és 27°C – neveltem a kanyargós szillevéldarázs egyedeit. 2013-ban, az előzetes munkák során, 27°C-on végeztem a vizsgálatokat, míg 2014-ben 15°C és 23°C, 2015-ben pedig 11°C, 18,5°C és 25°C-on neveltem ki a kanyargós szillevéldarázs egy-egy nemzedékét.

Az egyes hőmérsékletek esetén, az alábbi klímazekrényekben történt a nevelés: 11°C, 15°C, 23°C, 25°C és 27°C-on SANYO Versatile Enviromental Test Chamber MLR–352H típusú klímazekrények, 18,5°C-on pedig ACI–BIC–300 (U-THERM International (H. K.)) típusú. A klímazekrények segítségével szabályoztam a nevelési körülményeket. A relatív páratartalom szabályozására nem mindegyik klímazekrényben volt lehetőség, de a kísérletek során az értéke 65–80% között alakult. A fotoperiódust mindegyik hőmérséklet esetében a mérsékelt égövi, hosszúnappalnak megfelelőre állítottam, 16 óra világos és 8 óra sötét (16L:8D) értékekkel. A

klímaszekrényekben beállított hőmérsékleti értékeket digitális mérőeszköz segítségével ellenőriztem. A kapott adatok alapján, a pontos hőmérsékletek az alábbiak szerint alakultak: 10,9°C, 15°C, 19,5°C, 23°C, 24,3°C és 27°C.

A kísérleteket mindhárom évben, a május–augusztus közötti időszakában végeztem. Mindhárom évben, a kanyargós szillevéldarázs első nemzedéke során kifejlődő imágókat használtam fel a kísérletek beállításához, kivéve a 23°C és 24,3°C-on végzett vizsgálatokat, ahol a megfelelő mennyiségű adat érdekében, a harmadik nemzedék néhány egyedét is bevontam a kísérletbe. Szabadföldről, a korábban említett kecskeméti erdőből gyűjtöttem be a vizsgálatok elindításához szükséges *A. leucopoda* egyedeket (leveleket szedtem a rajtuk lévő gubókkal együtt, melyekből laboratóriumi körülmények között neveltem ki az imágókat).

Annak érdekében, hogy a populáció fejlődésével kapcsolatban kaphassak adatokat, és, amennyire lehetséges, kizárjam az egyes egyedek hatását, a cél az volt a kísérlet beállításánál, hogy minden hőmérsékleten legalább 15 nőstény 15 db tojást rakjon.



14. ábra: Tojásrakó nőstény

(Fotó: Papp V.)

A természetben a nőstények akár 7–49 db tojást is lerakhatnak életük során (BLANK et al. 2010). A különböző lárvastádiumok nem különíthetők el egyértelműen egymástól morfológiai bélyegek alapján, ugyanis a fejtokon mért szemtávolság a harmadik és negyedik lárvastádium között átfed (H. HARA szóbeli közlés), ezért a lárvákat egyenként neveltem, hogy pontosan

ANYAG ÉS MÓDSZER

megfigyelhessem a fejlődésüket. Azért, hogy a tojásból történő kikelés után ne kelljen átrakni a lárvákat másik levélre – amely jelentős stresszt okozhatott volna – a tojásrakás ellenőrzött körülmények között zajlott: egy levélre csak egy tojást rakhatott a nőtény (14. ábra). A tojásrakást követően, a leveleket azonnal cseréltem, és egy órán belül, a kiválasztott hőmérsékletre beállított klímaszekrénybe helyeztem.

A 27°C-on végzett kísérlet esetében, mivel az még az előzetes vizsgálatok része volt, a kísérlet beállításakor nem ellenőriztem, hogy egy nőtény mennyi tojást rak le egy levélre. Ezen a hőmérsékleten, a klímaszekrénybe helyezett nőtények 24 óránként kaptak új levelet, az addig lerakott tojásokat, majd a belőlük azonos napon kikelt lárvákat egy Petri-csészében neveltem.

A kísérlet során, az *U. pumila* leveleket levélnyéllal és egy kis szárdarabbal együtt levágtam, majd a szárat nedvesített törlőkendőbe tekertem, amit naponta újra benedvesítettem. Ez a megoldás a legtöbb esetben megfelelő vízellátást és páratartalmat biztosított a leveleknek, valamint elegendő nedvességhez juthattak az állatok is. 24,3°C-on és 27°C-on azonban, ez kevésnek bizonyult, ezért ezeken a hőmérsékleteken Eppendorf csövekbe állítottam a leveleket, hogy több vízhez juthassanak, így a 24 óra múlva következő ellenőrzésig, amíg újra nem nedvesítettem, a levelek nem száradtak el. Minden nap figyeltem és ellenőriztem a levelek, valamint a tojások és kikelt lárvák állapotát. A lárvakelést követően a leveleket rendszeresen cseréltem.

A napi ellenőrzéshez hozzátartozott az is, hogy megtisztítottam a Petri-csészéket a lárvák ürülékétől, valamint a levedlett lárvabőröktől, amik segítségével nyomon tudtam követni a lárvák fejlődését a 27°C-on végzett kísérlet kivételével, ahol több lárva fejlődött egy Petri-csészében, így nem tudtam elkülöníteni, melyik lárva vedlett az adott napon.



15. ábra: *A. leucopoda* eonimfa
(Fotó: Véték G.)



16. ábra: *A. leucopoda* pronimfa
(Fotó: Véték G.)

A fejlődéssel kapcsolatos változásokat folyamatosan dokumentáltam. Az aktuális dátum megadásával feljegyeztem, mikor lépett át az egyed a következő fejlődési stádiumba: tojás, egymást követő lárvastádiumok, eonimfa, pronimfa és bábállapotba, valamint mikor vedlett imágóvá. Az eonimfa (15. ábra) és a pronimfa (16. ábra) stádiumot legkönnyebben az egyedek szeme alapján lehet elkülöníteni. Az eonimfának csak pontszemei vannak, míg a pronimfáknak már láthatóvá válnak az összetett szemei is. A kifejlődést követően, megfigyeltem, hogy a nőtény rakott-e tojást, és ha igen, akkor 24 óránként mennyit. Feljegyeztem a lerakott tojások számát, továbbá azt, hogy hány napig maradt életben a kifejlett egyed laboratóriumi körülmények között, állandó hőmérsékleten.

3.2.2. A kanyargós szillevéldarázs fejlődési idejének meghatározása

A hat állandó hőmérsékleten végzett nevelési kísérletből kapott, különböző stádiumokhoz tartozó fejlődési idők hosszából kiszámoltam a fejlődési rátákat: $r(T)$ (a fejlődéshez szükséges napok számának reciproka [$1/\text{nap}$]), amit a hőmérséklet függvényében ábrázoltam. A hőmérséklet és a tojás, a lárva, az eo- és pronimfa, a báb, valamint egy teljes nemzedék fejlődési rátája közötti kapcsolatot egy lineáris és egy nem lineáris modellel (Lactin-2) elemeztem (LACTIN et al. 1995).

A lineáris modell szerint, a fejlődési ráta és a hőmérséklet kapcsolata leírható egy egyenessel. Az egyenes egyenlete: $r(T) = a + bT$, ahol „ T ” a nevelési hőmérséklet, „ a ” konstans, „ b ” pedig az egyenes meredeksége. A lineáris modell paramétereinek segítségével, megállapítható a biológiai nullpont (T_{\min}): $T_{\min} = -a/b$, és az effektív hőösszeg (K) (a kifejlődéshez szükséges biológiai nullpont feletti napi középhőmérsékletek összege [nap°C]): $K = 1/b$ (HONĚK 1996, McDONALD et al. 1998, LI 1998, MATHIEU et al. 2014).

A kanyargós szillevéldarázs alsó (T_{\min}), felső (T_{\max}) valamint optimális (T_{opt}) fejlődési hőmérsékletének megállapításához a Lactin-2 modellt használtam (LACTIN et al. 1995). A modell képlete: $r(T) = e^{\rho T} - e^{\rho T_L - (T_L - T)/\Delta T} + \lambda$, ahol ρ , T_L , ΔT és λ a modell paramétere. A modell becslésénél közlöm az R^2 értéket, továbbá vizsgáltam a modellt, a paraméterek és az R^2 szignifikanciáját is. Az effektív hőösszeget (K) a Lactin-2 modellel meghatározott T_{\min} érték segítségével, a vizsgálat során kapott eredményekből is megbecsültem.

3.2.3. A kanyargós szillevéldarázs nemzedék száma Magyarországon

A lineáris és Lactin-2 modell segítségével kapott alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és effektív hőösszeg értékek validása érdekében a kapott adatok alapján meghatároztam a faj nemzedékszámát Magyarország öt különböző pontján. Ez az öt helyszín Budapest, Debrecen,

ANYAG ÉS MÓDSZER

Pécs, Szeged és Szombathely volt, amik viszonylag jól reprezentálják a magyarországi éghajlat viszonyokat. Mind az öt településen található egy, az Országos Meteorológia Szolgálat (OMSZ) által üzemeltetett meteorológiai mérőállomás, így az adott helyszíneken több évre visszamenőleg rendelkezésre állnak a napi hőmérsékleti adatok (http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/). A számításaim során a 2003 áprilisa és 2010 szeptembere közötti időszak adatait használtam fel.

A kanyargós szillevéldarázs eonimfaként telet (BLANK et al. 2010). Hazánkban az első imágókat legkorábban áprilisban, míg a lárvákat legkésőbb szeptemberben figyelték meg az elmúlt években. Az *A. leucopoda* lárvák teletőre vonulását kiváltó tényezők még nem ismertek, így a faj vegetációs idejének hosszát sem lehet pontosan megállapítani, ezért a számításokat egy feltételezett hosszú (április 1. – szeptember 30.) és rövid (május 1. – augusztus 31.) vegetációs időszakra végeztem el CHARLES és ALLAN (2000) *Nematus oligospilus* fajjal kapcsolatos számításaihoz hasonlóan. Ezekben az időszakokban a kanyargós szillevéldarázs alsó fejlődési küszöbhőmérséklete (T_{\min}) feletti napi átlag hőmérsékleteket összegeztem és a kapott eredményből az effektív hőösszeg (K) segítségével kiszámoltam a nemzedékek számát.

3.3. A kanyargós szillevéldarázs tápnövénykörének vizsgálata

3.3.1. Szabadföldi vizsgálatok

A kanyargós szillevéldarázs tápnövény-preferenciájával kapcsolatban 2013 vegetációs időszakában előzetes vizsgálatot folytattam. A nőstények tojásrakási preferenciájának vizsgálatát szabadföldön a vácrátóti Nemzeti Botanikus Kertben, valamint a Budai Arborétumban végeztem.

A vizsgálatok során, lehetőségem nyílt több, a szilfafélék rokonsági körébe tartozó taxont is bevonni a kísérletbe: *U. pumila*, *U. laevis*, *U. parvifolia*, *U. crassifolia*, *Zelkova serrata*, *Hemiptelea davidii*, valamint *C. occidentalis* és *C. australis*. Teszteltem továbbá a *Fraxinus angustifolia* subsp. *pannonica* alfajt is. A taxonok kiválasztásánál fontos szempont volt, hogy legyenek köztük Európában honos (*U. laevis*), a kanyargós szillevéldarázs eredeti elterjedési helyéről származó, azaz távol-keleti (*U. parvifolia*, *U. pumila*) és észak-amerikai (*U. crassifolia*) szilfajok, valamint a szilek rokonságába tartozó más genuszok (*Zelkova*, *Hemiptelea*, *Celtis*) is. Mivel szilékkel Magyarországon legtöbbször tölgy–kőris–szil alkotta elegyes erdőkben találkozhatunk (SIMON 2002), a *F. angustifolia* subsp. *pannonica* is bevonásra került a vizsgálatokba. A *Z. serrata* és az *U. laevis* fajok esetében, a kísérletet a Budai Arborétum területén végeztem, míg a többi fajt a vácrátóti Nemzeti Botanikus Kertben vizsgáltam.

A vizsgálathoz olyan *A. leucopoda* egyedeket használtam fel, melyek már gubót készítettek, illetve bábozódtak, annak érdekében, hogy a néhány napon belül kifejlődő nőtényekkel dolgozhassak, melyek gyakorlatilag azonnal tojásokat raknak a levelekbe.

A fákra, fajtól függően az 5-15 leveles hajtásvégekre, fátyolfóliából és organza anyagból készült izolátorokat helyeztem (17. ábra), fajonként 7 ismétlésben. Minden izolátorba egy-egy élő *A. leucopoda* eonimfát vagy bábót tartalmazó gubót raktam.

A kísérletet a Nemzeti Botanikus Kertben 2013. május 15-én, a Budai Arborétumban május 16-án állítottam be, és 2013. június 17-én értékeltem ki a Rovartani Tanszéken. Az értékelés során ellenőriztem, hogy az imágó kifejlődött-e, az izolátorban maradt-e, történt-e tojásrakás, illetve a tojásokból kikeltek-e a lárvák, majd azok táplálkoztak-e.



17. ábra: A vácrátóti Nemzeti Botanikus Kert *C. australis* fájára kihelyezett izolátorok
(Fotó: Haltrich A.)

3.3.2. Laboratóriumi vizsgálatok

A kanyargós szillevéldarázs tápnövény-preferenciájával kapcsolatos vizsgálataimat 2015 nyarán folytattam. Laboratóriumi körülmények között vizsgáltam meg, hogy a kanyargós szillevéldarázs imágók mely, az Ulmaceae családba tartozó növényfajokat preferálják tojásrakás

ANYAG ÉS MÓDSZER

céljából, melyeken tudnak a tojásból kikelő lárvák táplálkozni, valamint imágóvá fejlődni, majd végül ismét tojást rakni. Vizsgálataimban csak nem választásos tesztet végeztem, vagyis a nőtények csak egy-egy adott növényfaj leveleit kapták. Ennek praktikus oka az volt, hogy a természetes vagy akár a mesterségesen kialakított környezetben (pl. ültetvényerdő, város) is sok esetben jellemző egy-egy szilfaféle dominanciája, és ilyen esetekben e tesztek eredményeit is alapul véve, a rovarfaj esetleges betelepülésével járó kockázat megállapítása egyszerűbb lehet. Másfelől, így egy adott növényfaj iránti preferenciát jobban jellemezhettem, mintha – egy két vagy több választásos teszt esetében – az együtt jelenlévő növényfajok komplex, a kártevő faj tojásrakási viselkedését bármilyen módon, potenciálisan befolyásoló, így zavarónak tekinthető hatásokkal is kalkulálnom kellett volna.

Az Ulmaceae családba tartozó fajok közül öt növényfajt vontam be a kísérletbe. A kísérlethez szükséges növénymintákat a Budai Arborétum, valamint a Nemzeti Botanikus Kert (Vácrátót) területéről gyűjtöttem. A vizsgált fafajok a *H. davidii*, az *U. crassifolia*, az *U. laevis*, az *U. parvifolia* és az *U. pumila* voltak. A fajok kiválasztásánál a fő szempont az volt, hogy a korábbi szabadföldi vizsgálat egy részét laboratóriumi körülmények között is megismételjem, valamint, hogy a szakirodalmi adatok alapján a kártevő által preferált *U. pumila* mellett, szerepeljen a tesztekben honos, távol-keleti és észak-amerikai szilfafaj is. A *H. davidii* faj azért került kiválasztásra, mert az előzetes szabadföldi vizsgálatok során, nagy mennyiségű tojást raktak rá az *A. leucopoda* nőtények.

A vizsgálatokat 2015. június 23-án kezdtem. A kísérlet beállításakor nyári gubót képző egyedeket használtam, amiket ebben az esetben is a Kecskemét mellett lévő, szil-akác ültetvényerdő területről gyűjtöttem. A begyűjtött gubókból kifejlődött imágókat egy napon belül külön-külön helyeztem 1-1 üveg Petri-csészébe, amelyekbe az adott, vizsgált növényfajból egy rövid hajtásdarabhoz kapcsolódó levelet (illetve egyes fajok esetén leveleket) tettem. A leveleket kis hajtásrészsel együtt vágtam le, amit nedvesített háztartási törlőpapírba csomagoltam annak érdekében, hogy a levelek ne száradjanak el könnyen, illetve az imágók valamennyi nedvességhez juthassanak. Egy növényfaj vizsgálatához 12 db nőtényt használtam. A kísérlet során az egyedeket egy ACI-BIC-300 (U-THERM International (H. K.) típusú fitotronban tároltam, szabályozott körülmények között (átlagosan 19,3°C hőmérséklet, 70%-os relatív páratartalom, 16L:8D megvilágítás).

Minden nap figyeltem az imágók tojásrakási tevékenységét. Ha megtörtént a tojások levélszélbe süllyesztése, a leveleket egy másik, műanyag Petri-csészébe raktam, azon feltüntetve a fafajt, a hozzá tartozó imágó sorszámát, valamint a tojásrakás napját. Ezután az imágóknak friss levelet adtam a további (esetleges) tojásrakáshoz. Ez a folyamat az imágók elpusztulásáig tartott.

A leveleket, melyekbe tojást rakott a nőstény, napi rendszerességgel nedvesítettem az elszáradás elkerülése érdekében, valamint folyamatosan figyeltem a lárvák kelését. A kikelt lárvákat, amennyiben nem egyszerre keltek ki az adott levélen lévő összes tojásból, áthelyeztem egy friss levélre, és megjelöltem a kikelésük napját. Amennyiben az adott levelén lévő összes tojásból egyazon napon keltek ki az álhernyók, csak a kikelés napját jelöltem meg a Petri-csészén, hogy az átrakás okozta stresszt elkerüljem.

A lárvák fejlődését tovább figyeltem napi rendszerességgel, valamint nedvesítettem a hajtásdarabokat. Ha a lárvák elfogyasztották a levelet, újabbat adtam nekik. Az álhernyók esetleges elpusztulásának idejét feljegyeztem.

Sikeres továbbfejlődés esetén, feljegyeztem a gubóképzés, majd az eonimfa, a pronimfa és a báb fejlődési stádiumok kialakulásának idejét. A bábozódott egyedeket egyesével, külön-külön Petri-csészébe helyeztem, és vártam az imágóvá alakulásukat. A kifejlődött egyedek fekunditását is nyomon követtem. A kísérlet az imágók elpusztulásáig tartott, az adatokat a Microsoft Office 2007 programcsomag Excel programja segítségével elemeztem.

3.4. A kanyargós szillevéldarázs csapdázásával kapcsolatos vizsgálatok

3.4.1. Az ideális csapdaszín meghatározása

A kanyargós szillevéldarázs csapdázási lehetőségeivel kapcsolatos vizsgálatokban, az első fontos lépés annak megállapítása volt, hogy milyen színű ragacs-lappal csapdázható legjobban a faj. A kísérletben 3 különböző színű Csalomon® palást csapdát használtam, melyek ragacsos felülete 23 × 36 cm volt. A három kiválasztott szín a fehér (PALf), a sárga (PALs) és a zöldessárga (PALz) volt. A zöldessárga színű csapdát azért vontam be a kísérletbe, mert a cseresznyelégy [*Rhagoletis cerasi* (Diptera: Tephritidae)] csapdázásánál jobb eredményeket értek el vele, mint a hagyományos sárga színűvel (Tóth et al. 2004).

A csapdákat a Kecskemét határában lévő ültetvényerdőben helyeztem ki. Minden színből 12 ismétlést akasztottam ki a fák alsóbb ágaira 1,5–2,5 méteres magasságba. A csapdatesteket blokkszerűen helyeztem el. Három különböző színű csapda került egy blokkba, köztük a távolság legalább 2 méter, a blokkok közötti távolság pedig legalább 9 méter volt. A csapdázást, a lehető legnagyobb fogási adatok elérésének érdekében, az első – már az adott évben fejlődött – nemzedék imágóinak rajzási idejére időzítettem: 2012. május 19-e és 2012. május 31-e között voltak kint a területen.

A három különböző színű csapda fogásait véletlen blokk elrendezésű ANOVA modellel hasonlítottam össze a szín (fehér, sárga, zöldessárga), mint fix faktor alapján. Egy szélsőségesen

ANYAG ÉS MÓDSZER

magas értéket winsorizáltam 99%-os szintre (WILCOX, 2005). A reziduumok normalitását Kolmogorov–Smirnov teszttel igazoltam ($\chi^2(35) = 0,064$; $p = 0,2$). Bár a szóráshomogenitás nem teljesült (Levene $p < 0,05$), azonban a kisebb átlagokhoz tartoztak a kisebb szórások, valamint a mintaelemszámok is közel azonosak voltak, ezért a post hoc tesztnél a Games–Howell módszert alkalmaztam. A próba erejét és a hatás nagyságát is értékeltem. A statisztikai elemzés során IBM SPSS Statistic 23 programot használtam.

3.4.2. Hatékony csapdázási magasság meghatározása

Az ideális csapdamagasság meghatározásakor a kísérlet célja az volt, hogy meghatározzam, hogy tavasszal a talajból kirajzó első imágók hatékony detektálásához milyen magasságban célszerű elhelyezni a csapdákat. Ezt a vizsgálatot, csak úgy mint a megfelelő szín megállapításakor, szintén a Kecskemét határában található ültetvényerdőben végeztem. A kísérlet során, a Csalomon® PALz zöldessárga színű palást csapdáit használtam, melyeket véletlenszerűen, három különböző magasságban helyeztem el. A magasságok megválasztásakor a fő szempont az volt, hogy legyen egy olyan magasság, ami a talajhoz közel van, mivel az eonimfák a talajban telelnek, az imágóik onnan bújnak elő. Emellett, legyen egy, ami kb. fejmagasságban helyezkedik el (azaz a gyakorlatban könnyen kihelyezhető, kezelhető), és egy, ami a lombkorona magasabb szintjében detektál. Ily módon, a három magasságnak rendre a 0,5, 2 és 8 m-t választottam (18. ábra). A legmagasabban elhelyezkedő csapdák kihelyezéséhez egy átalakított horgászbotot használtam, hogy a elérjem a kívánt magasságot. A kísérletet két egymást követő évben végeztem el. 2013-ban a csapdákat 5 ismétlésben április 17-én helyeztem ki, leolvasásuk május 18-án történt, míg 2014-ben a 15 ismétléssel végzett megfigyelés március 26-a és április 14-e között zajlott.

A kapott adatokat statisztikailag elemeztem. A 2013. évi vizsgálatok során, az egyik 8 m magasságban, a 2014-ben pedig, az egyik 0,5 m magasságban és négy 8 m magasságban kihelyezett csapda a vizsgálat ideje alatt, valamikor leesett, így ezeket az adatokat kizártam a statisztikai elemzésből. A két év fogási értékeit egytényezős blokkos varianciaanalízissel (ANOVA) elemeztem. Elemzés előtt az adatokat transzformáltam $y = \sqrt{x}$, hogy a reziduumok normalitása és a szórásnégyzetek homogenitása teljesüljön. A reziduumok normalitását Kolmogorov–Smirnov teszttel igazoltam ($\chi^2(51) = 0,112$; $p = 0,149$), a szóráshomogenitást pedig Levene's teszttel ellenőriztem ($F(5;45) = 1,076$; $p = 0,386$). A statisztikai elemzés során IBM SPSS Statistic 23 programot használtam.



18. ábra: Különböző magasságokba kihelyezett PALz csapdák

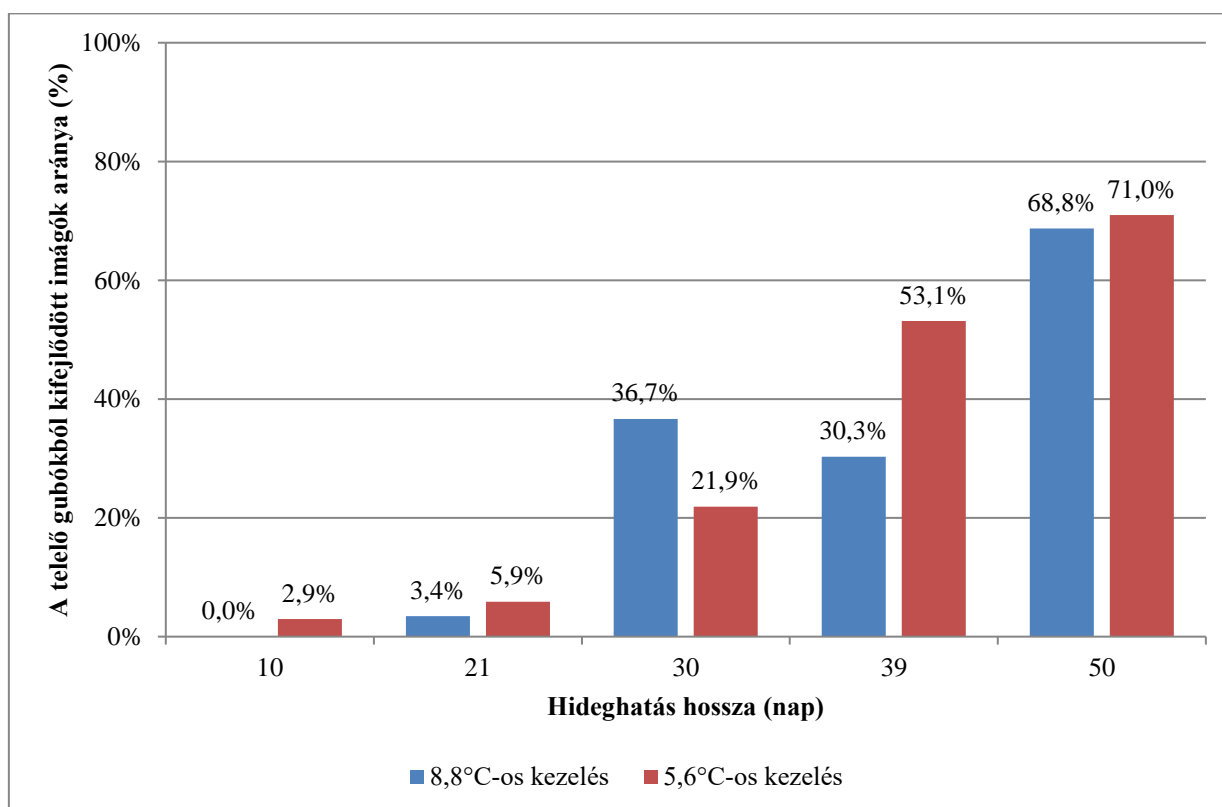
(Fotó: Papp V.)

4. EREDMÉNYEK

4.1. A kanyargós szillevéldarázs telelése és hidegtűrése

4.1.1. Telelési és hidegthatás vizsgálatok eredményei

Az *A. leucopoda* fajjal kapcsolatos hidegthatás vizsgálatok során két módszert alkalmaztam. Az első módszer esetében, az ősszel begyűjtött telelő egyedeket kétféle – 5,6°C és 8,8°C – állandó, alacsony hőmérsékletre helyeztem, különböző időtartamra. A legrövidebb ideig tartó hidegkezelés 10 napig, a leghosszabb 50 napig tartott. A kezelést követően, az egyedeket egységesen 23°C-os, hosszúnappalós körülmények közé helyeztem. Az így tartott kanyargós szillevéldarázs telelő gubók közül, a kifejlődött egyedek arányát a 19. ábra szemlélteti.



19. ábra: A különböző hosszúságú és különböző mértékű hidegthatásnak kitett *A. leucopoda* telelő gubókból előjövő imágók aránya

Az ábra alapján megállapítható, hogy a legkevesebb hidegthatást kapott telelő gubókból csak elenyésző mennyiségű imágó rajzott ki, azonban az arány a hidegthatás hosszának növekedésével fokozatosan nőtt. A leghosszabb ideig, azaz 50 napig (2014. december 16-ig) hidegen tartott telelő eonimfáknak 8,8°C-on 68,8%-a, míg 5,6°C-on 71%-a tudott tovább fejlődni.

Azokat a gubókat, melyekből nem kelt ki imágó, a kísérlet lezárását követően felboncoltam, és azt tapasztaltam, hogy az egyedek többsége elpusztult, vagy a kísérlet beállításakor egy-egy esetben tévesen, üres gubót használtam fel (összesen hét ilyen eset volt). Az elpusztult egyedek döntő többsége, összeszáradt, de találtam micéliummal átszótt egyedeket, és parazitált egyedeket is (6. táblázat). A micéliummal átszótt egyedek esetén azt, hogy a kórokozó parazita vagy szaprofita volt, nem sikerült megállapítani.

6. táblázat: A különböző hideghatásnak kitett *A. leucopoda* gubók a kísérlet lezárását követő vizsgálatának végeredménye

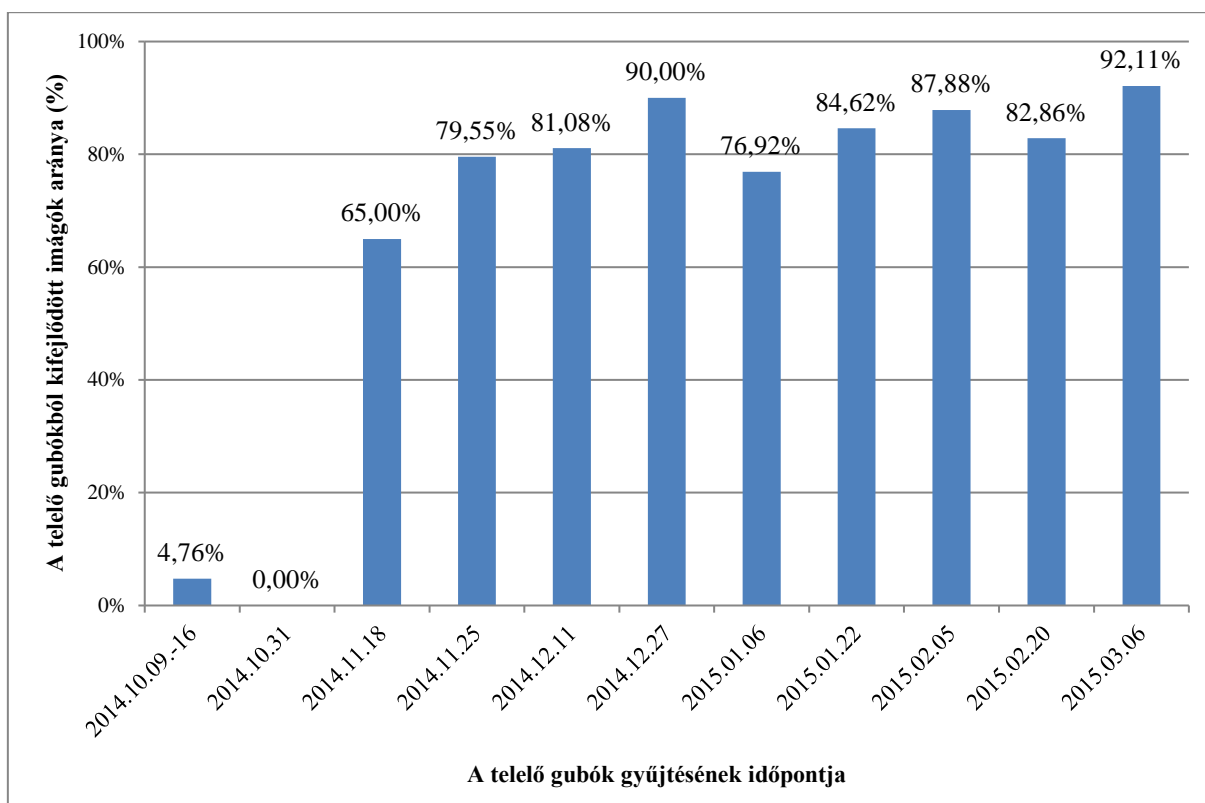
Hőmérséklet (°C)	Hideghatás hossza (nap)	Begyűjtött egyedek száma (db)	Elpusztult egyedek száma (db)	Összeszáradt egyedek (%)	Micéliummal átszótt egyedek (%)	Parazitált egyedek (%)
5,6	10	37	37	95	3	3
	21	36	34	82	9	0
	30	36	27	70	22	0
	39	37	33	70	12	0
	50	37	21	48	19	0
8,8	10	37	37	89	5	3
	21	32	32	89	3	3
	30	36	31	81	10	3
	39	37	22	68	9	14
	50	36	19	47	26	5

A kanyargós szillevéldarázs telelő eonimfáinak tavaszi továbbfejlődéséhez szükséges hideghatás időtartamának vizsgálatára, a második kísérlet során, kéthetente szabadföldről begyűjtött egyedeket helyeztem 23°C-os, hosszúnappalos körülmények közé, és figyeltem a fejlődésüket. A kísérlet során kifejlődött imágók arányát a 20. ábra szemlélteti.

Az első két alkalommal begyűjtött egyedek közül csak 1 db imágó rajzott ki (a 2014. október 9-16-ai gyűjtésből), azonban a november 18-ai gyűjtést követően, a kirajzó imágók aránya már meghaladta a 65%-ot, a 2015. március 6-ai gyűjtésből az egyedek 92,11% kifejlődött.

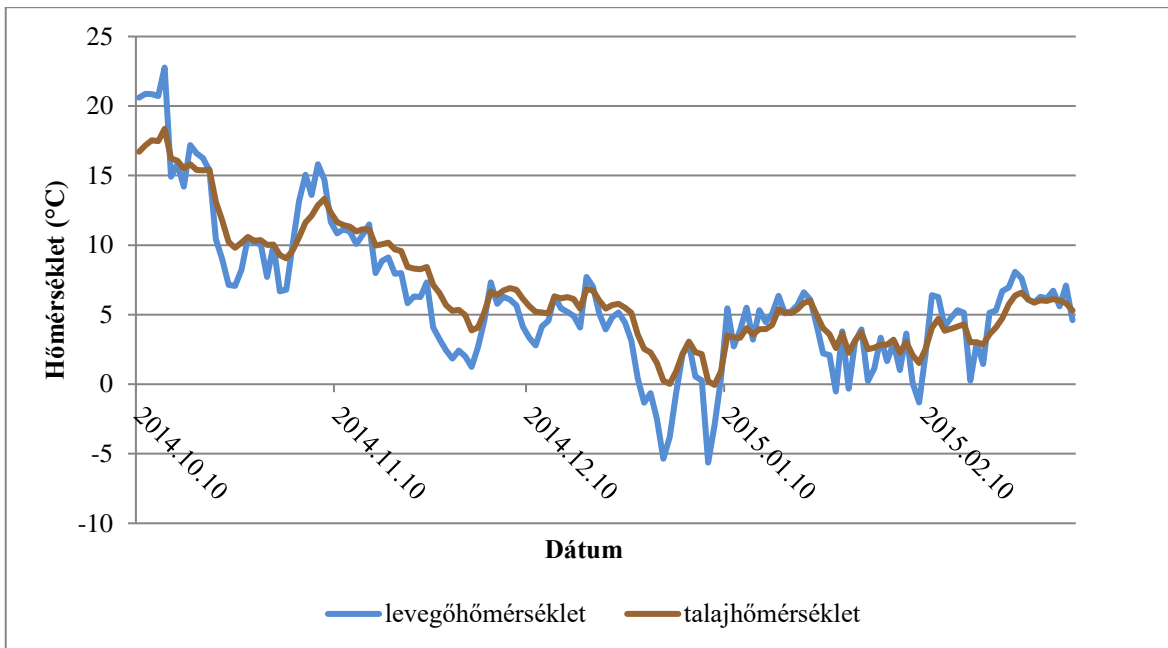
A kísérlet lezárásakor, ebben az esetben is felboncoltam a gubókat. Az elpusztult egyedek döntő többségükben összeszáradtak, csak néhány esetben találtam micéliummal átszótt eonimfákat (7 db), és összesen 4 db parazitoid fejlődött ki a begyűjtött mintákból.

EREDMÉNYEK



20. ábra: A szabadföldről, kétheti rendszerességgel begyűjtött és fitotronba helyezett *A. leucopoda* telelő gubókból kirajzott imágók aránya

Az ültetvényerdő levegőjének és a legfelső talajrétegének (az *A. leucopoda* téli gubók jellemző előfordulási zónája) hőmérsékleti adatait 2014. október 10. és 2015. március 6. között digitális hőmérővel rögzítettem. A napi hőmérsékletek átlagait az alább ábra szemlélteti. A talaj hőmérséklete október 24-ét követően, néhány nap kivételével, 10°C körül alakult. Tartósan 10°C alatti hőmérsékleteket november 18. után, tartósan 5°C alatti értékeket pedig december 27. után mértem a talajban. A leghidegebb napi átlagos talajhőmérsékletet január 8-án rögzítette a készülék, ennek értéke -0,05°C volt.



21. ábra: A Kecskemét határában lévő szil-akác ültetvényerdő hőmérsékleti adatai
(2014. október 10 – 2015. március 6.)

A vizsgálatok során talált parazitoid faj (22. ábra) meghatározása érdekében, elküldtük az egyedeket Dr. Martin Schwarznak (Biologiezentrum Linz, Ausztria), aki megállapította, hogy a talált példányok egy tudományra új faj, az *Aptesis cretatoides* egyedei, amelyek a Hymenoptera renden belül, a valódi fürkészdarazsak (Ichneumonidae) családjába, azon belül a Cryptinae alcsaládba tartoznak (SCHWARZ 2018).



22. ábra: Az *A. leucopoda* telelésével kapcsolatos vizsgálatok során talált *Aptesis cretatoides* parazitoid (Fotó: Varga Á.)

EREDMÉNYEK

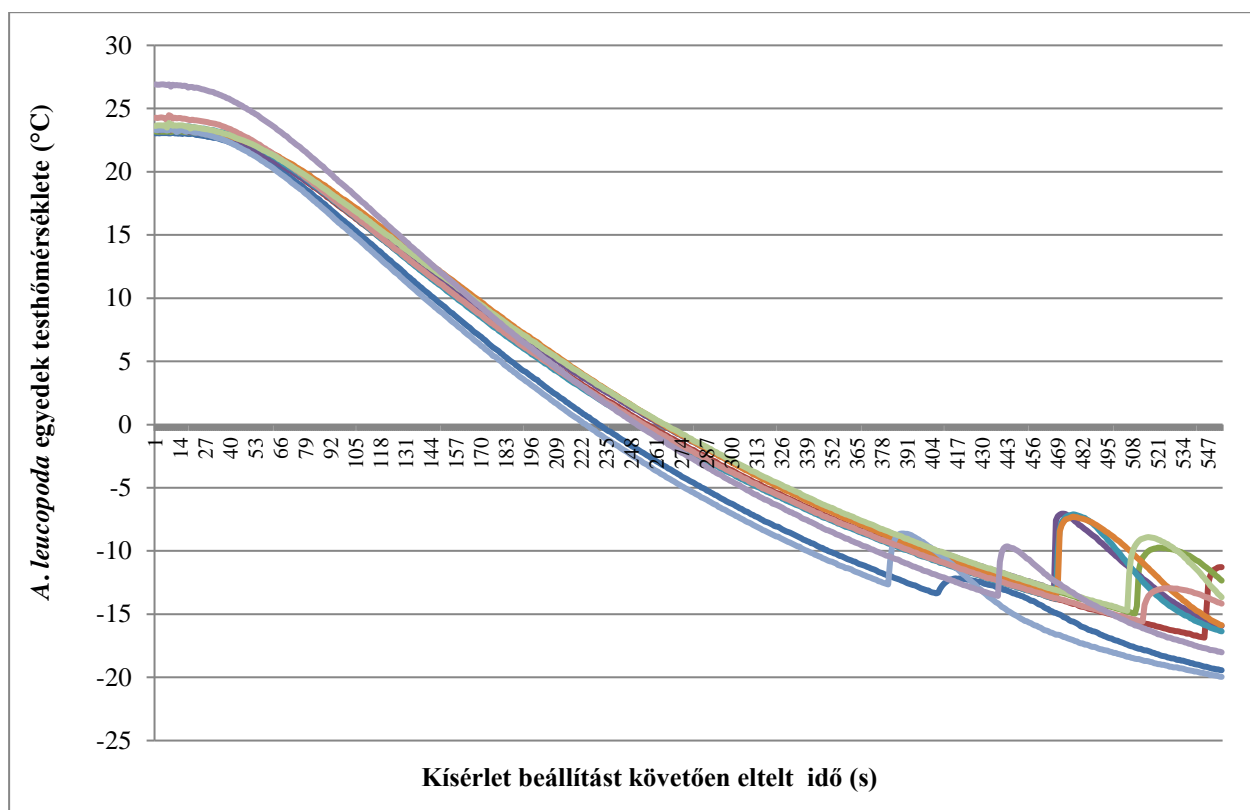
4.1.2. A kanyargós szillevéldarázs hidegtűrése

Az *A. leucopoda* fagyűrésével kapcsolatos vizsgálat során, a telelő eonimfák SCP pontjai kerültek meghatározásra. A vizsgálatok elkezdése előtt, minden esetben megmértem az egyedek tömegét is. A mért tömegek és az SCP értékek közötti összefüggést minden alkalommal vizsgáltam és csupán egy esetben, a 2015. március 16-án, Kecskeméten gyűjtött egyedeknél találtam az adatok között enyhe korrelációt, a többi esetben az SCP érték nem függött az egyedek testtömegétől a (7. táblázat).

7. táblázat: Az *A. leucopoda* eonimfák tömegei és SCP értékei közötti korreláció mértéke

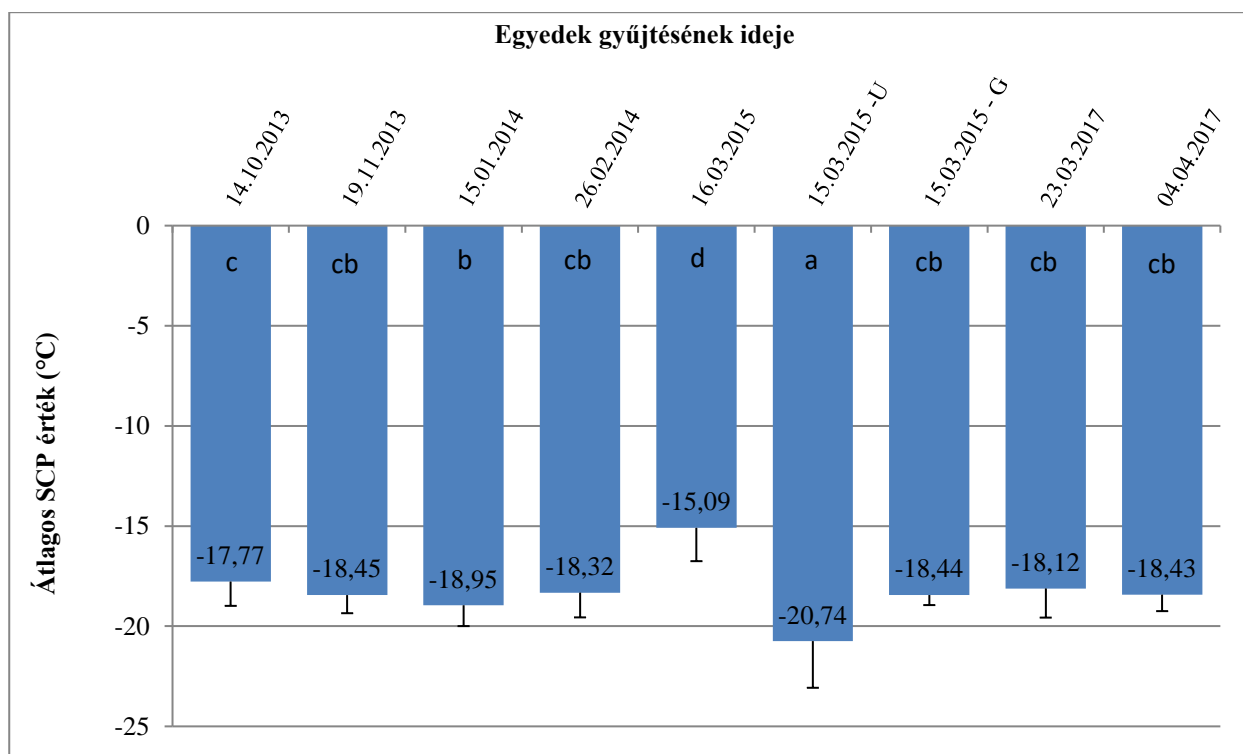
Gyűjtés helye	Gyűjtés ideje	r	p
Kecskemét	2013.08.12	0,138	0,391
Kecskemét	2013.10.14	0,195	0,247
Kecskemét	2013.11.19	0,009	0,957
Kecskemét	2014.01.15	-0,166	0,287
Kecskemét	2014.02.26	-0,186	0,196
Kecskemét	2015.03.16	-0,366	0,022
Udine (IT)	2015.03.15	0,101	0,575
Gonars (IT)	2015.03.15	-0,561	0,439
Kecskemét	2017.03.23	-0,001	0,997
Kecskemét	2017.04.04	0,115	0,493

Az SCP pont meghatározásakor kapott adatsorokat (23. ábra) feldolgoztam. Minden egyed esetében, kigyűjtöttem a jégkristályképződést jelző hőmérsékletemelkedést megelőző legalacsonyabb hőmérsékleti értéket, azaz az SCP értéket.



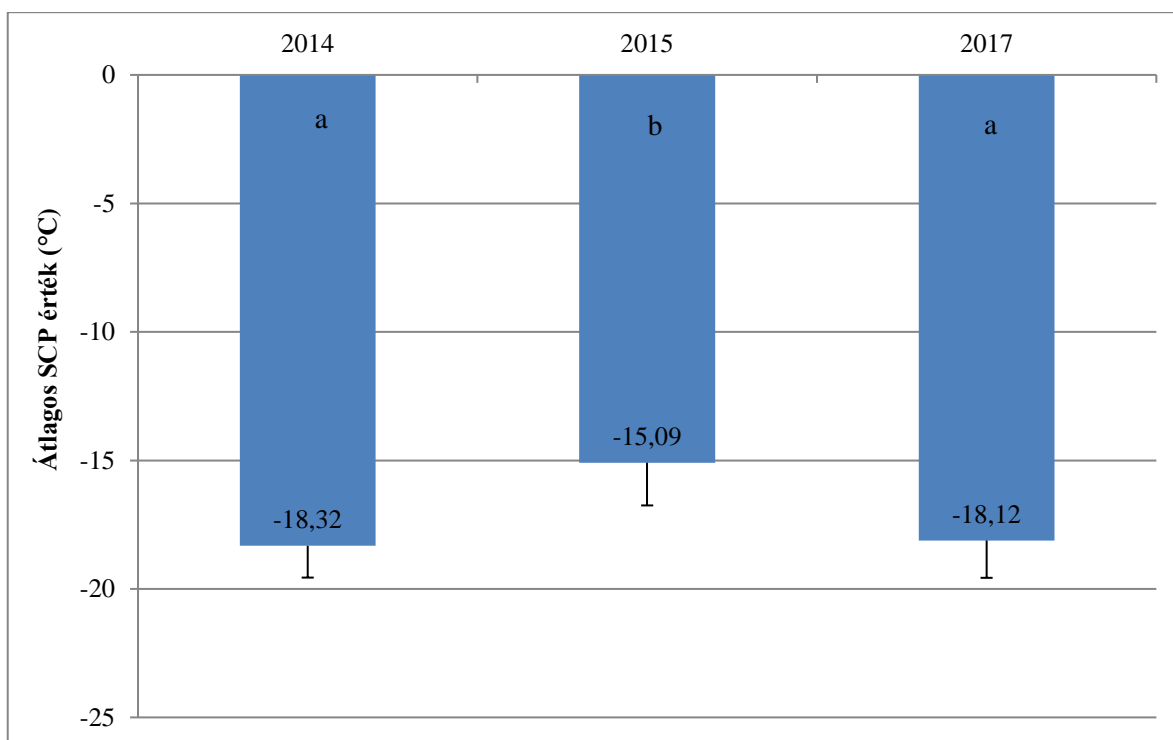
23. ábra: Az *A. leucopoda* egyedek SCP értékének vizsgálatokor mért testhőmérsékleti adatok grafikus ábrázolása. A különböző színű vonalak, különböző egyedekhez tartoznak (N = 10 db/mérés).

A különböző gyűjtési időpontokból származó egyedek SCP értékei között szignifikáns különbség mutatkozott ($F(8;285) = 49,343$; $p < 0,001$) (6.2 Melléklet, 1.1.1.). Mivel a szóráshomogenitás sérült, ezért a Games–Howell módszert alkalmaztam a post hoc tesztnél. A teszt segítségével kimutattam, hogy a 2013. októberi és 2014. januári gyűjtésű egyedek eredményei között szignifikáns különbség van ($p < 0,001$). A két minta értékei azonban nem különböznek a 2013. novemberi, 2014. februári, 2015. márciusi gonars-i és a 2017-es minták eredményeitől. A 2015. március 16-án, Kecskeméten gyűjtött telelő eonimfák SCP értékei szignifikánsan magasabbak ($p < 0,001$), míg a 2015. március 15-én Udine-ben gyűjtött minta SCP pontjai jelentősen alacsonyabbak ($p < 0,001$), mint a többi gyűjtési időből származó egyedeké (24. ábra).



24. ábra: A különböző időpontokban gyűjtött telelő *A. leucopoda* eonimfák SCP értékei (A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek, $p < 0,05$)

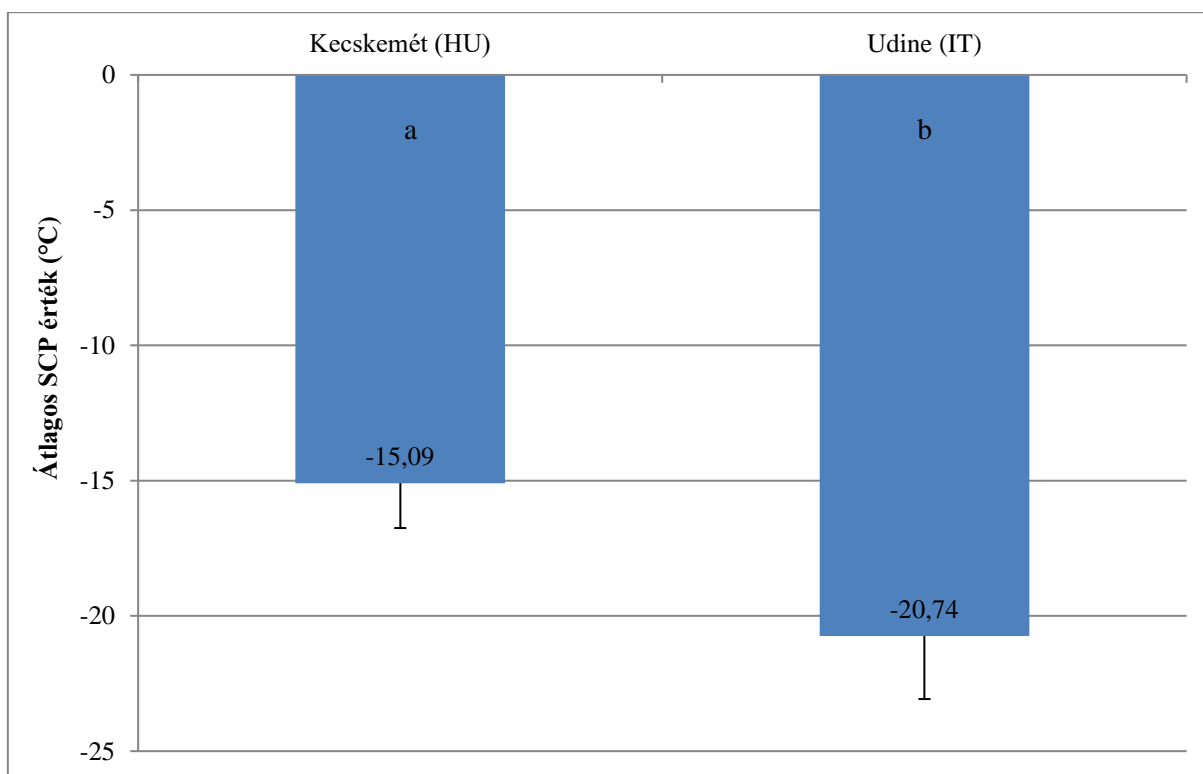
Az évjárat hatásának vizsgálata során, a három azonos gyűjtési helyről (Kecskemét) és közel azonos időszakból származó minták (2014. február 26., 2015. március 16. és 2017. március 23.) eredményeit hasonlítottam össze. Az elemzés során szignifikáns különbséget találtam ($F(2;104) = 60,302$; $p < 0,001$) (6.2 Melléklet, 0.). Az évjárat faktor hatásának nagysága közepes ($\eta^2p = 0,537$), és a próba ereje igen magas ($0,99 <$). Az adatok páronkénti összehasonlítása (Scheffe próba) kimutatta, hogy szignifikáns különbség van a 2015-ös és a 2014-es, valamint a 2017-es minták eredményei között ($p < 0,001$). A 2014-es és a 2017-es év márciusi időszakában mért adatok között szignifikáns különbség nem volt kimutatható ($p = 0,867$) (25. ábra).



25. ábra: Az *A. leucopoda* telelő eonimfák átlagos SCP értékei 2014., 2015. és 2017. kora tavaszi időszakában (A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek, $p < 0,05$)

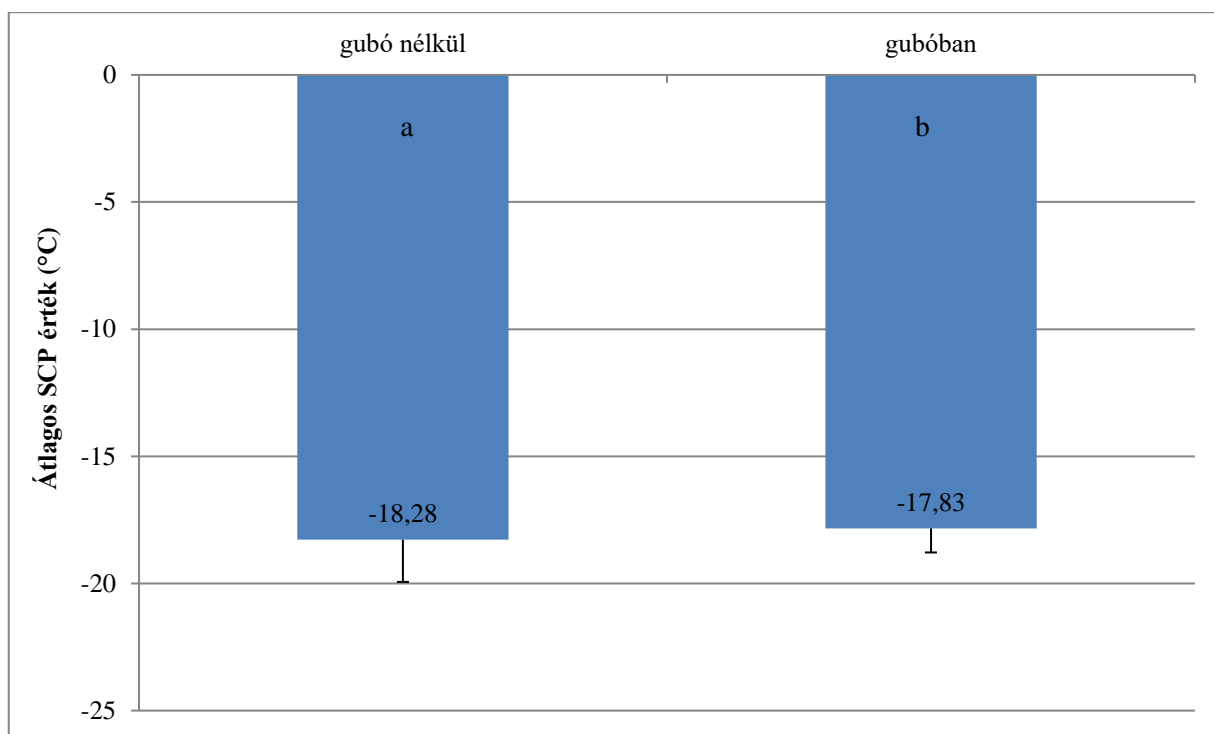
Annak vizsgálatára, hogy az SCP értéket befolyásolja-e a kanyargós szillevéldarázs különböző populációinak földrajzi elhelyezkedése, a 2015. március 15-én és 16-án gyűjtött udinei és kecskeméti adatokat hasonlítottam össze. Az elemzés során, szignifikáns különbséget találtam ($F(1;70) = 143,447$; $p < 0,001$) (6.2 Melléklet, 0.). A földrajzi elhelyezkedés, mint faktor hatás nagysága közepes ($\eta^2_p = 0,672$), és a próba ereje magas volt ($0,99 <$) (26. ábra).

EREDMÉNYEK



26. ábra: Különböző helyekről [Kecskemét (HU), Udine (IT)] begyűjtött *A. leucopoda* telelő onimfák átlagos SCP értékei (A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek, $p < 0,05$)

A 2013. augusztusában gyűjtött mintákat nem hasonlítottam össze a többivel, mivel ezeket eltérően kezeltem. Gyűjtés után, a mérés időpontjáig hűtőben tartottam, valamint az egyedek SCP értékeit kétféleképpen mértem meg. Az egyik esetben, a gubóban hagytam az állatokat, míg a másikban óvatosan eltávolítottam őket a gubóból, és a rovartest hőmérsékletét közvetlenül mértem. Az elemzés eredményeképpen statisztikai különbséget lehetett kimutatni köztük ($F(1,39) = 58,537$; $p < 0,001$) (8.2 Melléklet, 1.1.4.). A gubó, mint faktor hatás nagysága közepes ($\eta^{2p} = 0,6$), és a próba ereje ebben az esetben is magas volt ($0,99 <$) (27. ábra).



27. ábra: Az *A. leucopoda* telelő eonimfák gubó védelmében és a gubóból kiszedve mért átlagos SCP értékei (A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek, $p < 0,05$)

Az SCP vizsgálatokat követően, az *A. leucopoda* eonimfákat minden esetben 24 óráig szobahőmérsékleten tartottam annak érdekében, hogy meg tudjam vizsgálni, hogy a jégkristályképződés ellenére, az egyedek túléltek-e a kezelést, de egy esetben sem mutattak életjeleket az eonimfák.

4.2. A kanyargós szillevéldarázs fejlődése

4.2.1. A kanyargós szillevéldarázs fejlődése állandó hőmérsékleten

A kanyargós szillevéldarázs valamennyi vizsgált hőmérsékleten kifejlődött, a 27°C-on végzett kísérletet kivéve, ahol a legtovább fejlődő egyedek is elpusztultak eonimfa stádiumban. A fejlődési idő (nap) a hőmérséklet emelkedésével csökkent, minden fejlődési stádium esetében. A lárvakelés 27°C-on zajlott a leggyorsabban, átlagosan 4,1 napig tartott. Ezzel ellentétben, 10,9°C-on ez a folyamat körülbelül ötször lassabban zajlott, átlagosan 20,2 napig tartott. Egy teljes nemzedék kifejlődéséhez 10,9°C-on átlagosan 85, míg 24,3°C-on 23,5 napra volt szükség (8. táblázat).

Az eonimfa és pronimfa stádiumokat az adatok elemzésekor együttesen kezeltem, ugyanis a pronimfa stádium olyan rövid ideig tartott – 10,9°C-on is minden esetben egy nap alatt átalakult

EREDMÉNYEK

a pronimfa bábbá –, hogy nem minden esetben sikerült megfigyelnem ezt a stádiumot. A naponkénti ellenőrzési gyakoriság miatt pedig különbséget sem tudtam kimutatni a pronimfák fejlődési ütemében a különböző hőmérsékleteken.

8. táblázat: *A. leucopoda* átlagos fejlődési ideje (nap \pm SE) a hat vizsgált, állandó hőmérsékleten fenológiai fázisonként (N: egyedszám)

Hőmérséklet (°C)	Tojás	N	Lárva	N	Eo-és pronimfa stádiumok	N	Báb	N	Teljes nemzedék	N
10,9	20,2 \pm 1,3	9	43,3 \pm 4,8	4	7,8 \pm 1,7	4	13,5 \pm 0,6	4	85,0 \pm 7,2	4
15,0	10,8 \pm 0,7	80	30,1 \pm 4,2	65	4,4 \pm 0,7	65	7,7 \pm 0,7	63	53,0 \pm 4,3	63
19,5	8,2 \pm 0,7	204	19,5 \pm 2,1	144	3,3 \pm 0,7	142	5,5 \pm 0,7	139	36,3 \pm 2,3	139
23,0	5,9 \pm 0,6	103	16,2 \pm 4	78	2,3 \pm 0,5	73	3,9 \pm 0,4	74	27,3 \pm 2,4	74
24,3	5,5 \pm 0,7	65	12,8 \pm 2,0	29	2,3 \pm 0,4	28	3,0 \pm 0,4	25	23,5 \pm 2,0	25
27,0	4,1 \pm 0,5	123	12,5 \pm 1,7	4	-	0	-	0	-	0

A kísérlet során azt tapasztaltam, hogy az *A. leucopoda* egyedek nem minden esetben hat lárvastádium után fejlődtek eonimfává. Egyes esetekben, ennél kevesebb, akár négy lárvastádium is elegendő volt, míg néhány egyed csak a hetedik lárvastádium után vált eonimfává. Mindegyik hőmérsékleten azonban, az L₆-os lárvák fejlődtek tovább a legnagyobb arányban (50% \leq). A hőmérsékletenkénti pontos adatokat a 9. táblázat tartalmazza, ahol lárvastádiumokra bontva látható az eonimfává fejlődő egyedek aránya. A 27°C-on végzett kísérlet adatai azért nem szerepelnek a táblázatban, mert az egy előzetes kísérlet volt, melynek során nem különítettem el a különböző lárvastádiumokat. Mivel a lárvastádiumok száma változó volt, az elemzésnél a lárvastádiumokat egyben kezeltem.

9. táblázat: A különböző lárvastádiumokból eonimfává alakuló *A. leucopoda* egyedek aránya

	10,9°C	15°C	19,5°C	23°C	24,3°C
L ₄	25%	1,5%	2,8%	2,4%	-
L ₅	25%	6,2%	22,8%	25,6%	27,3%
L ₆	50%	67,7%	51,5%	58,5%	51,5%
L ₇	-	24,6%	13,9%	13,4%	21,2%

A kísérlet során tapasztalt mortalitási értékeket a 10. táblázat tartalmazza. A legnagyobb mortalitást a két szélső hőmérsékleten tapasztaltam. 27°C-on az egyedek 100%-a elpusztult, 10,9°C-on pedig a 98%-uk. Az egyedek pusztulásának pontos okát (kiszáradás, nem megfelelő

táplálék, fertőzés,...) nem tudtam megállapítani. A mortalitási értékek alapján, a legkedvezőbbnek a 19,5°C-on történt nevelés bizonyult. Itt a tojásmortalitás csupán 9% volt, az egyedek 57%-a teljesen ki tudott fejlődni.

10. táblázat: Az *A. leucopoda* egyedek nevelése során tapasztalt mortalitási arányok fejlődési stádiumonként

Hőmérséklet (°C)	Tojások mortalitása (%)	Lárvák mortalitása (%)	Eonimfák és pronimfák mortalitása (%)	Bábok mortalitása (%)	A kísérlet során tapasztalt teljes mortalitás (%)
10,9	39	96	0	0	98
15,0	41	39	0	3	64
19,5	9	37	2	2	43
23,0	40	40	2	8	64
24,3	32	72	15	10	85
27,0	39	96	100	-*	100

*27°C-on egy egyed sem érte el a bábstádiumot.

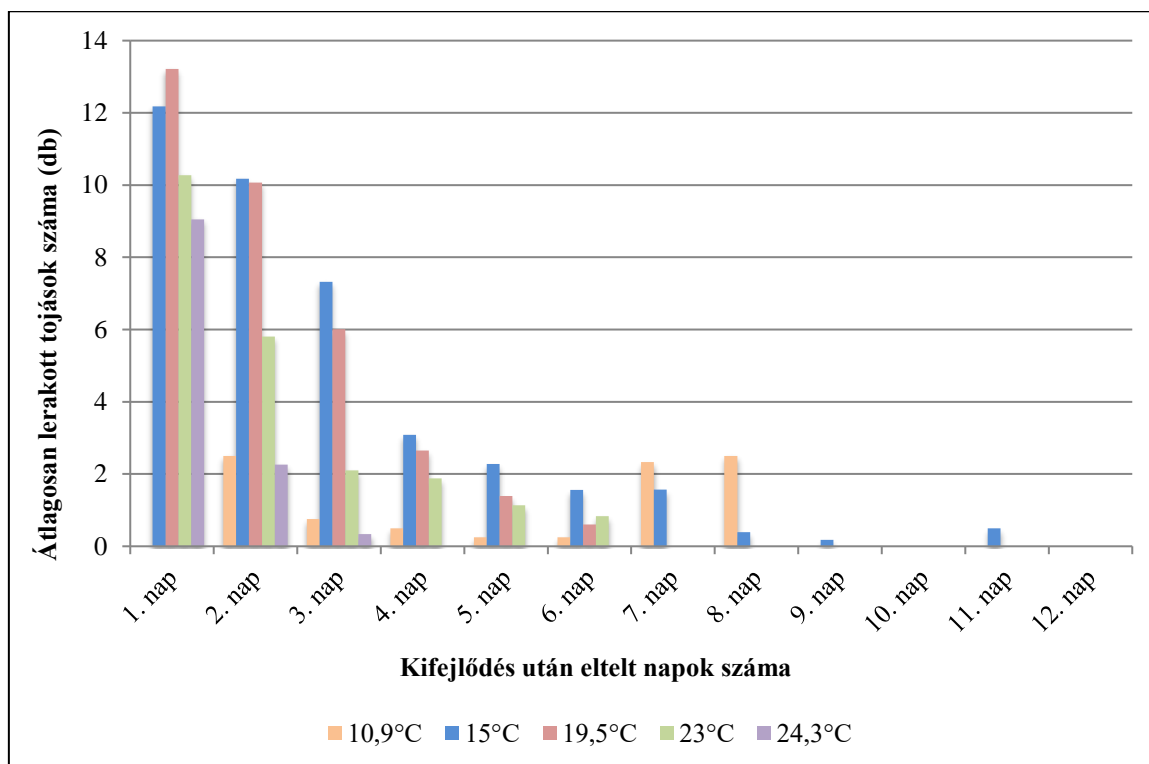
A 11. táblázat a kísérlet során kifejlődött imágók adatait tartalmazza. Megállapítható, hogy 19,5°C-on fejlődött ki a legtöbb egyed, összesen 139 db, a kísérlet során ezen a hőmérsékleten volt a legalacsonyabb a mortalitás (43%). A kifejlett egyedek átlagos élettartama 10,9°C-on volt a leghosszabb, csaknem 8 nap, míg 24,3°C-on a legrövidebb, kb. 3 nap. A nőstények által lerakott tojások átlagos száma 15°C-on volt a legmagasabb, 36,7 db/nőstény, azonban az egyes nőstényeknél, a tojásszám néhány esetben ennek közel a kétszeresét is elérte.

11. táblázat: A kifejlődött *A. leucopoda* egyedek élettartama és fekunditása nevelési hőmérsékletenként

Hőmérséklet (°C)	Kifejlődött egyedek száma (db)	Kifejlett egyedek átlagos élettartama (nap)	Maximális élettartam /nőstény (nap)	Átlagos tojásszám (db)	Maximális tojásszám /nőstény (db)
10,9	4	7,8 ± 1,7	10	7,3 ± 11,4	24
15,0	63	6,8 ± 1,9	12	36,7 ± 18,2	70
19,5	139	4,9 ± 1,0	7	32,8 ± 15,1	71
23,0	73	3,8 ± 1,3	8	19,1 ± 12,6	54
24,3	25	3,1 ± 0,6	4	11,8 ± 8,9	26

EREDMÉNYEK

A különböző hőmérsékleten nevelt egyedek átlagos napi fekunditási adatainak alakulását a 28. ábra szemlélteti. Megfigyelhető, hogy a 10,9°C kivételével, a nőstények minden hőmérsékleten az első napon rakták le a legtöbb tojást, valamint a tojások több, mint 65%-át lerakták az első két nap során.



28. ábra: Az *A. leucopoda* nőstények által lerakott átlagos napi tojásszám, nevelési hőmérsékletenként

4.2.2. A kanyargós szillevéldarázs fejlődési ideje

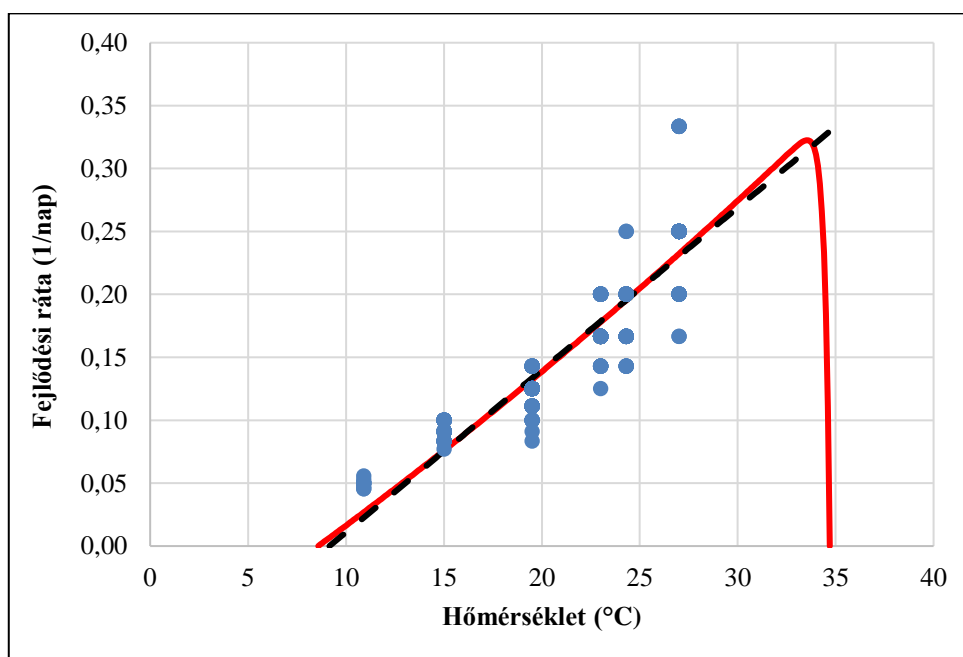
A nevelési kísérletek során kapott fejlődési rátákra (1/nap) illesztett lineáris és Lactin-2 modellek paramétereit és R^2 értékeit a 12. táblázat tartalmazza. A Lactin-2 modell esetén, a modell, a paraméterek és az R^2 szignifikancia szintjét is kiszámoltam, ezek értéke minden esetben $p < 0,001$. Az elemzés részletei a 6.2 Melléklet 2.1.1 – 2.1.5 alpontjaiban találhatóak.

12. táblázat: A lineáris és a Lactin-2 modell paraméterei, R^2 és F értékei fejlődési stádiumonként

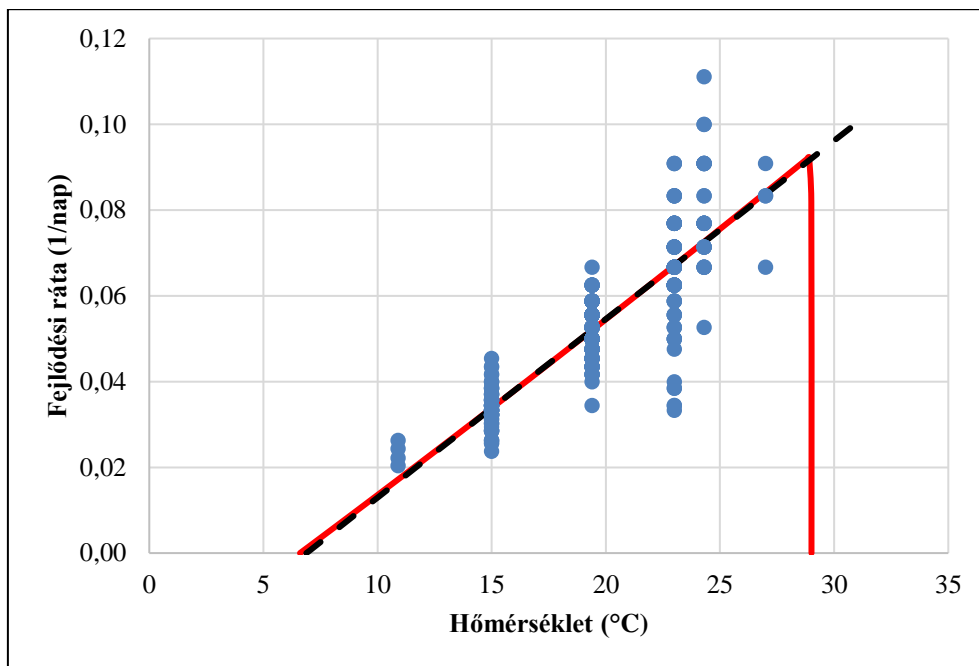
		Tojás	Lárva	Eo- és pronimfa	Báb	Teljes nemzedék
Lineáris modell	a	$-0,118 \pm 0,005$	$-0,029 \pm 0,003$	$-0,164 \pm 0,025$	$-0,161 \pm 0,012$	$-0,015 \pm 0,001$
	b	$0,013 \pm 0,000$	$0,004 \pm 0,000$	$0,026 \pm 0,001$	$0,019 \pm 0,001$	$0,002 \pm 0,000$
	R^2	0,85	0,71	0,58	0,75	0,79
Lactin-2 modell	ρ	$0,010^* \pm 0,000$	$0,004^* \pm 0,000$	$0,018^* \pm 0,001$	$0,014^* \pm 0,000$	$0,002^* \pm 0,000$
	T_L	$35,066^* \pm 0,000$	$29,014^* \pm 0,000$	$27,701^* \pm 0,417$	$27,125^* \pm 0,008$	$27,366^* \pm 0,000$
	ΔT	$0,254^* \pm 0,000$	$0,003^* \pm 0,000$	$0,627^* \pm 0,361$	$0,087^* \pm 0,000$	$0,117^* \pm 0,000$
	λ	$-1,094^* \pm 0,004$	$-1,026^* \pm 0,003$	$-1,098^* \pm 0,023$	$-1,122^* \pm 0,010$	$-1,016^* \pm 0,001$
	R^2	0,71*	0,71*	0,60*	0,77*	0,71*
	F	9228,1*	3227,6*	1987,3*	3075,2*	10380*

*: szignifikancia szint $p < 0,001$

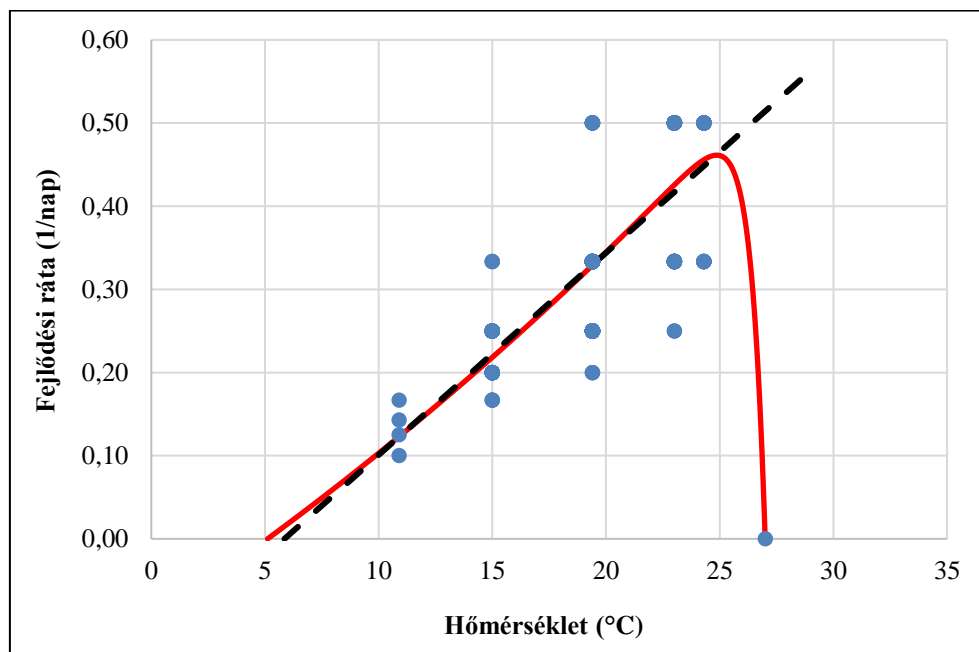
A fejlődési fázisonként (tojás, lárva, eo- és pronimfa, báb), valamint az egy teljes nemzedékre vonatkozó fejlődési ráták és a hozzájuk tartozó lineáris és Lactin-2 modellek grafikonjai a 29–33. ábrákon láthatók.



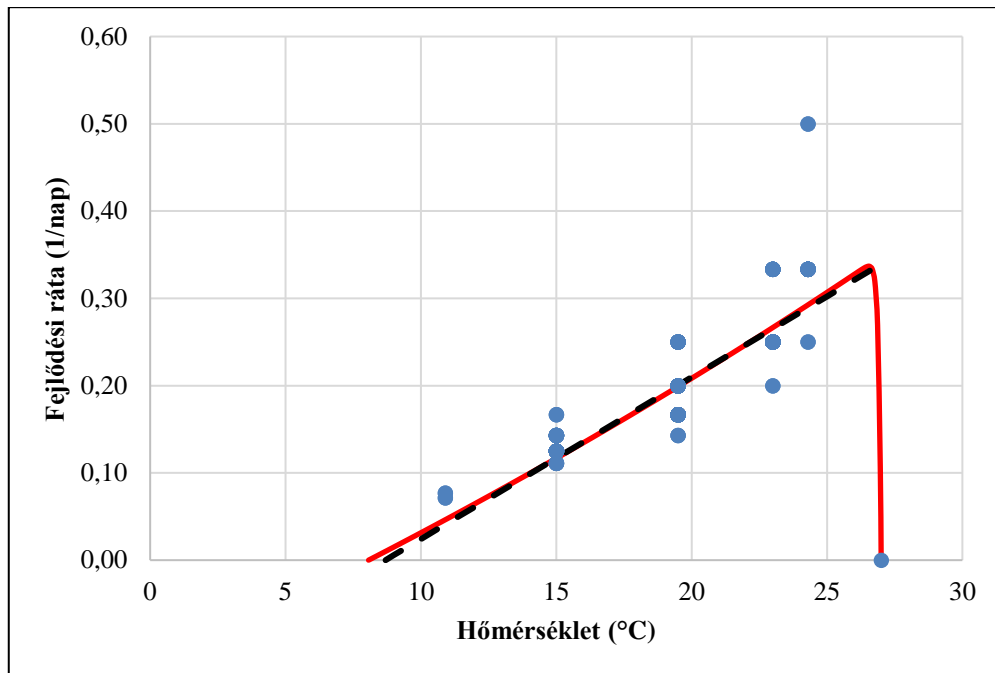
29. ábra: Az *A. leucopoda* tojások fejlődési rátája. Pontok: a vizsgálat során kapott értékek, fekete szaggatott vonal: a mért értékekre illesztett lineáris modell, piros vonal: a mért értékekre illesztett Lactin-2 modell



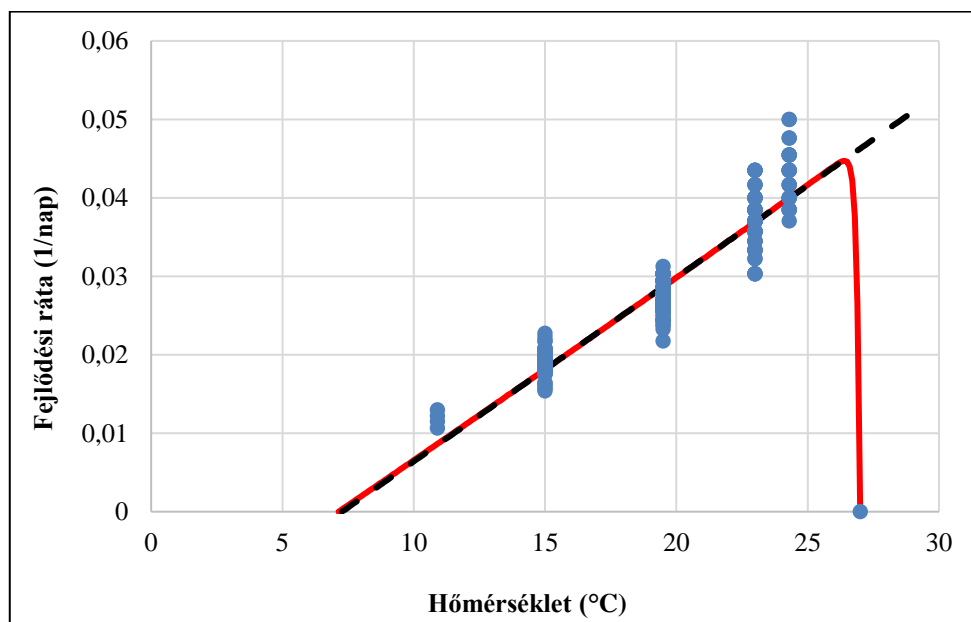
30. ábra: Az *A. leucopoda* lárvák fejlődési rátája. Pontok: a vizsgálat során kapott értékek, fekete szaggatott vonal: a mért értékekre illesztett lineáris modell, piros vonal: a mért értékekre illesztett Lactin-2 modell



31. ábra: Az *A. leucopoda* eo- és pronimfák fejlődési rátája. Pontok: a vizsgálat során kapott értékek, fekete szaggatott vonal: a mért értékekre illesztett lineáris modell, piros vonal: a mért értékekre illesztett Lactin-2 modell



32. ábra: Az *A. leucopoda* bábok fejlődési rátája. Pontok: a vizsgálat során kapott értékek, fekete szaggatott vonal: a mért értékekre illesztett lineáris modell, piros vonal: a mért értékekre illesztett Lactin-2 modell



33. ábra: Az *A. leucopoda* egy teljes nemzedékének fejlődési rátája. Pontok: a vizsgálat során kapott értékek, fekete szaggatott vonal: a mért értékekre illesztett lineáris modell, piros vonal: a mért értékekre illesztett Lactin-2 modell

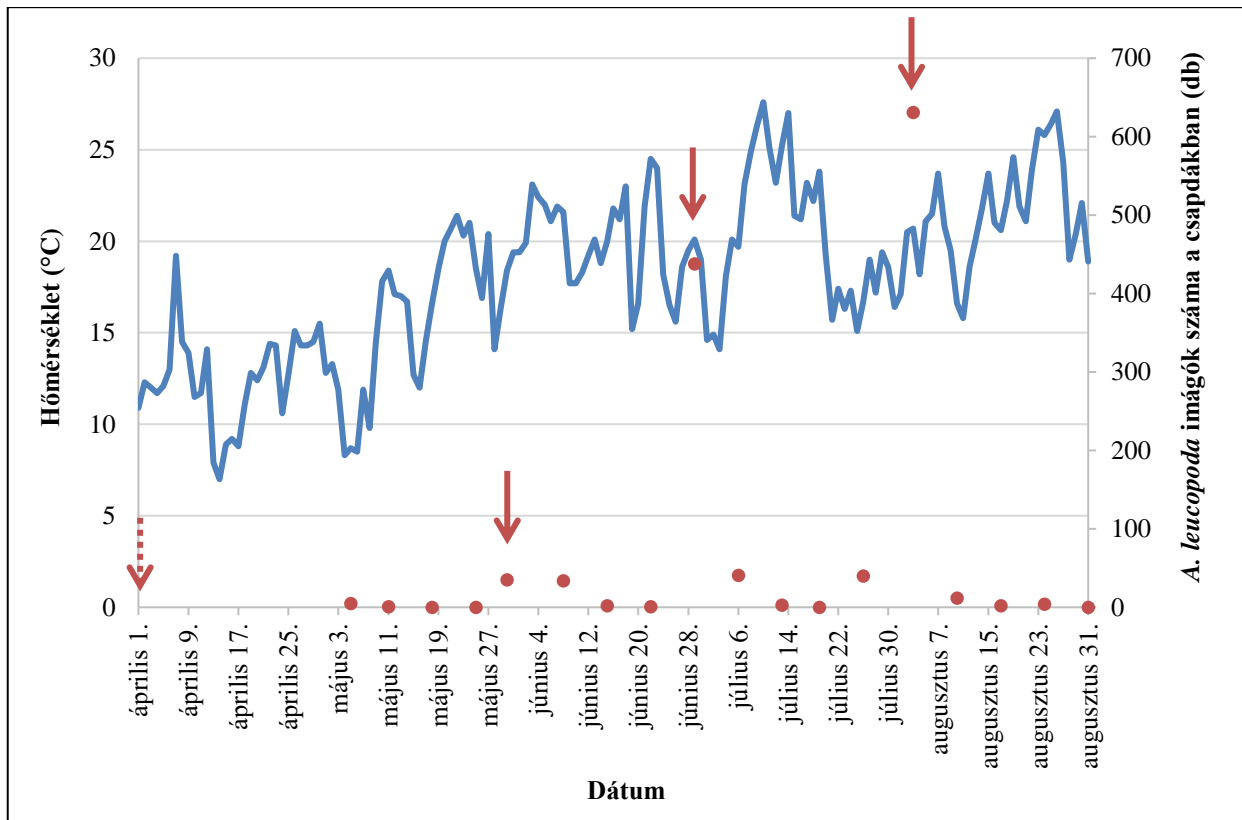
EREDMÉNYEK

A lineáris és a Lactin-2 modell segítségével fejlődési fázisonként számított alsó (T_{\min}) és felső fejlődési küszöbhőmérséklet (T_{\max}), optimális fejlődési hőmérséklet (T_{opt}) és a kifejlődéshez szükséges effektív hőösszeg (K) értékeit a 13. táblázat tartalmazza. Az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és az effektív hőösszeg értékek a két modell esetében közel azonosnak tekinthetők. Egy teljes nemzedék esetén az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet 7°C körül alakul, míg a kifejlődéshez szükséges hőösszeg kb. 430 nap $^{\circ}\text{C}$.

13. táblázat: Az *A. leucopoda* alsó (T_{\min}) és felső fejlődési küszöbhőmérséklete (T_{\max}), optimális fejlődési hőmérséklete (T_{opt}) és a kifejlődéshez szükséges effektív hőösszege (K) a lineáris és a Lactin-2 modell szerint (N: egyedek száma)

		Tojás	N	Lárva	N	Eo-és pronimfa	N	Báb	N	Teljes nemzedék	N
Lineáris modell	T_{\min}	9,2	584	6,9	324	5,9	315	8,7	306	7,3	306
	K	77,5		240,4		41,1		53,9		426,5	
Lactin-2 modell	T_{\min}	8,6		6,6		5,1		8,1		7,1	
	T_{\max}	34,7		29,0		27,0		27,0		27,0	
	T_{opt}	33,6		29,0		24,9		26,5		26,4	
	K	86,5		245,9		42,9		57,2		432,7	

A modellek segítségével kapott értékeket egy korábbi év csapdázási adataival is összevettem. Martonvásáron 2011-ben LOVAS (2012) végzett csapdázási kísérletet a fajjal kapcsolatban, melynek fogási adatait a 34. ábra szemlélteti (piros pontok). A feltételezett rajzáscsúcsokat piros nyilakkal jelöltem. Az ábrán feltüntettem a vizsgált időszakban Martonvásáron mért napi középhőmérsékleteket is (kék vonal). A csapdák kihelyezésére csak 2011. április 27-én került sor, így sajnos a telelő eonimfákból kifejlődő imágók rajzásának kezdetét nem tudták detektálni, ami feltételezhetően április elején lehetett (piros szaggatott nyíl).



34. ábra: 2011-ben Martonvásáron megfigyelt *A. leucopoda* rajzási adatok
(Jelmagyarázat a vonatkozó szövegrészben)

Az időjárás adatokból a lineáris és a Lactin-2 modell segítségével megállapított T_{\min} és K értékek alapján, kiszámoltam a rajzáscsúcsok feltételezett időpontját. Az effektív hőösszegek kalkulálását április 1-vel kezdtem. Az így kapott rajzási időpontok, a Lactin-2 modell segítségével kapott értékek jól közelítették a természetben tapasztaltakat, míg a lineáris modell 5-6 nappal későbbre jelezte a rajzáscsúcsokat (14. táblázat).

14. táblázat: A 2011-ben Martonvásáron tapasztalt és a modell segítségével becsült rajzáscsúcsok

Rajzás száma	A természetben tapasztalt rajzáscsúcsok időpontjai	Lineáris modell segítségével becsült rajzáscsúcs időpontok	Lactin-2 modell segítségével becsült rajzáscsúcs időpontok
Telelő populáció rajzása (1. rajzás)	2011. április eleje	2011. április 1.	2011. április 1.
2. rajzás	2011. május 31.	2011. június 1.	2011. május 31.
3. rajzás	2011. június 29.	2011. július 4.	2011. július 2.
4. rajzás	2011. augusztus 3.	2011. augusztus 9.	2011. augusztus 3.

4.2.3. A kanyargós szillevéldarázs nemzedék száma Magyarországon

A vizsgált időszakokban a 7,3°C (lineáris modell) és a 7,1°C (Lactin-2 modell) feletti hőmérsékleti adatokat összegezve Magyarországon az *A. leucopoda* fajnak átlagosan 4–5 nemzedéke képes kifejlődni (15. táblázat). Az évjáráthatás azonban befolyásolhatja ezt az értéket. Ha az egyes évek eredményeit vesszük alapul, akkor például Budapesten a melegebb években 6 (pl. 2003-ban és 2009-ben hosszú vegetációs periódussal számolva), míg a hűvösebb években (2004–2006 rövid vegetációs időszakában) csak 4 generáció kifejlődéséhez elegendő hőmennyiség halmozódik fel. A nyugati országrészben, a szombathelyi adatok alapján, maximum 4 nemzedéke tudott kifejlődni a kanyargós szillevéldarásznak a 2003–2010-es időszakban.

15. táblázat: Az *A. leucopoda* lineáris és Lactin-2 modell segítségével kapott T_{\min} és K értékei alapján számolt átlagos effektív hőmérsékleti adatai és nemzedékszámai (n) a 2003 és 2010 közötti időszak feltételezett hosszú és rövid vegetációs periódusai alapján számolva

Helyszín	Lineáris modell				Lactin-2 modell			
	Vegetációs időszak							
	Hosszú		Rövid		Hosszú		Rövid	
	(ápr. 1. – szept. 30.)		(máj. 1. – aug. 31.)		(ápr. 1. – szept. 30.)		(máj. 1. – aug. 31.)	
	effektív hőösszeg (nap°C) [†]	n	effektív hőösszeg (nap°C) [†]	n	effektív hőösszeg (nap°C) [†]	n	effektív hőösszeg (nap°C) [†]	n
Budapest (47,511°N, 19,028°E)	2223,4	5,2	1721,6	4	2259,8	5,2	1746,2	4
Debrecen (47,495°N, 21,630°E)	2007,7	4,7	1585,2	3,7	2043,9	4,7	1609,9	3,7
Pécs (46,000°N, 18,233°E)	2028,1	4,8	1590,7	3,7	2064,3	4,8	1615,4	3,7
Szeged (46,255°N, 20,090°E)	2066,0	4,8	1625,3	3,8	2102,4	4,9	1650,0	3,8
Szombathely (47,267°N, 16,633°E)	1801,5	4,2	1436,5	3,4	1837,5	4,2	1461,2	3,4

[†]7 év átlaga (2003–2010)

4.3. A kanyargós szillevéldarázs tápnövényköre

4.3.1. Szabadföldi vizsgálatok eredményei

A kanyargós szillevéldarázs tápnövényválasztásával kapcsolatos szabadföldi kísérletet 2013. május 15-én állítottam be, a vácrátóti Nemzeti Botanikus Kertben, valamint 2013. május 16-án, a Budai Arborétumban. Az értékelést mindkét esetben 2013. június 14-én végeztem, melynek eredményeit a 16. táblázatban foglaltam össze. A kísérlet során, a legtöbb esetben kifejlődtek az imágók (16. táblázat). A vizsgált, kilenc növényfajból mindössze négy fajnál figyeltem meg tojásrakást: az *U. pumila*, az *U. laevis*, a *Z. serrata* és a *H. davidii* fajok esetében. Az *U. pumila* levelén a tojásrakás nyomait nem mindig találtam meg, mert az azokból kikelt lárvák sok esetben tarrá rágták a leveleket. Az *U. laevis* és a *Z. serrata* fajokon csupán egy-egy esetben történt tojásrakás. Ezeken a leveleken a lárvák ki is keltek, így rövid kaeskarings rágásnyomokat is sikerült megfigyelnem, azonban a levelek átvizsgálása során, azokon élő lárvát nem találtam. A *H. davidii* levelén jelentős mennyiségű tojást (átlagosan 27,8 db) raktak az *A. leucopoda*

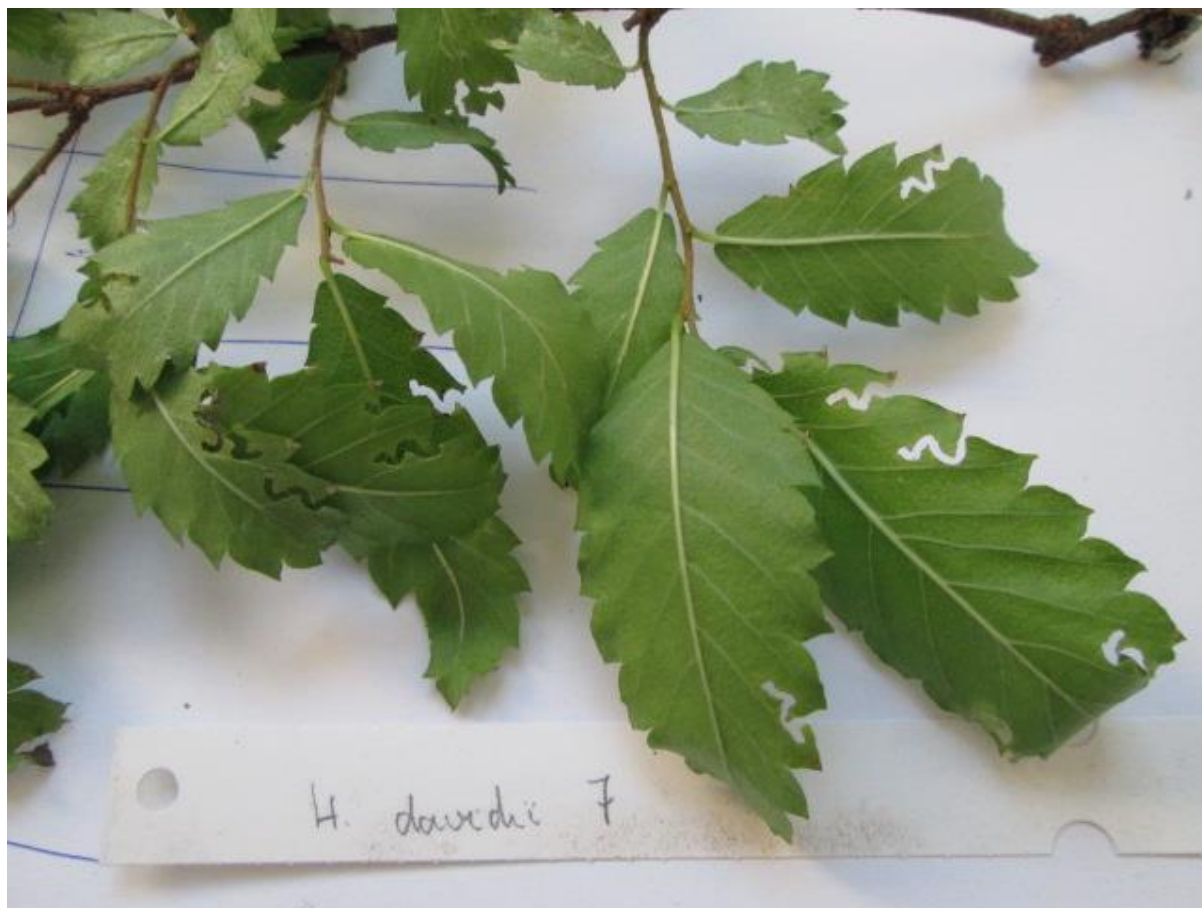
EREDMÉNYEK

nőstények, melyek közül sok ki is kelt, de az értékelés időpontjában már csak rövid rágásnyomokat találtam, élő lárvákat nem (35. ábra).

16. táblázat: Az *A. leucopoda* nőstények tojásrakási preferenciájának szabadföldi vizsgálati eredményei

Vizsgált növényfaj	Ismétlések száma*	Tojásrakás történt?	Rágásnyomok voltak?	Tarrágás történt?	Megjegyzés
<i>U. pumila</i>	7 (6)	igen	igen	igen	
<i>U. laevis</i>	7 (7)	igen	igen	nem	Egy esetben történt tojásrakás (18db tojás), 1db lárva kelt ki
<i>U. parvifolia</i>	7 (7)	nem	nem	nem	
<i>U. crassifolia</i>	7 (5)	nem	nem	nem	
<i>Z. serrata</i>	7 (6)	igen	igen	nem	Egy esetben történt tojásrakás (1db), a lárva kikelt
<i>H. davidii</i>	7 (7)	igen	igen	nem	Összesen 167 db tojást raktak a nőstények, ebből 138 db lárva ki is kelt
<i>C. occidentalis</i>	7 (7)	nem	nem	nem	
<i>C. australis</i>	7 (7)	nem	nem	nem	
<i>F. angustifolia</i> subsp. <i>pannonica</i>	7 (7)	nem	nem	nem	

*A zárójelben lévő szám jelzi a kifejlődött imágók számát, tehát a valós ismétlésszámot.



35. ábra: Az *A. leucopoda* szabadföldi tápnövényvizsgálati tesztje során, a *H. davidii* fajon észlelt rövid rágásnyomok

4.3.2. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei

A kanyargós szillevéldarázs tápnövényválasztásával kapcsolatos laboratóriumi vizsgálatokat 2015 vegetációs időszakában folytattam. Ebben az évben, laboratóriumi körülmények között vizsgáltam a faj tojásrakási preferenciáját, illetve azt, hogy a lárvák ki tudnak-e fejlődni azon a növényen, ahová a nőtény lerakta a tojásait.

Az *U. pumila* levelekre 11 egyed rakott tojást, összesen 185 darabot (átlagosan 16,8 db/nőtény), ami kiemelkedően magas értéknek számít a többi növényfajhoz képest (17. táblázat).

A lárváknak a tojásból való kikeléshez átlagosan kb. 8 napra volt szükségük, kivéve az *U. laevis*-t, ahol a lárvakeléshez közel 10 nap kellett. A legkisebb arányú tojásmortalitást (19%) az *U. parvifolia* esetében figyeltem meg. A preferált tápnövényként ismert *U. pumila* fajhoz (43,8%) képest a *H. davidii*-n is alacsonyabb volt a tojásmortalitás mértéke (26,1%). Az *U. laevis* faj esetében, a viszonylag kevés lerakott tojás jelentős része (86%) elpusztult.

EREDMÉNYEK

A kanyargós szillevéldarázs lárvák a vizsgált növényfajok közül egyedül az *U. pumila* fajon tudtak imágóvá fejlődni. Ehhez az egyedeknek kb. 33 napra volt szükségük. A kifejlődött egyedek átlagosan 4,5 napig maradtak életben és ez alatt átlagosan 13 db tojást raktak.

17. táblázat: A kanyargós szillevéldarázs laboratóriumi tápnövényválasztási tesztjének eredményei

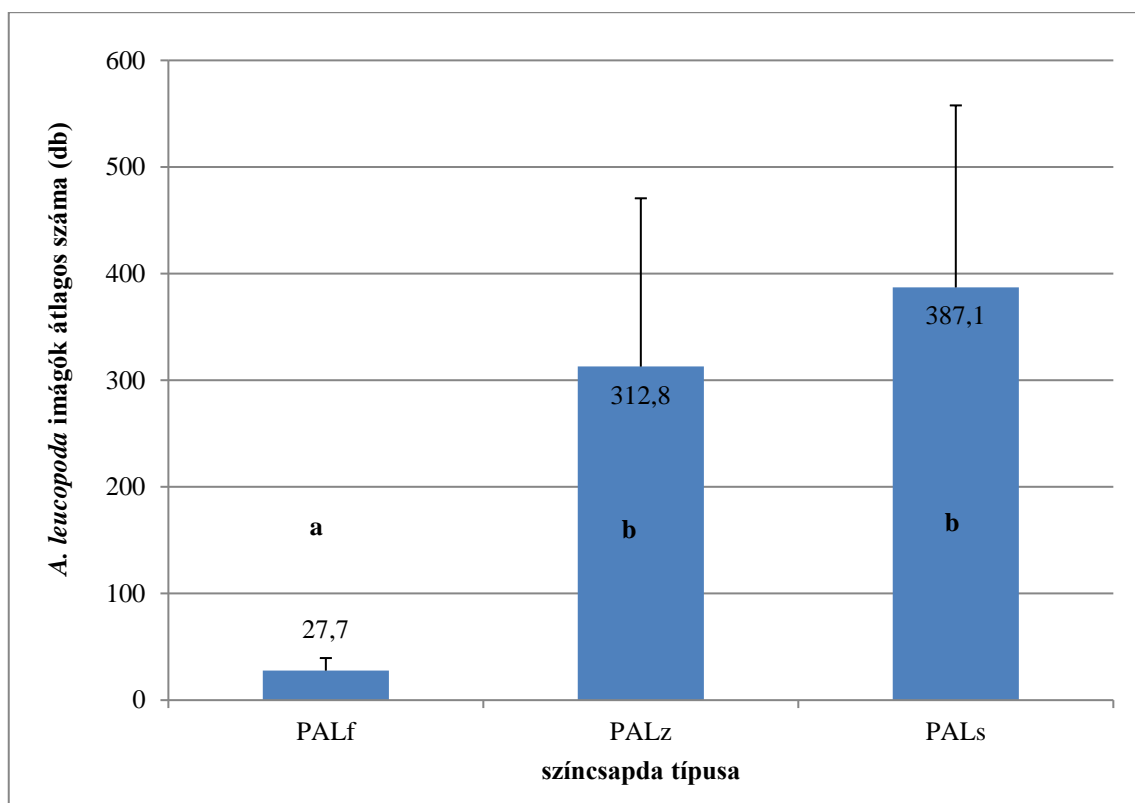
	<i>H. davidii</i>	<i>U. crassifolia</i>	<i>U. laevis</i>	<i>U. parvifolia</i>	<i>U. pumila</i>
Imágók száma (db)	14	12	12	12	11
Tojást rakó imágók száma (db)	10	5	9	10	11
Tojások száma (db)	115	9	28	85	185
Tojások száma /nőstény (\pm SE) (db)	11,5 \pm 5,95	1,8 \pm 0,84	3,11 \pm 1,96	8,5 \pm 5,46	16,8 \pm 12,99
Kikelt lárvák száma (db)	85	5	4	69	79
Tojások mortalitása	26,1%	44,4%	85,7%	18,8%	43,8%
Lárvakeléshez szükséges napok száma (\pm SE)	8,01 \pm 1,06	7,75 \pm 1,26	9,75 \pm 1,71	8,19 \pm 0,58	8,30 \pm 0,99
Kifejlődött imágók száma (db)	0	0	0	0	20
Lárvák mortalitása	100%	100%	100%	100%	74,7%

4.4. A kanyargós szillevéldarázs csapdázási lehetőségei

4.4.1. Az ideális csapdaszín megállapítása

Az *A. leucopoda* csapdázásával kapcsolatos kísérletek során, az első lépés az állatot leginkább vonzó szín meghatározása volt. A színcsapdás kísérletben a legtöbb kanyargós szillevéldarázs egyed a sárga ragacslapok (PALs) fogták, összesen 5199 darabot. Ezt követte a zöldessárga színű palás csapda (PALz), 3441 db egyeddel. A legkevesebb imágót a fehér szín (PALf) vonzotta, összesen csupán 332 darab volt a csapdában. Az átlagos fogási értékek (\pm SD) a következőképpen alakultak: PALs: 387,1 (\pm 170,7) db, PALz: 312,8 (\pm 157,8) db, PALf: 27,7 (\pm 11,8) db, amit a 36. ábra is szemléltet.

A három különböző színű csapda fogási eredményei között szignifikáns különbséget igazoltam ($F(2,21) = 27,26$, $p < 0,001$). A Games–Howell módszerrel elvégzett post hoc teszt alapján, a PALs és PALz csapdatípusok fogási eredményei között nem volt különbség ($p = 0,534$), azonban mindkettő szignifikánsan eltért a PALf csapdatípustól ($p < 0,001$). A próba ereje magas volt ($> 0,999$), a faktor hatása közepesnek tekinthető ($\eta^2p = 0,60$).



36. ábra: A különböző színű csapdák átlagos fogási értékei

(A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek, $p < 0,05$)

4.4.2. Hatékony csapdázási magasság megállapítása

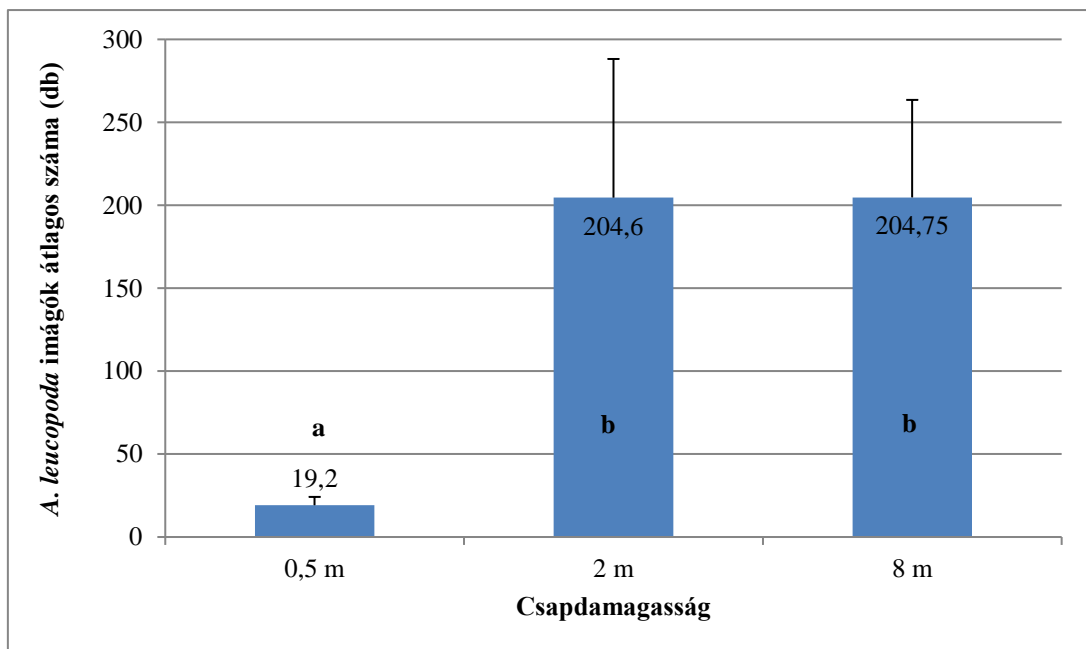
A kanyargós szillevéldarázs egyedeket lejobban vonzó szín megállapítása után, célom annak megállapítása volt, hogy milyen magasságba érdemes kihelyezni a csapdákat a tavasszal talajból kirajzó imágók hatékony detektálása érdekében. E célból, 3 magasságot vizsgáltam (0,5 m, 2 m és 8 m). A 2013. április 17. és május 18. között végzett kísérletben, az öt ismétlésben összesen 1971 db *A. leucopoda* imágót fogtak a csapdák. A három különböző magasságban a fogási értékek átlagai (\pm SD) az alábbiak szerint alakultak: 0,5 méteren 19,2 (\pm 5,0) db, 2 méteren 204,6 (\pm 83,6) db és 8 méteren 204,8 (\pm 58,8) db (37. ábra).

2014. március 26. és április 14. között megismétltem a kísérletet nagyobb ismétlésszámmal. A három magasságban, 15 ismétlésben kihelyezett PALz csapdák összesen 11 007 db egyedeket fogtak. A legtöbb egyed (709 db) fogó csapda 2 méteres magasságban volt. Az átlagos fogási értékeket a 38. ábra szemlélteti.

A különböző magasságokban kihelyezett PALz ragacslapok fogási adatai között szignifikáns eltérés mutatkozott ($F(2;34) = 7,851$; $p = 0,002$). A magasság faktor hatásának nagysága ebben az évben nem volt olyan jelentős ($\eta^{2p} = 0,316$), de a próba ereje továbbra is magas maradt (0,934). A Sheffe próba kimutatta, hogy szignifikáns különbség van a 0,5 m és a 2 m

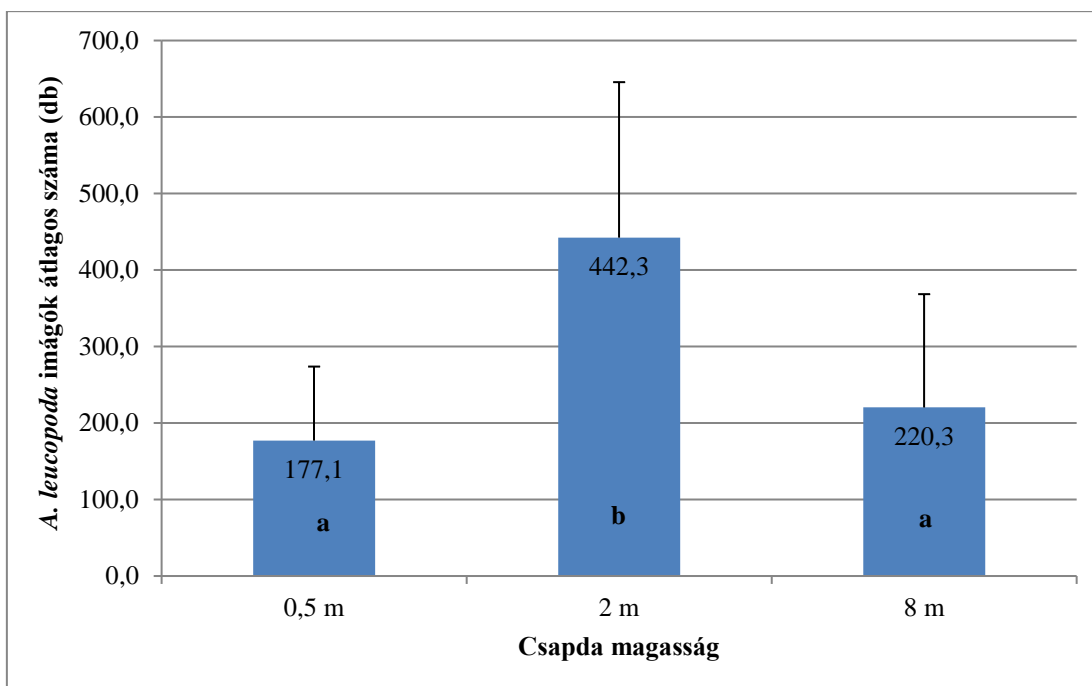
EREDMÉNYEK

magasságban kihelyezett csapdák fogásai között ($p = 0,002$). A 2 m és 8 m ($p = 0,062$), valamint a 0,5 m és 8 m ($p = 0,732$) magasan kihelyezett csapdák fogásai között, szignifikáns különbség nem volt kimutatható ebben az évben.



37. ábra: A különböző magasságokban elhelyezett színcsapdák átlagos fogási értékei (2013)

(A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek, $p < 0,05$)



38. ábra: A különböző magasságokban elhelyezett színcsapdák átlagos fogási értékei (2014)

(A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek, $p < 0,05$)

4.5. Új tudományos eredmények

1. Kimutattam, hogy a telelő *A. leucopoda* eonimfák nyugalmi állapotának feloldása jellemzően csak több hetes hideghatást követően lehetséges.
2. Az *A. leucopoda* telelő eonimfáinak SCP értéke -18°C közelében alakul.
3. Az *A. leucopoda* hidegtűrési stratégiáját tekintve nem fagytűrő.
4. Kimutattam egy eddig ismeretlen parazitoidot, az *Aptesis cretatooides* fajt, melyet az *A. leucopoda* téli gubóiból neveltem ki.
5. Lineáris modell segítségével, meghatároztam a kanyargós szillevéldarázs tojások ($9,2^{\circ}\text{C}$ felett $77,5 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$), lárvák ($6,9^{\circ}\text{C}$ felett $240,4 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$), eo- és pronimfák ($5,9^{\circ}\text{C}$ felett $41,1 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$), bábok ($8,7^{\circ}\text{C}$ felett $53,9 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$), valamint egy teljes generáció ($7,3^{\circ}\text{C}$ felett $426,5 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$) kifejlődéséhez szükséges alsó fejlődési küszöbhőmérsékletet és effektív hőösszeget.
6. Lactin-2 modell segítségével is meghatároztam az *A. leucopoda* tojások ($8,6^{\circ}\text{C}$ felett $86,5 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$), lárvák ($6,6^{\circ}\text{C}$ felett $245,9 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$), eo- és pronimfák ($5,1^{\circ}\text{C}$ felett $42,9 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$), bábok ($8,1^{\circ}\text{C}$ felett $57,2 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$), valamint egy teljes generáció ($7,1^{\circ}\text{C}$ felett $432,7 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$) kifejlődéséhez szükséges alsó fejlődési küszöbhőmérsékletet és effektív hőösszeget.
7. A Lactin-2 modell segítségével megállapított alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és effektív hőösszeg értéket szabadföldi fogási adatokkal összevetve validáltam.
8. A lineáris és Lactin-2 modell segítségével számított alsó fejlődési küszöbhőmérsékletek és effektív hőösszeg értékek alapján megállapítottam, hogy Magyarországon a kanyargós szillevéldarásznak átlagosan 4-5 nemzedéke képes kifejlődni.
9. Tápnövény-preferencia vizsgálatok során megállapítottam, hogy a kanyargós szillevéldarázs több, az Ulmaceae családba tartozó fajra is tojást rak, de a fő tápnövénye az *U. pumila*.
10. Az *A. leucopoda* sárga és a zöldessárga színű palást csapdákkal hatékonyan monitorozható, míg a fehér színű palást csapdák használata e tekintetben kevésbé javasolható.
11. Megállapítottam, hogy az *A. leucopoda* áttelelő populációjának rajzásmegfigyelésére a 2 m-es csapdázási magasság megfelelő.

5. KÖVETKEZTETÉSEKÉS JAVASLATOK

5.1. A kanyargós szillevéldarázs telelése és hidegtűrése

5.1.1. Telelési és hideghatás vizsgálatok eredményei

Az *A. leucopoda* fajjal kapcsolatos hideghatás vizsgálatok során azt tapasztaltam, hogy a vizsgált időszakban a telelő eonimfák már december közepére (december 11.) kiléptek nyugalmi fázisukból természetes körülmények között, ugyanis az ebben az időszakban gyűjtött egyedek 80%-a kifejlődött. A talajhőmérsékleti adatok szerint, a vizsgálat elindításához szükséges minták gyűjtésének idején (2014. október 16. és december 11. között) 28 napon keresztül volt 10°C alatt a talaj átlagos hőmérséklete, és ezen belül 3 napon keresztül 5°C alatt.

A mesterséges körülmények között tartott egyedek esetében, a hideghatás maximális hossza mindkét hőmérséklet (5,6°C és 8,8°C) esetén 50 nap volt, és a hideghatás időtartamának növekedésével nőtt a gubókból előjövő imágók aránya. A leghosszabb, azaz 50 napig tartó hatást követően, függetlenül annak hőmérsékletétől, a fitotronba helyezett eonimfáknak csak mintegy 70%-a tudott kifejlődni.

A kétféle vizsgálat alapján elmondható, hogy a telelő egyedeknek körülbelül 1-1,5 hónapnyi, 10°C körüli hőmérsékletre van szükségük ahhoz, hogy nagyobb arányban tovább tudjanak fejlődni. Az *A. leucopoda* eonimfák tehát, több más Hymenoptera rendbe tartozó fajhoz hasonlóan (BOSCH et KEMP 2003, 2004, YOON et HWANG 2010), megfelelő hideghatást igényelnek ahhoz, hogy magasabb hőmérsékleten (a természetben a tavasz beköszöntével) fejlődésüket folytatni tudják, és imágóvá alakuljanak.

Az *A. leucopoda* újonnan azonosított parazitoidja, az *Aptesis cretatoides*, valószínűleg, nem fog jelentős szerepet játszani a kártevő egyedszámának szabályozásában hazánkban, mivel a telelő eonimfák parazitáltsága az összes vizsgált mintában (818 db gubó) a 2%-ot sem érte el.

5.1.1. A kanyargós szillevéldarázs hidegtűrése

A faj telelő eonimfáinak átlagos SCP értéke Magyarországon –18°C közelében alakul. Ez az érték a téli időszak során közel állandónak tekinthető. Az egyedek fagyűrő képessége nem függ a testtömegüktől (7. táblázat). Az adatok részletesebb elemzésekor azonban a mérési időpontok között eltéréseket tapasztaltam. A három különböző év – 2014, 2015 és 2017 – kora tavaszi időszakában gyűjtött mintákat vizsgálva azt találtam, hogy a 2015. márciusi minták eredményei szignifikánsan magasabbak voltak a többihez képest.

Hasonló eredményeket kaptam a különböző helyekről származó minták SCP értékeinek összehasonlításakor is. Az azonos időszakban – szinte azonos napon – gyűjtött olaszországi és a

magyar minták eredményei jelentősen eltértek, a két átlagos érték között több mint 5°C-nyi különbség volt. Bár előfordulhat az SCP értékek esetén is különbség a különböző területeken élő populációk között, az hogy ez a különbség genetikailag is kódolva lenne, nehezen bizonyítható. Az SCP értékét jelentősen befolyásolja az adott téli időszak időjárása, amit két távoli populáció esetén nehéz sztenderdizálni (SØMME 1982). A szakirodalmi adatok alapján, például a kőrísrontó karcsúdíszbogár [*Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae)] esetében kimutatták, hogy a téli időszak során bekövetkezett váratlan felmelegedés jelentősen csökkentheti a faj fagyűrő képességét (SOBEK-SWANT et al. 2012). Más esetekben viszont, például a búza-levéldarásznál [*Cephus cinctus* (Hymenoptera: Cephidae)], azt mutatták ki, hogy az SCP szint mérését megelőző hőmérsékleti viszonyok nem befolyásolják annak eredményét (MORILL et al. 1993). Úgy tűnik, a kanyargós szillevéldarászs esetén, a téli időszak hőmérsékleti viszonyai – esetleges egyéb, további hatások mellett – módosíthatják az egyedek SCP értékét.

A 2013 augusztusában gyűjtött minták elemzése során, érdekes eredményre jutottam. Ennél a mintánál az egyedek SCP értékét kétféleképpen mértem meg: az egyedeket a gubóból eltávolítva és a gubó védelmében. Az adatok alapján, a faj SCP-jét statisztikailag kimutatható módon befolyásolja, hogy az egyedek a mérés során a gubó védelmében vagy a nélkül voltak. Abban az esetben, ha az eonimfát nem védte a gubó, az SCP értéke alacsonyabb volt. SAKAGAMI és munkatársai (1985) a szójabab egy Ázsiában jelentős kártevőjét, a *Leguminivora glycinivorella* (Lepidoptera: Tortricidae) fajt vizsgálták. A moly egyedei a kanyargós szillevéldarászhoz hasonlóan, a talajban, gubóban telelnek. A vizsgálatok során azt tapasztalták, hogy nem volt különbség a faj SCP értékében, ha gubóban vagy a gubó nélkül mérték, azonban jelentős különbséget mutattak az eredmények, ha az állatok nedvesek voltak (nem volt különbség ebben az esetben sem, ha gubóban vagy a nélkül mérték). Ekkor hamarabb indult meg a jégkristályképződés, azaz magasabb hőmérsékleten fagytak meg az egyedek. Ezek alapján, arra a következtetésre jutottam, hogy a kanyargós szillevéldarászs esetén tapasztalt különbség oka esetleg az lehetett, hogy a kettősfalú gubóban a nedvességtartalom magasabb volt, így hamarabb elindulhatott a jégkristályok képződése.

A faj biztosan nem tekinthető fagyűrőnek, mivel egy esetben sem éltek túl a lárvák a hűtést az SCP érték eléréseivel. A sejtek belső, roncsoló hatású jégkristályképződését megelőzendő extracelluláris jégképződés tehát jellemzően nem történhetett. SINCLAIR és munkatársai (2015) szerint abból, hogy egy faj testében a sejten belüli jégkristályképződés pusztulást okoz, legfeljebb azt lehet megállapítani, hogy nem fagyűrő, azonban az további vizsgálatokat igényel, hogy a hidegérzékenysége hogyan alakul.

5.2. A kanyargós szillevéldarázs fejlődése

A kanyargós szillevéldarázs sikeresen tudtam nevelni laboratóriumi körülmények között. A hat különböző hőmérsékleteken végzett kísérlet eredményei alapján, sok új információhoz jutottam a faj biológiájáról. A kísérlet beállításakor, a nőtényeknek nem biztosítottam plusz táplálékforrást, mégis képesek voltak életképes tojásokat rakni, ezzel kapcsolatban MARTYNOV és NIKULINA (2017) is hasonló tapasztalatokról számolt be.

A szakirodalom szerint a tojások fejlődéséhez 4–8 napra van szükség (BLANK et al. 2010), azonban saját adataim alapján, alacsonyabb hőmérsékleten ez a folyamat akár 20 napig is eltarthat. A többi fejlődési alak kapcsán is sikerült pontosabb képet kapnom a stádiumok hosszáról. A 18. táblázatban összefoglaltam a faj európai megjelenéséről és életmódjáról szóló cikkben (BLANK et al. 2010) szereplő és a kísérleteim során kapott átlagos értékeket. A kifejlett egyedek élettartama az általam vizsgált hőmérsékleteken 1–12 nap között változott. A nőtények az irodalmi adatok szerint 7–49 tojást rakhatnak, én azonban azt tapasztaltam, hogy a kifejlődött nőtények 0–71 darab tojást süllyesztettek a levelek szegélyébe, és az átlagos tojásszám nevelési hőmérsékletenként változott. A 15 és a 19,5°C-on végzett kísérlet során, a többi hőmérséklethez képest kétszer, háromszor több tojást raktak a kísérlet során kifejlődött egyedek (11. táblázat).

18. táblázat: Az *A. leucopoda* különböző stádiumainak fejlődési ideje

	BLANK és munkatársai (2010) által közölt adatok	Saját adatok
Tojás fejlődési ideje (nap)	4–8	4–20
Lárva fejlődési ideje (nap)	15–18	13–43
Eo- és pronimfa, valamint báb fejlődési ideje (nap)	4–7	5–21
Teljes nemzedék (nap)	24–29	24–85

Megfigyeléseim szerint, a kanyargós szillevéldarázs lárvastádiumainak száma nem minden esetben hat. Bár legtöbbször hat lárvastádiumot tudtam elkülöníteni, ennek ellenére több alkalommal is 4, 5, illetve 7 stádium után fejlődtek lárvák eonimfákká. Más levéldarászfajokkal végzett nevelési kísérletek során is tapasztaltak változó számú lárvastádiumot, amit a szélsőséges hőmérsékleten történő nevelés következményének tulajdonítottak (CHARLES et ALLAN 2000, MATHIEU et al. 2014). A kanyargós szillevéldarázs esetében elképzelhető, hogy a nem teljes

értékű táplálék (levágott leveles hajtásdarabok) is befolyásolhatta a lárvastádiumok számának változatos alakulását. Hasonló jelenségről a *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) faj esetében számolt be HILLEBRAND és TUBA (2013).

A kísérletek során megfigyelt, viszonylag magas mortalitási értékeket okozhatta többek között az állandó hőmérsékleten való tartás miatti stressz vagy más, a kísérlet beállításával kapcsolatos tényező (pl. a levágott szilhajtások különböző víztartalma). Érdekes, bár meglehetősen komplex és nehéz feladat lenne természetes körülmények között megvizsgálni, hogy változó hőmérsékletek mellett, élő növényen milyen mértékű mortalitás lenne tapasztalható a faj egyes fejlődési stádiumaiban.

A kísérletek során mért fejlődési ráták alapján, két modell segítségével próbáltam meg meghatározni az *A. leucopoda* biológiai nullpontját és a kifejlődéséhez szükséges effektív hőösszeget. A számítás során felhasznált egyik modell a lineáris modell volt. Az ennek segítségével meghatározott alsó fejlődési küszöbhőmérséklet $6,9^{\circ}\text{C}$ és $9,2^{\circ}\text{C}$ között változott stádiumonként, míg az effektív hőösszeg értéke $41,1 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$ és $240,4 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$ között. Egy teljes nemzedék esetén ezek az értékek $7,3^{\circ}\text{C}$ és $426,5 \text{ nap}^{\circ}\text{C}$ voltak (13. táblázat). A modell segítségével kapott értékeket összevettem a gyakorlatban tapasztaltakkal. A 2011-ben, Martonvásáron megfigyelt rajzáscsúcsokhoz képest azonban 5-6 nappal későbbre jöttek ki a számított értékekkel kapott rajzáscsúcsok.

A másik alkalmazott modell a Lactin-2 modell volt. Az ezzel a modellel számított alsó fejlődési küszöbhőmérsékletek és effektív hőösszegek közel azonosak voltak a lineáris modellnél kapottakkal (13. táblázat). Ennek ellenére, amikor a 2011-es rajzási adatokkal vettem össze a Lactin-2 modellel számított értékeket, pontosabban tükrözte az eredmény a természetben tapasztaltakat.

Magyarország öt városának hőmérsékleti adatai alapján, 7 év átlagában kiszámoltam az *A. leucopoda* lehetséges nemzedékszámát a lineáris és Lactin-2 modellel kalkulált alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és effektív hőösszeg adatok figyelembe vételével. Ezek alapján hazánkban 4-5 nemzedéke fejlődhet ki átlagosan a fajnak, ami alátámasztja a korábbi megfigyeléseket (BLANK et al. 2010, VÉTEK et al. 2010, LOVAS 2012).

A Lactin-2 modell segítségével, megállapítottam a felső fejlődési küszöbhőmérséklet és az optimális fejlődési hőmérséklet értékeit is (13. táblázat), azonban ezek az adatok nem tekinthetők pontosnak. Ennek oka, hogy sajnos nem minden fejlődési fázisban sikerült olyan hőmérsékleten nevelni az egyedeket, ami lassította volna már a fejlődésüket vagy meggátolta volna azt, így a modell csúcspontja és a lefelé ívelő szakasza nem teljesen megbízható.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Megfigyeltem továbbá, hogy bár a fejlődés sebessége felgyorsul a hőmérséklet növekedésével, és a vizsgált hőmérsékleteken nem tapasztaltam lassulást a fejlődésben, azonban a mortalitási és fekunditási adatok alapján (10. táblázat, 11. táblázat), a faj számára optimális hőmérséklet, a Lactin-2 modellel ellentétben, valószínűleg 15°C és 19,5°C között lehet.

5.3. A kanyargós szillevéldarázs tápnövényköre

A kanyargós szillevéldarázs tápnövénykörének vizsgálata során, szabadföldi és laboratóriumi tesztet is végeztem. A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a *F. angustifolia* subsp. *pannonica*, valamint a két vizsgált *Celtis* faj nem tekinthető a kanyargós szillevéldarázs tápnövényének. A kártevő megjelenése tehát nem jelent kockázatot sem a természetes tölgy–kőris–szil társulások meghatározó kőris taxonjára, sem közterületeken, illetve útsorfásításra gyakran használt, a szilfafélék rokonsági körébe tartozó *Celtis* fajokra.

A kártevő által preferált *U. pumila* fajra mindkét vizsgálatban raktak tojást a nőstények, és a laborvizsgálat során a lárvák ki is tudtak fejlődni rajta. A szabadföldi tesztnél a kísérlet kiértékelésekor a tarra rágott hajtásrészekben fejlett lárvákat találtam, melyeket nem neveltem már tovább, ezért ebben az esetben nem jelenthető ki, hogy imágóvá fejlődtek az egyedek a növényen.

Szakirodalmi adatok alapján több esetben is észlelték az *A. leucopoda* lárvák kártételét *U. laevis* fajon, azonban egyik esetben sem számoltak be jelentős kártételről (BLANK et al. 2010, GNINENKO et al. 2013, CSÓKA et al. 2016, HOLUSA et al. 2017, VÉTEK et al. 2017). A vizsgálatok eredményei alapján, összességében nem tekinthető ideális tápnövénynek az *U. laevis*. A szabadföldi teszt során, a hét nőstényből csak egy rakott tojást (18 db) és ezek közül is csak egy lárva kelt ki, ami hamarosan el is pusztult. A laboratóriumban végzett kísérlet során, bár több nőstény is rakott tojást a vénic-szil levelek szegélyébe, azonban csak kis számban, és a tojásmortalitás ebben az esetben is jelentős volt. A kikelt lárvák laboratóriumi körülmények között sem tudtak kifejlődni. Mindezek alapján az *U. laevis* faj esetében várhatóan kisebb kártételi kockázattal számolhatunk, mint pl. a turkesztáni szil alkotta állományokban.

A másik két vizsgált, *Ulmus* genuszba tartozó faj – *U. crassifolia* és *U. parvifolia* – esetén, a szabadföldi vizsgálatok során nem tapasztaltam tojásrakást (16. táblázat). Laboratóriumban azonban az *U. parvifolia* levelekre viszonylag sok – 85 db – tojást raktak a nőstények. Ezzel szemben az *U. crassifolia* leveleken csak 9 db tojást találtam (17. táblázat). Mindkét fajon keltek ki lárvák a lerakott tojásokból, azonban egyikben sem tudtak kifejlődni. Úgy tűnik tehát, ezek a fajok sem kedvező tápnövények az *A. leucopoda* számára.

Az Ulmaceae családba tartozó további, nem *Ulmus* genuszok vizsgálata során megállapítottam, hogy a *Z. serrata* feltehetően nem fogja bővíteni a kanyargós szillevéldarázs tápnövényeinek körét, ugyanis a szabadföldi tesztek során, a hat nőtényből csak egy esetben tapasztaltunk tojásrakást, és a tojásból kikelő lárva is elpusztult. A másik vizsgált faj (*H. davidii*) kapcsán viszont érdekes eredményeket kaptam. Mind a szabadföldi, mind a laboratóriumi teszt során, nagyszámú tojást raktak az *A. leucopoda* nőtények a *H. davidii* leveleibe, és nagy arányba ki is keltek a lárvák. Azonban mindkét esetben azt tapasztaltam, hogy a lárvák a kikelést követően hamar elpusztultak. Ezek alapján a *H. davidii* tápnövény értéke a kártevő vonatkozásában további vizsgálatokat igényel.

A kapott eredmények alapján megerősíthető, hogy az *U. pumila* a kanyargós szillevéldarázs kedvelt tápnövénye. Ugyanakkor a többi, általam vizsgált fajon, ha táplálkoznak is az *A. leucopoda* lárvák, valószínűleg nem várható majd jelentős kártétel.

5.4. A kanyargós szillevéldarázs csapdázási lehetőségei

A kanyargós szillevéldarázs csapdázásával kapcsolatos első kísérletben, az imágók számára legvonzóbb csapdaszín kiválasztása volt a cél. Az eredmények alapján, a sárga színű csapdáknak volt a legtöbb *A. leucopoda* egyed, majd ezt követte a zöldessárga és a fehér színű. A sárga és a zöldessárga színű ragacslapok statisztikailag ugyanolyan hatékonysággal fogták az egyedeket.

A sárga színű csapdák sikeressége várható volt, mivel az irodalomban sok olyan példa található, ahol a levéldarazsakat nagyobb számban fogták sárga színű csapdákkal, mint az egyéb, például kék vagy fehér színűekkel (RÜHL 1978, SCHUSTER 1985). Egy Magyarországon is jelentős kártevő, a repcedarázs [*Athalia rosae* (Hymenoptera: Tenthredinidae)] esetén is hasonlóan tapasztaltak, ott az egyedek 71%-át fogták a sárga csapdákkal, míg a maradék 29%-ot fehér színűekkel (RITZAU 1988).

Bár a kísérlet során, a fehér színű ragacslapok is viszonylag sok egyedet fogtak, használatuk a másik két színhez képest kevésbé javasolható. Az imágók számára vonzóbb sárga és zöldessárga színű csapdákkal a rajzás kezdete feltehetően hamarabb detektálható, a rajzásmenet pedig az év folyamán hatékonyabban követhető.

A színcsapdák használatakor nemcsak a megfelelő szín kiválasztásán múlik annak hatékonysága, hanem befolyásolhatja azt a háttér összetétele, valamint a csapda elhelyezkedése is (FINCH et SKINNER 1974, REISSIG 1975, PROKOPY et OWENS 1983, ANDERBRANT et al. 1989, HOBACK et al. 1999). A csapda ideális magasságával kapcsolatos kísérletek során, azt

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

tapasztaltam, hogy mindkét évben a 2 méteren kihelyezett csapdák fogták a legtöbb imágót. Míg 2013-ban a 8 méteres magasságban kihelyezett csapdák is hasonló számban fogták az egyedeket, addig 2014-ben már nagyobb eltérés mutatkozott a két magasság között. A két évben tapasztalt különbség abból adódhatott, hogy 2014-ben a csapdák kihelyezésének és leolvasásának időpontja korábban volt, mint 2013-ban, így a csapdák leolvasási ideje közelebb eshetett a rajzás kezdetéhez, mint a korábbi évben. Ennek köszönhetően, 2014-ben kevesebb kanyargós szillevéldarázs imágót találtunk a 8 méterre kihelyezett csapdáknál, mint a 2 méteren elhelyezettekben. A 0,5 méteres magasságban kihelyezett csapdák egyik évben sem fogtak jelentős mennyiségű egyedeket.

Bár egyes esetekben nincs jelentősége a csapda kihelyezési magasságának, mint a szintén talajszinten telelő vadgesztenyelevél-aknázómoly [*Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae)] esetében, ahol az első generáció egyedeinek fogási adatai között nem volt különbség 3 m, 5 m és 8 m magasságban kihelyezett csapdáknál (SUKOVATA et al. 2009), több fajnál is megfigyeltek jelentős eltéréseket. A lombkoronában károsító egyes fajok esetén kimutatták, hogy a lombkoronában vagy az afölött elhelyezett csapdák több egyedet fognak, mint a talajhoz közelebbieket. Erre az egyik példa a keleti cseresznyeléggy [*Rhagoletis cingulata* (Diptera: Tephritidae)], ahol az 1,2 m-es, 2,1 m-es és 4,6 m-es magasságokban kihelyezett színcsapdák fogásai között szignifikáns különbség volt. A korona tetején elhelyezett csapdák fogták a legtöbb imágót, ezek segítségével pontosabban lehetett követni a faj rajzásmenetét (PELZ-STELINSKI et al. 2006). Hasonló eredményekre jutottak az egyik rokon faj a *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) kapcsán is. A kísérletben 1,2 m, 2 m és 3 m magasságban helyezték el a különböző típusú csapdákat, és a csapda típusától függően, a két magasságban kihelyezett csapda valamelyike fogta a legtöbb imágót (REISSIG 1975).

A kanyargós szillevéldarázs esetén a kapott eredmények alapján, a 2 méteres magasságba kihelyezett sárga vagy zöldessárga ragacslapok használata javasolható. A faj legegyszerűbben a szillevelteken található kacskaringós rágásnyomok alapján detektálható, mégis szükség van a megbízható csapdákra is, mivel így az esetlegesen szükségesé váló védekezés megfelelően időzíthető. A sárga vagy a zöldessárga ragacslapok alkalmazása viszonylag olcsó és egyszerű módszer. Bár ezek a csapdák nem célszervezeteket is vonzhatnak, az *A. leucopoda* azonosítása nem okoz nehézséget a BLANK és munkatársai (2010), valamint MOL és VONK (2015) által leírt morfológiai bélyegek alapján (pl.: feketés színű test, rövid csápok, fehér színű lábak, folt a szárnyon). A megfelelő magasságban kihelyezett ragacslapok és a lárvák jelenlétének egyidejű monitorozásával biztosabb eredményt kaphatunk a faj jelenlétéről azokon a területeken is, ahol még nem telepedett meg, és használatuk a lakosság által látogatottabb területeken is kivitelezhető.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A kanyargós szillevéldarázs napjainkra Európa számos régiójában elterjedt, egyes területekről jelentős kártételéről számoltak be. Ennek ellenére, biológiájával kapcsolatban viszonylag kevés információ áll rendelkezésünkre. Kutatásaim során ezért a faj magyarországi életmódjának részletesebb feltárásával foglalkoztam.

A kanyargós szillevéldarázs telelésével és hidegtűrésével kapcsolatos kísérletek során olyan kérdésekre kerestem a választ, hogy milyen hatással lehet a fajra a magyarországi téli időjárás, milyen hosszú hideghatásra van szüksége, hogy tovább tudjon fejlődni, valamint mi az a legalacsonyabb hőmérséklet, amit még képesek túlélni az áttelelő eonimfák. A laboratóriumi nevelési tesztek során, a faj biológiájával kapcsolatos, szakirodalomban fellelhető ismereteket bővítése volt a cél. A tápnövény-preferencia vizsgálatok során, elsődleges célom az volt, hogy a szilfafélék és a csoporthoz rendszertanilag közel álló taxonok erdészeti, illetve kertészeti használatának lehetséges növényvédelmi kockázatait felmérjem a kártevő tekintetében. Végül, de nem utolsó sorban, a csapdázási vizsgálatok segítségével, faj korai detektálásához és rajzásának nyomon követéséhez használható legpraktikusabb módszert megtalálása volt a szándékom.

A kanyargós szillevéldarázs eonimfa alakban telel a talajban, egy kettősfalú gubó védelmében. A téli nyugalmi állapot feloldásához, mint sok más áttelelni képes rovarfajnak, hideghatásra van szüksége. Ezen hideghatás szükséges hosszát és azt a hőmérsékleti értéket kerestem, amely már elegendő ahhoz, hogy az eonimfa továbbfejlődhessen. A témát két oldalról közelítettem meg. Egyfelől mesterséges körülmények között tartottam alacsony hőmérsékleten (5,6°C és 8,8°C), különböző időtartamig a telelő gubókat, valamint ezzel párhuzamosan kéthetente szabadföldről is gyűjtöttem mintákat. Az imágók kifejlődését mindkét esetben egy 23°C-ra beállított fitotronban figyeltem.

A kapott adatok alapján, szabadföldi körülmények között az egyedek már december közepére megkapták azt a hideghatást, ami elegendő volt több mint 80%-uk továbbfejlődéséhez. Összességében elmondható, hogy a kanyargós szillevéldarázs imágóknak körülbelül 1-1,5 hónapnyi 10°C körüli hideghatásra van szüksége ahhoz, hogy tavasszal, a meleg időjárás hatására ki tudjanak fejlődni az imágók.

Annak megállapítására, hogy mi az a legalacsonyabb hőmérséklet, amit a telelő egyedek egy adott, mesterséges hűtési módszer esetén már nem bírnak ki, megmértem a faj SCP értékét. A vizsgálatot több alkalommal is elvégeztem, aminek eredményei alapján elmondható, hogy a telelő eonimfák SCP értéke -18°C körül alakul. A különböző mérési időszakból és gyűjtési helyről származó minták összehasonlításával az is kiderült, hogy az egyedek SCP-jét valószínűleg

ÖSSZEFOGLALÁS

befolyásolja a téli időszak időjárása. A fajról a kapott eredmények alapján kijelenthető, hogy nem fagyűrő.

A faj telelésével és hidegtűrésével kapcsolatos vizsgálatok során, az áttelelő gubókból egy új, a tudományra nézve eddig ismeretlen parazitoid, az *Aptesis cretatoides* faj egyedét neveltem ki.

A kanyargós szillevéldarázs biológiájával kapcsolatos ismeretek bővítése céljából, nevelési kísérleteket végeztem, laboratóriumi körülmények között. A vizsgálatokat hat állandó hőmérsékleten állítottam be: 10,9°C, 15°C, 19,5°C, 23°C, 24,3°C és 27°C. Minden esetben, az egyik kedvelt tápnövényét, az *U. pumila* leveleit használtam táplálékként. Az eredmények alapján megállapítottam a különböző fejlődési stádiumok hosszát, megfigyeltem, hogy a lárváknak hattól eltérő lárvastádiuma is előfordulhat, valamint a faj fekunditásával kapcsolatban magasabb értékeket kaptam, mint az irodalomban leírtak.

A nevelések eredményeként kapott fejlődési ráták és két modell – lineáris és Lactin-2 – alkalmazásával, kiszámoltam a faj alsó fejlődési küszöbhőmérsékletét és a kifejlődéshez szükséges effektív hőösszeget a tojás, a lárva, az eo- és pronimfa, a báb fejlődési stádiumokra, valamint egy teljes nemzedékre. A kapott eredményeket összevettem a természetben tapasztaltakkal, egy korábbi vizsgálat (LOVAS 2012) csapdázási eredményeivel. E 2011-es vizsgálatok alapján, Martonvásáron a fajnak 4 nemzedéke volt. Az első rajzáscsúcs feltételezhetően április elején volt (ekkor még nem voltak kihelyezve a csapdák), a második május végén, a harmadik június végén és a negyedik augusztus elején. A Lactin-2 modell segítségével kapott eredmények alapján, a rajzáscsúcsok jó pontossággal egybeestek a tapasztaltakkal, azonban a lineáris modell eredményeivel 5-6 nappal későbbi elméleti rajzáscsúcsokat becsültem.

Magyarország öt, éghajlati szempontból különböző nagyvárosának hőmérsékleti adatsorai alapján kiszámoltam, hogy az *A. leucopoda* fajnak a 2003 és 2010 közötti időszakban átlagosan hány nemzedéke fejlődhetett ki, a modellek segítségével kalkulált alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és effektív hőösszeg értékeknek megfelelően. A vizsgált időszakban hazánkban 4-5 nemzedéke fejlődhet ki átlagosan a kanyargós szillevéldarásznak, ami alátámasztja a korábbi megfigyeléseket (BLANK et al. 2010, VÉTEK et al. 2010, LOVAS 2012).

A Lactin-2 modell segítségével, megállapítható egy faj optimális fejlődési hőmérséklete és felső küszöbhőmérséklete is. Ezeket az adatokat is kiszámoltam, azonban ezek az eredmények nem tekinthetők biztosnak, mivel a Lactin-2 modell ezen értékeket leíró szakaszának pontos ábrázolásához további olyan hőmérsékleteken kellett volna megpróbálnom a faj nevelését, ami már lassította volna a fejlődés ütemét, vagy meggátolta volna azt. Mindazonáltal az elmondható, hogy a vizsgált tartományban a faj fejlődési üteme gyorsult a hőmérséklet emelkedésével, de

véleményem szerint mégsem tekinthető a 24-25°C körüli hőmérséklet optimálisnak az *A. leucopoda* faj számára, ugyanis a nevelés során tapasztalt mortalitási és fekunditási adatok alapján ez inkább 15°C és 19,5°C közötti értékre lenne tehető.

A kanyargós szillevéldarázs tápnövénykörének vizsgálata során, szabadföldön és laboratóriumi körülmények között, összesen kilenc növényfajt vizsgáltam. Ezen kilenc faj között szerepelt olyan, ami az *A. leucopoda* kedvelt tápnövénye (*U. pumila*), továbbá olyan *Ulmus* faj, mely Európában (*U. laevis*), Észak-Amerikában (*U. crassifolia*) vagy a Távols-Keleten (*U. parvifolia*) honos. Volt olyan faj, mely ugyan az Ulmaceae családba tartozik, de nem az *Ulmus* genuszba (*Z. serrata*, *H. davidii*), valamint a szilfafélék tágabb rokonsági körébe tartozó *Celtis*-eket (*C. occidentalis*, *C. australis*) is vizsgáltam a szabadföldi tesztek során. Végül a magyar kőris (*F. angustifolia* subsp. *pannonica*) is bevontam a kísérletbe, mint a tölgy–kőris–szil társulások jellemző elegyfáját.

A kapott eredmények alapján, megállapítottam, hogy – a vártnak megfelelően – a magyar kőris nem tápnövénye a kanyargós szillevéldarásznak, de a két *Celtis* fajra sem rakott tojást a kártevő. Az *U. pumila* a kísérlet során, mindvégig megfelelő tápláléknak bizonyult a lárvák számára, illetve a nőtények nagy számban raktak rá tojásokat. A többi, *Ulmus* genuszba tartozó faj esetén, bár történt tojásrakás, nem sikerült kinevelni egy egyed sem, így véleményem szerint, ha károsít is ezeken a fafajokon az *A. leucopoda*, jelentős kártételére nem kell számítani. Hasonló eredmények születtek a *Z. serrata* és a *H. davidii* fajok esetében is.

A csapdázási kísérletek során, először az ideális csapdaszín, majd a legmegfelelőbb csapdamagasság megállapítása volt a célom. A csapdaszín kiválasztása során három szín, a fehér, a sárga és a zöldessárga, hatékonyságát vizsgáltam. A kísérletben Csalomon® PAL palást csapdákat alkalmaztam. A megfelelő fogási eredmények elérése érdekében, az első nemzedékből kifejlődő imágók rajzását vizsgáltam. A kapott eredmények egybevágóak a szakirodalmi adatok alapján – más hártvászárnyú fajok csapdázási adatai alapján jellemzően – vártakkal. A legtöbb egyed a sárga színű csapdák fogták. Szignifikánsan ettől nem tért el a zöldessárga színű csapdák fogása, míg mindkettőnél kevesebb egyedet vonzottak a fehér színű csapdák.

A telelő eonimfákból kifejlődő imágók rajzásának megfigyelésére legalkalmasabb csapdamagasság megállapítása során, zöldessárga színű palást csapdákat használtam. Három magasságot vizsgáltam: 0,5 m, 2 m és 8 m. A kísérletet két egymást követő évben is elvégeztem. A két év során kapott adatok értékelése alapján, a 2 méteres magasságban történő csapdakihelyezés praktikusán javasolható a kártevő detektálására és rajzásmenetének nyomon követésére.

7. Summary

The zigzag elm sawfly is a widespread pest in Europe nowadays. Although it has been already caused serious damages in some regions of the continent, we have limited knowledge of its biology. In my research, I tried to get a wider view of its life cycle in Hungary.

In the course of overwintering studies, I tried to find out how the winter climate in Hungary influence the development of the eonymphs, how much cold they need to break the diapause and which is the lowest temperature that they can survive. The aim of the rearing tests in the laboratory was to get more information about the biology of the species. During the examination of the host specificity of the species, my primary purpose was to evaluate the possible plant protection risks of the horticultural and forestry use of some taxon that are taxonomically close to the *Ulmus* genus. And last, but not least I tried to find out what is the most practical trapping method for the earliest detection of the pest and for the tracking of its flight activity.

The zigzag elm sawfly overwinters in the soil as eonymph within a solid double-walled cocoon. The eonymphs need cold effect to break their diapause. I tried to time span and extent of the cold effect that is needed to continue the development. I examined two aspects in parallel to get the answer for my questions. Firstly, I collected overwintering specimens in autumn and kept them for a different length of time at low temperatures (5.6°C and 8.8°C), and on the other hand, I collected field samples during the winter season in every two weeks. In both experiments after the cold treatment, I put the cocoons into a climate chamber and kept under same conditions (23°C).

Based on the results it seems the eonymphs received the required amount of cold by the middle of December under natural conditions. That amount was enough for more than the 80% of the specimens to continue their development. In sum, the zigzag elm sawfly eonymphs need about 1-1.5 months of cold at around 10°C to be able to develop to imagines in the spring, when the weather gets warmer.

To get the lowest temperature that the *A. leucopoda* eonymphs can survive I measured their SCP levels. I repeated the measurement several times and the mean SCP of the pest is about – 18°C. I compared the results of collected samples at different times and from different locations and I found that the SCP level of the zigzag elm sawfly could be greatly influenced by the winter weather conditions. It can be established from the results that *A. leucopoda* is not freeze-tolerant.

During the overwintering studies, I succeeded to develop a new parasitoid wasp of the zigzag elm sawfly from the overwintering cocoons, the *Aptesis cretatoides* species, which is a newly described species.

To improve our knowledge of the biology of *A. leucopoda*, the development of the species was studied under laboratory conditions at six constant temperatures: 10.9°C, 15°C, 19.5°C, 23°C, 24.3°C and 27°C. *U. pumila* is known as a preferred host plant of *A. leucopoda* so I used this plant as a host in all experiments. Based on the results I calculated the mean length of different developmental stages, and observed that the larvae may have variant larval stages than six and in connection with the fecundity, I got higher results than it has been written in the literature.

Based on the data the lower development threshold and the sum of effective temperatures of developmental stages (egg, larvae, eo- and pronymph, pupa) and for a whole generation were determined using two different models the linear and the Lactin-2. I compared the results with the data gained in an open field study (LOVAS 2012). In 2011, the flight activity of the *A. leucopoda* was monitored in Martonvásár where 4 generations were observed. The first peak of the flight activity appeared in early April (the traps were placed only after that time), the second was at the end of May, the third at the end of June, and the last one was at the beginning of August. I tried to predict these peaks with the results based on the Lactin-2 model, and I got accurate prediction, but with the results based on the linear model, I predicted the peaks of flight activity for 5-6 days later than it was observed in the nature.

The number of degree-days above 7.3°C (linear model) or 7.1°C (Lactin-2 model) available for development between 2003 and 2010 at the five sites indicate that the zigzag elm sawfly may be capable of producing 4–5 generations per year in Hungary. This average number of generations of *A. leucopoda* coincides with that known from the available literature (BLANK et al. 2010, VÉTEK et al. 2010, LOVAS 2012).

From the Lactin-2 model, I also could have calculated the optimum temperature for development and the upper development threshold, but these data were not reliable. The part of the curves of the Lactin-2 model that predict these data is inaccurate, because I did not have data from the rearing experiments that could help to describe better this part of the curves. Unfortunately, I did not choose such high constant temperatures that would have slowed the development of the specimens down or would have prevented it. Nevertheless, the development of the species accelerated with the rise of the temperature, but I assumed that the optimal temperature is not between 24 and 25°C, because results of the mortality and fecundity rates showed that this value is rather somewhere between 15 and 19.5°C.

During the examination of the host specificity of the zigzag elm sawfly, I examined nine plant species under field and laboratory conditions. Among the nine species, there was one that was a preferred host plant (*U. pumila*) and an *Ulmus* species from Europe (*U. laevis*), from North-America (*U. crassifolia*) and from the Far East (*U. parvifolia*). I examined two species that belong

Summary

to the Ulmaceae family, but are not in the *Ulmus* genus (*Z. serrata*, *H. davidii*). Two *Celtis* species in the field study are in a wider relationship with *Ulmus* genus (*C. occidentalis*, *C. australis*). Finally, a subspecies of the narrow-leafed ash, the *F. angustifolia* subsp. *pannonica* species was included in the experiment, because it occurs often in the oak-ash-elm mixed forests.

Based on the results the *F. angustifolia* subsp. *pannonica* is not a host plant of the zigzag elm sawfly, as we expected, just as the two *Celtis* species. *U. pumila* proved to be a suitable host plant for the larvae and the adults as well. In the leaves of the other species from the *Ulmus* genus, the females laid eggs, but the larvae could not survive, so I concluded that even if *A. leucopoda* causes some damage on the leaves of these species, it would not be significant. Similar results were obtained for *Z. serrata* and *H. davidii* species.

The aim of the trapping studies was to test the applicability and effectiveness of traps of three different colours for catching *A. leucopoda* and to examine the effect of trap height. Three different colours (white, yellow, fluorescent yellow) of the same “cloak” trap type with a sticky surface Csalomon® (PAL) were tested. The trapping period was set to coincide with the peak of the second emergence of adults at the study site, to catch as many specimens as possible with the different traps. The results of the experiments are consistent with the expectations according to the literature about trapping methods of other Hymenopteran species. Most of the *A. leucopoda* adults were captured with the yellow traps, followed by the fluorescent yellow traps. The white traps were the least attractive to the sawfly species.

The emergence of the overwintering imagines was monitored with fluorescent yellow “cloak” traps. Three different heights were tested: 0.5 m, 2 m and 8 m. The experiments were carried out in two consecutive years. Based on the evaluation of the data, traps placed at the 2 m height can be recommended for the detection and for the tracking of the adults’ flight activity in the practice.

8. MELLÉKLETEK

8.1. Irodalomjegyzék

- ANDERBRANT, O., LÖFQVIST, J., JÖNSSON, J., MARLING, E. (1989): Effects of pheromone trap type, position and colour on the catch of the pine sawfly *Neodiprion sertifer* (Geoff.)(Hym., Diprionidae). In: *Journal of Applied Entomology*, 107 (1–5) 365–369. p.
- ANDREADIS, S.S., ATHANASSIOU, C.G. (2017): A review of insect cold hardiness and its potential in stored product insect control. In: *Crop Protection*, 91 93–99. p.
- ANDREWARTHA, H.G. (1952): Diapause in relation to the ecology of insects. In: *Biological Reviews*, 27 50–107. p.
- ARTOKHIN, K.S., IGNATOVA, P.K., TERSKOV, E.N. (2012): New insects including invasive species for the fauna of Rostov Region (Russia). In: *Caucasian Entomological Bulletin*, 8 (2) 199–202. p.
- ASAHINA, E. (1970): Frost resistance in insects. In: *Advances in Insect Physiology*, 6 1–49. p.
- BÁLDI A., CSÁNYI B., CSORBA G., ERŐS T., HORNING E., MERKL O., OROSZ A., PAPP L., RONKAY L., SAMU F., SOLTÉSZ Z., SZÉP T., SZINETÁR CS., VARGA A., VAS Z., VÉTEK G., VÖRÖS J., ZÖLDI V., ZSUGA K. (2017): Behurcolt és invazív állatok Magyarországon. In: *Magyar Tudomány*, 4 399–437. p.
- BALE, J.S. (1987): Insect cold hardiness: freezing and supercooling—an ecophysiological perspective. In: *Journal of Insect Physiology*, 33 (12) 899–908. p.
- BALE, J.S. (1993): Classes of insect cold hardiness. In: *Functional Ecology*, 7 (6) 751–753. p.
- BALE, J.S. (1996): Insect cold hardiness: a matter of life and death. In: *European Journal of Entomology*, 93 369–382. p.
- BARKER, A.M., SANBROOKE, K.J., AEBISCHER, N.J. (1997): The water trap colour preferences of farmland sawflies. In: *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 85 83–86. p.
- BATTISTI, A., RODEGHIERO, M. (1998): Monitoring spruce web-spinning sawflies *Cephalcia* spp.: the correlation between trap catches and soil sampling. In: *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 88 (3) 211–217. p.
- BELLA, S. (2013): New alien insect pests to Portugal on urban ornamental plants and additional data on recently introduced species. In: *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*, 49 (4) 374–382. p.

MELLÉKLETEK

- BERGANT, K., TRDAN, S. (2006): How reliable are thermal constants for insect development when estimated from laboratory experiments? In: *Entomologica Experimentalis et Applicata*, 120 251–256. p.
- BLANK, S.M., HARA, H., MIKULÁS, J., CSÓKA, GY., CIORNEI, C., CONSTANTINEANU, R., CONSTANTINEANU, I., ROLLER, L., ALTENHOFER, E., HUFLEJT, T., VÉTEK, G. (2010): *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae): An East Asian pest of elms (*Ulmus* spp.) invading Europe. In: *European Journal of Entomology*, 107 357–367. p.
- BLANK, S.M., KÖHLER, T., PFANNENSTILL, T., NEUENFELDT, N., ZIMMER, B., JANSEN, E., TAEGER, A., LISTON, A.D. (2014): Zig-zagging across Central Europe: recent range extension, dispersal speed and larval hosts of *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera, Argidae) in Germany. In: *Journal of Hymenoptera Research*, 41 57–74. p.
- BLOCK, W. (1982): Cold hardiness in invertebrate poikilotherms. In: *Comparative Biochemistry and Physiology*, 73A (4) 581–593. p.
- BOEVÉ, J.L. (2013): First record in Belgium of the invasive sawfly *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae) and some related ecological data. In: *Bulletin de la Société royale belge d'Entomologie / Bulletin van de Koninklijke Belgische Vereniging voor Entomologie*, 149 (3) 217–221. p.
- BOEVÉ, J.L., ROZENBERG, R., SHINOHARA, A., SCHMIDT, S. (2014): Toxic peptides occur frequently in pergid and argid sawfly larvae. In: *PLOS One* 9 (8) 1–7. p.
- BÖRCSÖK Z. (2004): Vezérfonal a Magyarországon előforduló szilek (*Ulmus* spp.) meghatározásához. In: *Flora Pannonica*, 2 (2) 141–152. p.
- BORHIDI, A. (2008): A zárwatermők rendszertana molekuláris filogenetikai megközelítésben. Pécs: Pécsi Tudományegyetem Kiadó. p. 171–180.
- BOSCH, J., KEMP, W.P. (2003): Effect of wintering duration and temperature on survival and emergence time in males of the orchard pollinator *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae). In: *Environmental Entomology*, 32 (4) 711–716. p.
- BOSCH, J., KEMP, W.P. (2004): Effect of pre-wintering and wintering temperature regimes on weight loss, survival, and emergence time in the mason bee *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae). In: *Apidologie*, 35 469–479. p.
- BRIERE, J.F., PRACROS, P., LE ROUX, A.Y., PIERRE, J.S. (1999): A novel rate model of temperature-dependent development for arthropods. In: *Environmental Entomology*, 28 (1) 22–29. p.

- CAMPBELL, A., FRAZER, B.D., GILBERT, N., GUTIERREZ, A.P., MACKAUER, M. (1974): Temperature requirements of some aphids and their parasites. In: *Journal of Applied Ecology*, 11 431–438. p.
- CAMPOS, W.G., PEREIRA, D., SCHOEREDER, J.H. (2000): Comparison of the efficiency of flight-interception trap models for sampling Hymenoptera and other insects. In: *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29 (3) 381–389. p.
- CAO, J.F., LIN, C.S., WU, F.Y., ZHANG, H.X., ZHAO, W.J. (2011): Bionomics and control of *Aproceros leucopoda*. In: *Forest Pest and Disease*, (6) 17–20. p.
- CARDAȘ, G., LUPĂȘTEAN, D., BAUDOUIN, A. (2011): Prădători din familia Carabidae prezenți în păduri de foioase din partea de est a României, cu ulm în compoziție, infestate cu *Aproceros leucopoda* Takeuchi (Hymenoptera, Argidae). In: *Materialele Simpozionului Internațional (2011)(Chișinău). Dezvoltarea durabilă a sectorului forestier – noi obiective și priorități. Chișinău, 17–19 noiembrie 2011. [in Romanian] p. 16–21.*
- CHARLES, J.G., ALLAN, D.J. (2000): Development of the willow sawfly, *Nematus oligospilus*, at different temperatures, and an estimation of voltinism throughout New Zealand. In: *New Zealand Journal of Zoology*, 27 (3) 197–200. p.
- CSISZÁR Á. (szerk.) (2012): *Inváziós növényfajok Magyarországon*. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó. p. 105.
- CSÓKA GY. et al. (2013): *Erdőkárok – képes útmutató*. Budapest: NÉBIH Erdészeti Igazgatósága – Erdészeti Tudományos Intézet. 223. p.
- CSÓKA GY., AMBRUS A. (2016): Erdei fa- és cserjefajok szerepe a herbivor rovarok fajgazdagságának fenntartásában. p. 155–192. In: KORDA M. (szerk.) *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére: Tanulmánygyűjtemény*. Budapest: Duna-Ípoly Nemzeti Park Igazgatóság. 679. p.
- CSÓKA GY., HIRKA A., SZŐCS L. (2012): Rovarglobalizáció a magyar erdőkben. In: *Erdészettudományi Közlemények*, 2 (1) 187–198. p.
- CSÓKA GY., MIKULÁS J., BLANK, S., VÉTEK G. (2010): A kanyargós szillevéldarázs (*Aproceros leucopoda* Takeuchi, 1939) megjelenése Magyarországon. In: *56. NÖVÉNYVÉDELMI TUDOMÁNYOS NAPOK (2010)(Budapest). Előadások összefoglalói*. p. 1.
- DAISIE European Invasive Alien Species Gateway (2017). <http://www.europe-aliens.org/>. Kereső program: Google. Kulcsszavak: alien species of Europe. Lekérdezés időpontja: 2017.03.27.

MELLÉKLETEK

- DANCZA I. (2012): Az inváziós növények elleni küzdelem Európában, különös tekintettel az EPPO (Európai és Földközi-tenger melléki Növényvédelmi Szervezet) operatív tevékenységére és hazai vonatkozásaira. In: *Növényvédelem*, 48 (1) 2–14. p.
- DANKS, H.V. (2005): Key themes in the study of seasonal adaptations in insects I. Patterns of cold hardiness. In: *Applied Entomology and Zoology*, 40 (2) 199–211. p.
- DANKS, H.V. (2006): Insect adaptations to cold and changing environments. In: *The Canadian Entomologist*, 138 1–23. p.
- DE GROOT, M., HAUPTMAN, T., SELJAK, G. (2012): Prva najdba invazivne brestove grizlice, *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae) v Sloveniji. The first record of the invasive »zigzag« sawfly *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae) in Slovenia. In: *Gozdarski Vestnik*, 70 (1) 3–7. p.
- DENLINGER, D.L. (1991): Relationship between cold hardiness and diapause. p. 174–198. In: LEE, R.E., DENLINGER, D.L.: Insect at low temperature. New York and London: Chapman and Hall. 513. p.
- DENLINGER, D.L. (2002): Regulation of diapause. In: *Annual Review of Entomology*, 47 (1) 93–122. p.
- DIGWEED, S.C., SPENCE, J.R., LANGOR, D.W. (1997): Exotic birch-leafmining sawflies (Hymenoptera: Tenthredinidae) in Alberta: Distributions, seasonal activities, and the potential for competition. In: *The Canadian Entomologist*, 129 319–333. p.
- DOYCHEV, D. (2015): First record of the invasive elm sawfly *Aproceros leucopoda* Takeuchi (Hymenoptera: Argidae) in Bulgaria. In: *Silva Balcanica*, 16 (1) 108–112. p.
- EASIN European Alien Species Information Network (2017). <https://easin.jrc.ec.europa.eu/>. Kereső program: Google. Kulcsszavak: alien species of Europe. Lekérdezés időpontja: 2017.04.12.
- EPPO (2011): 2011/198 – *Aproceros leucopoda*: addition to the EPPO Alert List. EPPO Reporting Service, Paris. <https://gd.eppo.int/reporting/article-1767>. Kereső program: Google. Kulcsszavak: EPPO, alert list, *Aproceros*. Lekérdezés időpontja: 2017.03.27.
- FINCH, S., SKINNER, G. (1974): Some factors affecting the efficiency of water-traps for capturing cabbage root flies. In: *Annals of Applied Biology*, 77 (3) 213–226. p.
- FU, L., XIN, Y.Q., WHITTEMORE, A. (2004): Ulmaceae. In: *Flora of China*, 5 1–19. p.
- GATTO, F., KATSANEVAKIS, S., VANDEKERKHOVE, J., ZENETOS, A., CARDOSO, A.C. (2013): Evaluation of online information sources on alien species in Europe: the need of harmonization and integration. In: *Environmental Management*, 51 (6) 1137–1146. p.

- GAULD, I.D., BOLTON, B. (1988): The Hymenoptera. Oxford: British Museum (Natural History) in association with Oxford University Press. 332. p
- GLAVENDEKIĆ, M., PETROVIĆ, J., PETAKOVIĆ, M. (2013): Alien invasive species *Aproceros leucopoda* Takeuchi (Hymenoptera: Argidae) – elm pest in Serbia. In: *Sumarstvo*, 1–2 47–56. p.
- GNINENKO, Y.U.I., GNINENKO, M.Y.U., RAKOV, A.G. (2013): New detections of *Aproceros leucopoda* in Russia. In: *Zashchita i karantin rasteniy*, 3 40–41. p.
- GRAF, B., HÖHN, H., HÖPLI, H.U. (1996): The apple sawfly, *Hoplocampa testudinea*: a temperature driven model for spring emergence of adults. In: *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 78 (3) 301–307. p.
- HARIS, A. (2009): Sawflies of the Zselic Hills, SW Hungary (Hymenoptera: Symphyta). In: *Natura Somogyiensis*, 15 127–158. p.
- HARIS, A. (2010): Sawflies of the Vértes Mountains (Central Transdanubia, Hungary) (Hymenoptera: Symphyta). In: *Natura Somogyiensis*, 17 221–250. p.
- HELLMANN, J.J., BYERS, J.E., BIERWAGEN, B.G., DUKES, J.S. (2008): Five potential consequences of climate change for invasive species. In: *Conservation Biology*, 22 (3) 534–543. p.
- HERON, R.J. (1972): Differences in postdiapause development among geographically distinct populations of the larch sawfly, *Pristiphora erichsonii* (Hymenoptera: Tenthredinidae). In: *The Canadian Entomologist*, 104 1307–1312. p.
- HEYWOOD, V.H. et al. (2007): Flowering plant families of the world. Kew: Royal Botanic Gardens. 424. p.
- HILLEBRAND, R., TUBA, K. (2013): Különböző tápnövényről származó gyapjaslepke (*Lymantria dispar*) populációk fejlődésmenete pannónia nyáron. In: *Növényvédelem*, 49 101–109. p.
- HIRKA A. (szerk.) (2010): A 2009. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2010-ben várható károsítások. Mátrafüred: Erdészeti Tudományos Intézet. 132. p.
- HOBACK, W.W., SVATOS, T.M., SPOMER, S.M., HIGLEY, L.G. (1999): Trap color and placement affects estimates of insect family-level abundance and diversity in a Nebraska salt marsh. In: *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 91 393–402. p.
- HOLUŠA, J., DRÁPELA, K. (2003): Integrated management of little spruce sawfly (*Pristiphora abietina*): design pattern. In: *Proceedings: Ecology, Survey and Management of Forest Insects GTR-NE-311*, 16–24. p.

- HOLUŠA, J., DRÁPELA, K. (2006): Yellow sticky boards: a possible way of monitoring little spruce sawfly (*Pristiphora abietina*)(Hymenoptera: Tenthredinidae). In: *Journal of Forest Science*, 52 13–21. p.
- HOLUŠA, J., LUBOJACKÝ, J. (2007): Correlation between flight activity of sawflies *Pristiphora abietina*, *P. saxesenii*, *P. gerula* and *P. leucopodia* (Hymenoptera: Tenthredinidae) and spruce (*Picea abies*) bud breaking in Eastern Czech Republic. In: *Journal of Forest Science*, 53 69–73. p.
- HOLUŠA, J., STODŮLKOVÁ, P., MACEK, J. (2017): Observations on the occurrence and phenology of the invasive elm defoliator *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae) in the Czech Republic. In: *Urban For Urban Gree*, 21 29–33. p.
- HONĚK, A. (1996): Geographical variation in thermal requirements for insect development. In: *European Journal of Entomology*, 93 303–312. p.
- HONĚK, A., KOCOUREK, F. (1988): Thermal requirements for development of aphidophagous Coccinellidae (Coleoptera), Chrysopidae, Hemerobiidae (Neuroptera), and Syrphidae (Diptera): some general trends. In: *Oecologia*, 76 (3) 455–460. p.
- HONĚK, A., KOCOUREK, F. (1990): Temperature and development time in insects: a general relationship between thermal constants. In: *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere*, 117 (4) 401–439. p.
- HULME, P.E, BACHER, S., KENIS, M., KLOTZ, S., KÜHN, I. MINCHIN, D., NENTWIG. W., OLENIN, S., PANOV, V., PERGL, J., PYŠEK, P., ROQUES, A., SOL, D., SOLARZ, W., VILÁ, M. (2008): Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. In: *Journal of Applied Ecology*, 45 403–414. p.
- HULME, P.E. (2009): Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. In: *Journal of Applied Ecology*, 46 (1) 10–18. p.
- HULME, P.E., NENTWIG, W., PYŠEK, P., VILÁ, M. (Eds.) (2009): DAISIE, The Handbook of alien species in Europe. *Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology*, 3. Dordrecht: Springer. 399 p.
- HUMBLE, L.M. (2006): Overwintering adaptations in Arctic sawflies (Hymenoptera: Tenthredinidae) and their parasitoids: cold tolerance. In: *The Canadian Entomologist*, 138 59–71. p.
- IUCN (2000): IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. SSC Invasive Species Specialist Group. http://www.issg.org/pdf/aliens_newsletters/SupplementIssue11.pdf. Kereső program: Google. Kulcsszavak: IUCN, guideline, invasive. Lekérdezés időpontja: 2017.03.30.

- JALAS, J., SUOMINEN, J. (1976): Atlas Florae Europaeae: distribution of vascular plants in Europe Vol. 3 Salicaceae to Balanophoraceae. Helsinki: The Committee for Mapping the Flora of Europe and Societas Biologica Fennica Vanamo. p. 80–84.
- JURÁŠKOVÁ, M., HRADIL, K., MACEK, J. (2014): Pilatěnka *Aproceros leucopoda* – nový invazní škůdce v České Republice. In: *Rostlinolékař*, 3 21–23. p.
- KATSANEVAKIS, S., BOGUCARSKIS, K., GATTO, F., VANDEKERKHOVE, J., DERIU, I., CARDOSO, A. C. (2012): Building the European Alien Species Information Network (EASIN): a novel approach for the exploration of distributed alien species data. In: *BioInvasions Records*, 1 (4) 235–245. p.
- KATSANEVAKIS, S., DERIU, I., D'AMICO, F., NUNES, A.L., PELAEZ SANCHEZ, S., CROCETTA, F., ARIANOUTSOU, M., BAZOS, I., CHRISTOPOULOU, A., CURTO, G., DELIPETROU, P., KOKKORIS, Y., PANOV, V.E., RABITSCH, W., ROQUES, A., SCALERA, R., SHIRLEY, S.M., TRICARICO, E., VANNINI, A., ZENETOS, A., ZERVOU, S., ZIKOS, A., DELIPETROU, P. (2015): European alien species information network (EASIN): supporting European policies and scientific research. In: *Management of Biological Invasions*, 6 (2) 147–157. p.
- KAWASAKI, M., FUJITA, M., SAKURAI, A., MAETO, K. (2012): Trimodal adult emergence in summer generations of the rose sawfly *Arge nigrinodosa* (Hymenoptera, Argidae). In: *Journal of Hymenoptera Research*, 25 1–14. p.
- KENIS, M., AUGER-ROZENBERG, M. A., ROQUES, A., TIMMS, L., PÉRÉ, C., COCK, M. J.W., SETTELE, J., AUGUSTIN, S., LOPEZ-VAAMONDE, C. (2009): Ecological effects of invasive alien insects. In: *Biological Invasions*, 11 21–45. p.
- KENIS, M., BRANCO, M. (2010): Chapter 5: Impact of alien terrestrial arthropods in Europe. 51–71. p. In: ROQUES, A., KENIS, M., LEES, D., LOPEZ-VAAMONDE, C., RABITSCH, W., RASPLUS, J.Y., ROY, D.B. (Eds.): *Alien terrestrial arthropods of Europe*. Sofia–Moscow: Pensoft. BioRisk, 4 (1) 570 p.
- KNERER, G. (1983): Diapause strategies in diprionid sawflies. In: *Naturwissenschaften*, 70 (4) 203–205. p.
- KONDOROSY E. (2012): Adventív poloskafajok Magyarországon. In: *Növényvédelem*, 48 (3) 97–104. p.
- KRAUS, M., LISTON, A.D., TAEGER, A. (2011): Die invasive Zick-Zack-Ulmenblattwespe *Aproceros leucopoda* Takeuchi, 1939 (Hymenoptera: Argidae) in Deutschland. In: *DGaaENachrichten*, 25 (3) 117–119. p.

- LACTIN, D.J., HOLLIDAY, N.J., JOHNSON, D.L., CRAIGEN, R. (1995): Improved rate model of temperature-dependent development by arthropods. In: *Environmental Entomology*, 24 (1) 68–75. p.
- LANGOR, D.W., DIGWEED, S.C., WILLIAMS, D.J.M., SPENCE, J.R., SAUNDERS, C. (2000): Establishment and spread of two introduced parasitoids (Ichneumonidae) of the birch leafminer, *Fenusa pusilla* (Tenthredinidae). In: *BioControl*, 45 (4) 415–423. p.
- LEATHER, S.R., WALTERS, K.F., BALE, J.S. (1995): The ecology of insect overwintering. Cambridge: Cambridge University Press. 255. p.
- LEE, R.E. (1989): Insect cold-hardiness: To freeze or not to freeze. In: *Bioscience*, 39 (5) 308–313. p.
- LENGESOVA, N.A. (2012): Elm sawfly (*Aproceros leucopoda* Takeuchi, 1939) – an elm pest new to the territory of the Ulyanovsk Region. In: *Priroda Simbirskogo Povolzh'ya*, 13 136–139. p.
- LENGESOVA, N.A., MISHCHENKO, A.V. (2013): Biology, ecology and molecular characterization of *Aproceros leucopoda* (Takeuchi, 1939) (Hymenoptera: Argidae), pest of elms in the Middle Volga region. In: *Caucasian Entomological Bulletin*, 9 (1) 163–167. p.
- LI, D. (1998): A linear model for description of the relationship between the lower threshold temperature and thermal constant in spiders (Araneae: Arachnida). In: *Journal of Thermal Biology*, 23 (1) 23–30. p.
- LOGAN, J.A., WOLLKIND, D.J., HOYT, S.C., TANIGOSHI, L.K. (1976): An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. In: *Environmental Entomology*, 5 (6) 1133–1140. p.
- LOONEY, C., SHEEHAN, K., BAI, B., FLOWERS, R., KOHLER, G., LAGASA, E., MCKORNEY, A.E., SMITH, D.R. (2012): The distribution of a potential new forest pest, *Monsoma pulveratum* (Hymenoptera: Tenthredinidae), in the Pacific Northwest states. In: *Northwest Science*, 86 (4) 342–345. p.
- LOVAS M. (2012): Egy Európa faunájára új szilkártevő, a kanyargós szillevéldarázs (*Aproceros leucopoda*) hazai elterjedésének, biológiájának és jelentőségének vizsgálata. Diplomadolgozat. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi kar, Rovartani tanszék. 47. p.
- MACEK, J., SÍPEK, P. (2015): Azalea sawfly *Nematus lipovskyi* (Hymenoptera: Tenthredinidae), a new invasive species in Europe. In: *European Journal of Entomology*, 112 (1) 180–186. p.

- MACKENTHUN, G. (2004): *Ulmus*. Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie. Weinheim: Wiley-VCH. p. 1–20.
- MACKENTHUN, G. (2017): Handbuch der Ulmengewächse. Version 2.0. www.ulmenhandbuch.de. Kereső program: Google. Kulcsszavak: Ulmengewächse, Familie. Lekérdezés időpontja: 2017.04.10.
- MANSIGH, A. (1971): Physiological classification of dormancy in insects. In: *The Canadian Entomologist*, 103 983–1009. p.
- MARTYNOV, V.V., NIKULINA, T.V. (2016): New invasive phytophagous insects in woods and forest plantings of Donbass. In: *Caucasian Entomological Bulletin*, 12 (1) 41–51. p.
- MARTYNOV, V.V., NIKULINA, T.V. (2017): Population surge of zigzag elm sawfly (*Aproceros leucopoda* (Takeuchi, 1939): Hymenoptera: Argidae) in Northern Sea of Azov region. In: *Russian Journal of Biological Invasions*, 1 25–34. p.
- MATHIEU, A., DUMONT, Y., CHIROLEU, F., DUYCK, P.F., FLORES, O., LEBRETON, G., REYNAUD, B., QUILICI, S. (2014): Predicting the altitudinal distribution of an introduced phytophagous insect against an invasive alien plant from laboratory controlled experiments: case of *Cibdela janthina* (Hymenoptera: Argidae) and *Rubus alceifolius* (Rosaceae) in La Réunion. In: *BioControl*, 59 (4) 461–471. p.
- MATOŠEVIĆ, D. (2012): Prvi Nalaz brijestove ose listarice (*Aproceros leucopoda*), nove invazivne vrste u Hrvatskoj. First record of elm sawfly (*Aproceros leucopoda*), new invasive species in Croatia. In: *Šumarski List*, 136 (1–2) 57–61. p.
- MATOŠEVIĆ, D., PAJAČ ŽIVKOVIĆ, I. (2013): Strane fitofagne vrste kukaca i grinja na drvenastom bilju u Hrvatskoj. Alien phytophagous insect and mite species on woody plants in Croatia. In: *Šumarski list*, 137 (3–4) 191–203. p.
- MCDONALD, J.R., BALE, J.S., WALTERS, K.F. (1998): Effect of temperature on development of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). In: *European Journal of Entomology*, 95 301–306. p.
- MEYERSON, L.A., MOONEY, H.A. (2007): Invasive alien species in an era of globalization. In: *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5 (4) 199–208. p.
- MOL A. W.M., VONK D.H. (2014): Een nieuwe invasieve exoot vreet aan onze iepen: de iepenzigzagbladwesp. In: *Kijk op Exoten*, 9 2–3. p.
- MOL, A. W. M., VONK, D. H. (2015): De iepenzigzagbladwesp *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera, Argidae), een invasieve exoot in Nederland. In: *Entomologische Berichten*, 75 (2) 50–63. p.

MELLÉKLETEK

- MORRILL, W.L., GABOR, J.W., WICHMAN, D. (1993): Mortality of the wheat stem sawfly (Hymenoptera: Cephidae) at low temperatures. In: *Environmental Entomology*, 22 (6) 1358–1361. p.
- MORRIS, K.R.S. (1937): The prepupal Stage in Ichneumonidae, illustrated by the life-history of *Exenterus abruptorius*, Thb. In: *Bulletin of Entomological Research*, 28 (04) 525–534. p.
- MURRAY, M.S. (2008): Using degree days to time treatments for insect pests. Utah State University Extension. IPM-05-08. <https://climate.usurf.usu.edu/includes/pestFactSheets/degree-days08.pdf> Kereső program: Google Scholar. Kulcsszavak: using, degree days, insect. Lekérdezés időpontja: 2017.04.02.
- NAGY B. (1994): Hártáásszárnyúak – Hymenoptera. 199. p. In: JERMY T., BALÁZS K. (Szerk.): *A növényvédelmi állattan kézikönyve 5*. Budapest: Akadémia kiadó. 376. p.
- NÉBIH Erdészeti Igazgatóság (2010–2014): Erdőleltár. <http://portal.nebih.gov.hu/erdoleltar/nyitoldal>. Kereső program: Google. Kulcsszavak: NÉBIH, erdőleltár. Lekérdezés időpontja: 2017.04.01.
- PELZ-STELINSKI, K.S., GUT, L.J., ISAACS, R. (2006): Vertical position of traps influences captures of eastern cherry fruit fly (Diptera: Tephritidae). In: *Florida Entomologist*, 89 (1) 80–82. p.
- PEROVIĆ, F., MERDIĆ, E., PEROVIĆ, G. (2006): Sawflies (Hymenoptera, Symphyta) in the biotopes of Kopački rit. In: *Natura Croatica*, 15 (4) 189–201. p.
- PERRINGS, C., DEHNEN-SCHMUTZ, K., TOUZA, J., WILLIAMSON, M. (2005): How to manage biological invasions under globalization. In: *Trends in Ecology and Evolution*, 20 (5) 212–215. p.
- PIMENTEL, D., LACH, L., ZUNIGA, R., MORRISON, D. (2002): Environmental and economic costs associated with non-indigenous species in the United States. p. 285–306 . In: PIMENTEL, D. (Szerk.): *Biological Invasions. Economic and Environmental costs of Alien Plants, Animal and Microbe Species*. Boca Raton: CRC Press. 384. p.
- PODANI J. (2003): *A szárazföldi növények evolúciója és rendszertana*. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó. 296. p.
- PODANI J. (2007): Magyarország edényes flórája a nagymérvű rendszertani változások tükrében. In: *Botanikai Közlemények*, 94 (1–2) 155–174. p.
- PRICOP, E., CARDAȘ, G., CIORNEI, C., ANDRIESCU, I. (2012): On the egg parasitoids of *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae), an invasive pest species from Japan. In: *Animal Biology & Animal Husbandry*, 4 (2) 43–46. p.

- PROKOPY, R. J., OWENS, E.D. (1978): Visual generalist with visual specialist phytophagous insects: host selection behaviour and application to management. In: *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 24 (3) 609–620. p.
- PROKOPY, R.J., OWENS, E.D. (1983): Visual detection of plants by herbivorous insects. In: *Annual Review of Entomology*, 28 (1) 337–364. p.
- PUTCHKOV, P.V. (2013): Invasive true bugs (Heteroptera) established in Europe. In: *Ukrainian Entomological Journal*, 2 (7) 11–28. p.
- RABITSCH, W. (2010): Pathways and vectors of alien arthropods in Europe. Chapter 3. 27–43. p. In: ROQUES, A., KENIS, M., LEES, D., LOPEZ-VAAMONDE, C., RABITSCH, W., RASPLUS, J.Y., ROY, D.B. (Eds.): *Alien terrestrial arthropods of Europe*. Sofia–Moscow: Pensoft. BioRisk, 4 (1) 570 p.
- RAE, D.J., DE'ATH, G. (1991): Influence of constant temperature on development, survival and fecundity of sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera, Pseudococcidae). In: *Australian Journal of Zoology*, 39 (1) 105–122. p.
- RASPLUS, J.Y., VILLEMANT, C., PAIVA, M.R., DELVARE, G., ROQUES, A. (2010): Hymenoptera. Chapter 12. 669–776. p. In: ROQUES, A., KENIS, M., LEES, D., LOPEZ-VAAMONDE, C., RABITSCH, W., RASPLUS, J.Y., RO, D. (Eds.): *Arthropod invasions in Europe*. Sofia–Moscow: Pensoft. BioRisk 4 (2) 500. p.
- RAVOET J. (2014): Iepenzigzagwesp verovert Vlaanderen.- URL: <https://www.naturetoday.com/nl/nl/nature-reports/message/?msg=19752>. Kereső program: Google. Kulcsszó: iepenzigzagwesp. Lekérdezés időpontja: 2017.03.17.
- REICHARD, S.H., WHITE, P. (2001): Horticulture as a Pathway of Invasive Plant Introductions in the United States. In: *BioScience*, 51 (2) 103–113. p.
- REISSIG, W.H. (1975): Performance of apple maggot traps in various apple tree canopy positions. In: *Journal of Economic Entomology*, 68 (4) 534–538. p.
- RICHARDSON, D.M., PYŠEK, P., REJMÁNEK, M., BARBOUR, M. G., PANETTA, F.D., WEST, C.J. (2000): Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. In: *Diversity and Distributions*, 6 (2) 93–107. p.
- RIPKA G. (2010): Jövevény kártevő ízeltlábúak áttekintése Magyarországon (I). In: *Növényvédelem*, 46 (2) 45–58. p.
- RITZAU, C. (1988): Zur Pflanzenwespenfauna junger Düneninseln der südlichen Nordsee (Hymenoptera: Symphyta). In: *Drosera*, 139–153. p.
- ROQUES, A., AUGER-ROZENBERG, M.A., BLACKBURN, T.M., GARNAS, J., PYŠEK, P., RABITSCH, W., RICHARDSON D.M., WINGFIELD M.J., LIEBHOLD, A.M.,

- DUNCAN, R.P. (2016): Temporal and interspecific variation in rates of spread for insect species invading Europe during the last 200 years. In: *Biological Invasions*, 18 (4) 907–920. p.
- ROQUES, A., KENIS, M., LEES, D., LOPEZ-VAAMONDE, C., RABITSCH, W., RASPLUS, J.-Y., ROY, D.B. (Eds) (2010): Alien terrestrial arthropods of Europe. Sofia–Moscow: Pensoft. *BioRisk*, 4 (1) – (2) 570 p. + 500 p.
- ROQUES, A. (2010): Taxonomy, time and geographic patterns. Chapter 2. 11–26. p. In: ROQUES, A., KENIS, M., LEES, D., LOPEZ-VAAMONDE, C., RABITSCH, W., RASPLUS, J.Y., ROY, D.B. (Eds.): *Alien terrestrial arthropods of Europe*. Sofia–Moscow: Pensoft. *BioRisk*, 4 (1) 570. p.
- ROSENZWEIG, C., IGLESIAS, A., YANG, X.B., EPSTEIN P.R., CHIVIAN, E. (2001): Climate change and extreme weather events: implications for food production, plant diseases, and pests. In: *Global Change and Human Health*, 2 90–104. p.
- RÜHL, D. (1978): Untersuchungen an Hymenopteren eines naturnahen Lebensraumes, einer Brachfläche sowie je eines alternativ und konventionell bewirtschafteten Obstgutes (Hymenoptera: Symphyta, Aculeata). In: *Arbeiten aus dem Institut für Landwirtschaftliche Zoologie und Bienenkunde*, Bonn: Institut für Landwirtschaftliche Zoologie und Bienenkunde, 4 (4) 220. p.
- SAKAGAMI, S.F., TANNO, K., TSUTSUI, H., HONMA, K. (1985): The role of cocoons in overwintering of the soybean pod borer *Leguminivora glycinivorella* (Lepidoptera: Tortricidae). In: *Journal of the Kansas Entomological Society*, 58 (2) 240–247. p.
- SALT, R.W. (1947): Some effects of temperature on the production and elimination of diapause in the wheat stem sawfly, *Cephus cinctus* Nort. In: *Canadian Journal of Research*, 25 (2) 66–86. p.
- SALT, R.W. (1958): Application of nucleation theory to the freezing of supercooled insects. In: *Journal of Insect Physiology*, 2 (3) 178–188. p.
- SALT, R.W. (1961): Principles of insect cold-hardiness. In: *Annual Review of Entomology*, 6 (1) 55–74. p.
- SANTINI, A., FACCOLI, M. (2015): Dutch elm disease and elm bark beetles: a century of association. In: *iForest*, 8 126–134. p. <http://www.sisef.it/iforest/contents/?id=ifor1231-008> Kereső program: Google Scholar. Kulcsszó: dutch elm disease review. Lekérdezés időpontja: 2017.04.27.
- SCHEBECK, M., SCHAFELLNER, C., SCHOPF, A. (2015): Overwintering biology of the mountain spruce sawfly, *Pachynematus montanus* (Zaddach, 1883) (Hymenoptera,

- Tenthredinidae). In: *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie*, 20 229–232. p.
- SCHROEDER, G. (2007): Neuerungen bei der Systematik der Gehölze. In: *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gessellschaft*, 92 11–20. p.
- SCHUCK, H.J. (2012): Das natürliche System der Holzgewächse. 3–9. p. In: Lang, U. M., Roloff, A., Stimm, B., Weisgerber, H.: *Enzyklopädie der Holzgewächse*, 62. *Ergänzungslieferung*. Weinheim: Wiley-VCH. 88. p.
- SCHUSTER, B. (1985): Zum Auftreten von Pflanzenwespen in Hochmoorresten des Norddeutschen Flachlandes (Hymenoptera, Symphyta). In: *Drosera*, 1–16. p.
- SCHWARZ, M. (2018): Revisionen und Neubeschreibungen von Cryptinae (Hymenoptera, Ichneumonidae) 2. In: *Entomofauna*, 39 121–185. p.
- SHCHUROV, V.I., GNINENKO, Y.U.I., LENGESOVA, N.A., GNINENKO, M.Y.U. (2012): Elm sawfly in the European part of Russia. In: *Zashchita i Karantin Rasteniy*, 2 37–39. p.
- SHIMA, H. (1984): Study on the tribe Blondeliini from Japan (Diptera, Tachinidae) V. The genera *Blondelia* Robineau-Desvoidy and *Compsilura* Bouché. In: *Kontyû*, 52 540–552. p.
- SHORTHOUSE, J.D., LEGGO, J.J. (2002): Immature stages of the galler *Diplolepis triforma* (Hymenoptera: Cynipidae) with comments on the role of its prepupa. In: *The Canadian Entomologist*, 134 433–446. p.
- SIMON T. (2002): A magyarországi edényes flóra határozója. Harasztok – virágos növények. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó Rt. 976. p.
- SINCLAIR, B.J. (1999): Insect cold tolerance: How many kinds of frozen? In: *European Journal of Entomology*, 96 157–164. p.
- SINCLAIR, B.J., ALVARADO, L.E.C., FERGUSON, L.V. (2015): An invitation to measure insect cold tolerance: methods, approaches, and workflow. In: *Journal of Thermal Biology*, 53 180–197. p.
- SOBEK-SWANT, S., CROSTHWAITE, J.C., LYONS, D.B., SINCLAIR, B.J. (2012): Could phenotypic plasticity limit an invasive species? Incomplete reversibility of mid-winter deacclimation in emerald ash borer. In: *Biological Invasions*, 14 115–125. p.
- SOLTIS, D.E., SOLTIS, P.S., CHASE, M.W., MORT, M.E., ALBACH, D.C., ZANIS, M., SAVOLAINEN, V., HAHN, W.H., HOOT, S.B., FAY, M.F., AXTELL, M., SWENSEN, S.M., PRINCE, L.M., KRESS, W.J., NIXON, K.C., FARRIS, J.S. (2000): Angiosperm phylogeny inferred from 18S rDNA, *rbcL*, and *atpB* sequences. In: *Botanical Journal of the Linnean Society*, 133 381–461. p.

MELLÉKLETEK

- SØMME, L. (1982): Supercooling and winter survival in terrestrial arthropods. In: *Comparative Biochemistry and Physiology*, 73A (4) 519–543. p.
- SØMME, L. (1999): The physiology of cold hardiness in terrestrial arthropods. In: *European Journal of Entomology*, 96 (1) 1–10. p.
- SOROKIN, N.S. (2013): Elm sawfly in the Rostov region. In: *Zashchita i Karantin Rasteniy*, 11 35–37. p.
- SUKOVATA, L., SLUSARSKI, S., JABLONSKI, T., KOLK, A. (2009): Effect of type, color and location of sticky pheromone traps on male moth catches of *Cameraria ohridella*. In: *Pestycydy*, (1-4) 79–88. p.
- SWEITZER, E.M. (1971): Comparative anatomy of Ulmaceae. In: *Journal of the Arnold Arboretum*, 52 (4) 523–571. p.
- SYTSMA, K.J., MORAWETZ, J., PIRES, J.C., NEPOKROEFF, M., CONTI, E., ZJHRA, M., HALL, J.C., CHASE, M.W. (2002): Urticalean rosids: circumscription, rosid ancestry, and phylogenetics based on rbcL, trnL-F, and ndhF sequences. In: *American Journal of Botany*, 89 (9) 1531–1546. p.
- SZEŐKE K., CSÓKA GY. (2012): Jövevény kártevő ízeltlábúak áttekintése Magyarországon – Lepkék (Lepidoptera). In: *Növényvédelem*, 48 (3) 105–115. p.
- TAKEUCHI, K. (1939): A systematic study on the suborder Symphyta (Hymenoptera) of the Japanese Empire (II). In: *Tenthredo*, 2 (4) 393–439. p.
- TIMUŞ, A., DERJANSCHI, V., CROITORU, N. (2008): Viespea neagra a ulmului (*Arge* sp.) în Republica Moldova și dezvoltarea acesteia pe ulmul de câmp - *Ulmus minor*. In: *Mediul Ambient*, 4 (40) 35–37. p.
- TÓTH, M., SZARUKÁN, I., VOIGT, E., KOZÁR, F. (2004): Hatékony cseresznyelégycsapda kifejlesztése vizuális és kémiai ingerek figyelembevételével. In: *Növényvédelem*, 40 (4) 229–236. p.
- TRUDGILL, D.L., HONEK, A., LI, D., STRAALLEN, N.M. (2005): Thermal time – concepts and utility. In: *Annals of Applied Biology*, 146 1–14. p.
- TSCHORSNIG, H.P. (2013): Tachnidae. Fauna Europaea version 2.6. <http://www.fauna-eu.org>
Kereső program: Google. Kulcsszó: Fauna Europaea, *Blondelia*. Lekérdezés időpontja: 2017.03.17.
- TUBA K., HORVÁTH B., LAKATOS F. (2012): Inváziós rovarok fás növényeken. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó. 120. p.
- TURCSÁNI G. (szerk) (1998): Mezőgazdasági növénytan. Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. 555 p.

- TURNOCK, W. J. (1960): Ecological life-history of the larch sawfly, *Pristiphora erichsonii* (Htg.) (Hymenoptera: Tenthredinidae), in Manitoba and Saskatchewan. In: *The Canadian Entomologist*, 92 500–516. p.
- TURNOCK, W.J., FIELDS, P.G. (2005): Winter climates and coldhardiness in terrestrial insects. In: *European Journal of Entomology*, 102 (4) 561–576. p.
- UEDA, K., KOSUGE, H., TOBE, H. (1997): A molecular phylogeny of Celtidaceae and Ulmaceae (Urticales) based on rbcL nucleotide sequences. In: *Journal of Plant Research*, 110 171–178. p.
- URRA, F., APABLAZA, J. (2005): Threshold temperature and thermal constant for the development of *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae). In: *Ciencia Investigacion Agraria*, 32 (1) 16–23. p.
- VAN EPENHUIJSEN, C.W., DE SILVA, H.N. (1991): Monitoring and control of pear slug (sawfly) in an organic nashi orchard. In: *Proceedings of the NZ Weed and Pest Control Conference*, 44 80–85. p.
- VÉTEK G., BARTHA D., OLÁH R. (2017): Occurrence of the alien zigzag elm sawfly, *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae), in arboretums and botanical gardens of Hungary. In: *Periodicum Biologorum*, 119 (2) 101–106. p.
- VÉTEK G., LOVAS M., CSÓKA GY. (2012): A kanyargós szillevéldarázs (*Aproceros leucopoda*) 2011-ben ismert elterjedése és kártétele Magyarországon. In: 58. NÖVÉNYVÉDELMI TUDOMÁNYOS NAPOK (2012) (Budapest). Előadások összefoglalói. p. 86.
- VÉTEK G., MIKULÁS J., CSÓKA GY., BLANK S.M. (2010): A kanyargós szillevéldarázs (*Aproceros leucopoda* Takeuchi, 1939) Magyarországon. In: *Növényvédelem*, 46 (11) 519–521. p.
- VIITASAARI, M. (2002): The Suborder Symphyta of the Hymenoptera. p. 11–174. In: VIITASAARI, M. (Eds.): Sawflies (Hymenoptera, Symphyta) I. A review of the suborder, the Western Palaearctic taxa of Xyeloidea and Pamphilioidea. Helsinki: Tremex. 516. p.
- WIEGREFE, S., SYTSMA, K., GURIES, R. (1994): Phylogeny of Elms (*Ulmus*, Ulmaceae): Molecular evidence for a Sectional Classification. In: *Systematic Botany*, 19 (4) 590–612. p.
- WIEGREFE, S.J., SYTSMA, K.J., GURIES, R.P. (1998): The Ulmaceae, one family or two? Evidence from chloroplast DNA restriction site mapping. In: *Plant Systematics and Evolution*, 210 (3–4) 249–270. p.

MELLÉKLETEK

- WILCOX, R.R. (2005): Winsorized robust measures. <http://dx.doi.org/10.1002/0470013192.bsa713>. Kereső program: Google Scholar. Kulcsszó: winsorize. Lekérdezés időpontja: 2017.03.17.
- WU, X.Y. (2006): [Studies on the biology and control of *Aproceros leucopoda*.] (in Chinese). In: *Plant Protection*, 32 98–100. p.
- WU, X.Y., XIN, H. (2006): [A New Record Species of the Genus *Aproceros* Malaise (Hymenoptera: Argidae) from China.] (in Chinese). In: *Entomotaxonomia*, 28 279–280. p.
- YOON, H.J., HWANG, J.S. (2010): Chilling temperature and humidity to break diapause of the bumblebee queen *Bombus terrestris*. In: *International Journal of Industrial Entomology*, 20 (2) 93–98. p.
- YU, G.Y., ZHANG, Z.H., WANG, H. (2011): Identification and bionomics of the sawfly *Aproceros leucopoda*. In: *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48 (3) 664–668. p.
- ZACHARIASSEN, K.E., KRISTIANSEN, E. (2000): Ice nucleation and antinucleation in nature. In: *Cryobiology*, 41 257–279. p.
- ZANDIGIACOMO, P., CARGNUS, E., VILLANI, A. (2011): First record of the invasive sawfly *Aproceros leucopoda* infesting elms in Italy. In: *Bulletin of Insectology*, 64 (1) 145–149. p.
- ZEITLER, J. (2012): Asiatische Ulmenblattwespe erstmals in Bayern nachgewiesen. In: *LWF Aktuell*, 88 12–13. p.
- ZHANG, S.D., SOLTIS, D.E., YANG, Y., LI, D.Z., YI, T.S. (2011): Multi-gene analysis provides a well-supported phylogeny of Rosales. In: *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 60 (1) 21–28. p.
- ZOMBORI L. (1994): Botcsápú levéldarazsak – Argidae. 216. p. In: JERMY T., BALÁZS K. (Szerk.): *A növényvédelmi állattan kézikönyve 5*. Budapest: Akadémia Kiadó. 376. p.
- ZÚBRIK, M., KUNCA, A., CSÓKA GY. (Szerk.) (2013): *Insects and diseases damaging trees and shrubs of Europe*. Paris: NAP Editions. 535. p.

Jogszabályok:

Az Európai Parlament és a Tanács 1143/2014/EU rendelete (2014. október 22.) az idegenhonos inváziós fajok betelepítésének vagy behurcolásának és terjedésének megelőzéséről és kezeléséről.

8.2. Statisztikai számításokhoz kapcsolódó táblázatok

1. A kanyargós szillevéldarázs telelésének és hidegtűrésének vizsgálata

1.1. A kanyargós szillevéldarázs fagytűrésével kapcsolatos vizsgálat

1.1.1. Az *A. leucopoda* egyedek SCP értékeinek összehasonlítása

Reziduuumok leíró statisztikája - normalitás igazolása

Descriptives			Statistic	Std. Error
Residual for scp	Mean		,0000	,07374
	95% Lower Confidence Bound		-,1451	
	95% Upper Confidence Bound		,1451	
	5% Trimmed Mean		-,0228	
	Median		-,1285	
	Variance		1,599	
	Std. Deviation		1,26439	
	Minimum		-3,87	
	Maximum		4,76	
	Range		8,63	
	Interquartile Range		1,45	
	Skewness		,391	,142
	Kurtosis		1,074	,283

ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: scp

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	648,785 ^a	8	81,098	49,343	,000
Intercept	55787,875	1	55787,875	33943,119	,000
collect	648,785	8	81,098	49,343	,000
Error	468,417	285	1,644		
Total	99014,949	294			
Corrected Total	1117,202	293			

a. R Squared = ,581 (Adjusted R Squared = ,569)

MELLÉKLETEK

Post hoc teszt

Multiple Comparisons								
Dependent Variable			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
scp Games- Howell	1310140,00	1311190,00	,5529	,22370	,264	-,1635	1,2693	
		1401150,00	1,0605*	,22768	,000	,3335	1,7875	
		1402260,00	,5174	,22676	,366	-,2057	1,2406	
		1503151,00	3,0360*	,40642	,000	1,7087	4,3632	
		1503152,00	,5497	,29923	,667	-,7877	1,8872	
		1503160,00	-2,8012*	,31208	,000	-3,8040	-1,7985	
		1703230,00	,2230	,37097	,999	-1,0256	1,4716	
		1704040,00	,5335	,21071	,235	-,1414	1,2085	
	1311190,00	1310140,00	-,5529	,22370	,264	-1,2693	,1635	
		1401150,00	,5075	,22024	,353	-,1958	1,2109	
		1402260,00	-,0355	,21930	1,000	-,7348	,6638	
		1503151,00	2,4830*	,40231	,000	1,1669	3,7992	
		1503152,00	-,0032	,29362	1,000	-1,3524	1,3459	
		1503160,00	-3,3542*	,30670	,000	-4,3411	-2,3673	
		1703230,00	-,3299	,36646	,991	-1,5677	,9079	
		1704040,00	-,0194	,20266	1,000	-,6684	,6296	
	1401150,00	1310140,00	-1,0605*	,22768	,000	-1,7875	-,3335	
		1311190,00	-,5075	,22024	,353	-1,2109	,1958	
		1402260,00	-,5430	,22335	,280	-1,2533	,1672	
		1503151,00	1,9755*	,40453	,000	,6537	3,2973	
		1503152,00	-,5108	,29666	,723	-1,8519	,8304	
		1503160,00	-3,8617*	,30961	,000	-4,8564	-2,8671	
		1703230,00	-,8375	,36890	,393	-2,0806	,4056	
		1704040,00	-,5269	,20704	,227	-1,1875	,1336	
	1402260,00	1310140,00	-,5174	,22676	,366	-1,2406	,2057	
		1311190,00	,0355	,21930	1,000	-,6638	,7348	
		1401150,00	,5430	,22335	,280	-,1672	1,2533	
		1503151,00	2,5185*	,40402	,000	1,1983	3,8388	
1503152,00		,0323	,29596	1,000	-1,3098	1,3743		
1503160,00		-3,3187*	,30894	,000	-4,3110	-2,3264		
1703230,00		-,2944	,36833	,996	-1,5360	,9471		
1704040,00		,0161	,20603	1,000	-,6400	,6722		
1503151,00	1310140,00	-3,0360*	,40642	,000	-4,3632	-1,7087		
	1311190,00	-2,4830*	,40231	,000	-3,7992	-1,1669		
	1401150,00	-1,9755*	,40453	,000	-3,2973	-,6537		
	1402260,00	-2,5185*	,40402	,000	-3,8388	-1,1983		
	1503152,00	-2,4862*	,44872	,000	-4,0319	-,9406		
	1503160,00	-5,8372*	,45739	,000	-7,3105	-4,3640		
	1703230,00	-2,8130*	,49943	,000	-4,4351	-1,1908		
	1704040,00	-2,5024*	,39523	,000	-3,7996	-1,2052		
1503152,00	1310140,00	-,5497	,29923	,667	-1,8872	,7877		
	1311190,00	,0032	,29362	1,000	-1,3459	1,3524		
	1401150,00	,5108	,29666	,723	-,8304	1,8519		

MELLÉKLETEK

	1402260,00	-,0323	,29596	1,000	-1,3743	1,3098
	1503151,00	2,4862*	,44872	,000	,9406	4,0319
	1503160,00	-3,3510*	,36546	,000	-4,7053	-1,9966
	1703230,00	-,3267	,41688	,996	-1,8219	1,1685
	1704040,00	-,0162	,28385	1,000	-1,3940	1,3616
1503160,00	1310140,00	2,8012*	,31208	,000	1,7985	3,8040
	1311190,00	3,3542*	,30670	,000	2,3673	4,3411
	1401150,00	3,8617*	,30961	,000	2,8671	4,8564
	1402260,00	3,3187*	,30894	,000	2,3264	4,3110
	1503151,00	5,8372*	,45739	,000	4,3640	7,3105
	1503152,00	3,3510*	,36546	,000	1,9966	4,7053
	1703230,00	3,0243*	,42619	,000	1,6285	4,4200
	1704040,00	3,3348*	,29736	,000	2,3754	4,2942
1703230,00	1310140,00	-,2230	,37097	,999	-1,4716	1,0256
	1311190,00	,3299	,36646	,991	-,9079	1,5677
	1401150,00	,8375	,36890	,393	-,4056	2,0806
	1402260,00	,2944	,36833	,996	-,9471	1,5360
	1503151,00	2,8130*	,49943	,000	1,1908	4,4351
	1503152,00	,3267	,41688	,996	-1,1685	1,8219
	1503160,00	-3,0243*	,42619	,000	-4,4200	-1,6285
	1704040,00	,3105	,35867	,993	-,9090	1,5301
1704040,00	1310140,00	-,5335	,21071	,235	-1,2085	,1414
	1311190,00	,0194	,20266	1,000	-,6296	,6684
	1401150,00	,5269	,20704	,227	-,1336	1,1875
	1402260,00	-,0161	,20603	1,000	-,6722	,6400
	1503151,00	2,5024*	,39523	,000	1,2052	3,7996
	1503152,00	,0162	,28385	1,000	-1,3616	1,3940
	1503160,00	-3,3348*	,29736	,000	-4,2942	-2,3754
	1703230,00	-,3105	,35867	,993	-1,5301	,9090

MELLÉKLETEK

scp

collect	N	Subset		
		1	2	3
Games-Howell	1503151,00	32	-20,9288	
	1401150,00	43		-18,9533
	1311190,00	35		-18,4457
	1503152,00	4		-18,4425
	1704040,00	38		-18,4263
	1402260,00	48		-18,4102
	1703230,00	19		-18,1158
	1310140,00	36		-17,8928
	1503160,00	39		-15,0915
Sig.			1,000	,229
				1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
 Based on observed means.
 The error term is Mean Square(Error) = 1,644.
 a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,508.
 b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
 c. Alpha = ,05.

1.1.2. Az *A. leucopoda* egyedek SCP értékeinek összehasonlítása évjárat hatás szempontjából

Szórásnégyzet homogenitás vizsgálat Levene's tesztel

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: scp

F	df1	df2	Sig.
1,697	2	104	,188

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + collect

Reziduumok normalitásának vizsgálata

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Residual for scp	,080	107	,087	,979	107	,084

a. Lilliefors Significance Correction

ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: scp

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^b
Corrected Model	250,364 ^a	2	125,182	60,302	,000	,537	120,605	1,000
Intercept	26910,078	1	26910,078	12963,044	,000	,992	12963,044	1,000
collect	250,364	2	125,182	60,302	,000	,537	120,605	1,000
Error	215,894	104	2,076					
Total	31786,969	107						
Corrected Total	466,258	106						

a. R Squared = ,537 (Adjusted R Squared = ,528)

b. Computed using alpha = ,05

Post hoc teszt

Multiple Comparisons

Dependent Variable: scp

Scheffe

(I) collect	(J) collect	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1402260,00	1503160,00	-3,2327*	,30918	,000	-4,0006	-2,4649
	1703230,00	-,2085	,38939	,867	-1,1755	,7585
1503160,00	1402260,00	3,2327*	,30918	,000	2,4649	4,0006
	1703230,00	3,0243*	,40310	,000	2,0232	4,0253
1703230,00	1402260,00	,2085	,38939	,867	-,7585	1,1755
	1503160,00	-3,0243*	,40310	,000	-4,0253	-2,0232

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 2,076.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

scp

Scheffe^{a,b,c}

collect	N	Subset	
		1	2
1402260,00	49	-18,3243	
1703230,00	19	-18,1158	
1503160,00	39		-15,0915
Sig.		,853	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 2,076.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30,401.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

MELLÉKLETEK

1.1.3. Az *A. leucopoda* egyedek SCP értékeinek összehasonlítása földrajzi elhelyezkedés szempontjából

Szórásnégyzet homogenitás vizsgálat Levene's tesztel

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: scp

F	df1	df2	Sig.
3,938	1	70	,051

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + hely

Reziduumok normalitásának vizsgálata

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Residual for scp	,076	72	,200*	,984	72	,480

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: scp

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^b
Corrected Model	570,916 ^a	1	570,916	143,447	,000	,672	143,447	1,000
Intercept	22953,579	1	22953,579	5767,247	,000	,988	5767,247	1,000
hely	570,916	1	570,916	143,447	,000	,672	143,447	1,000
Error	278,599	70	3,980					
Total	23360,045	72						
Corrected Total	849,515	71						

a. R Squared = ,672 (Adjusted R Squared = ,667)

b. Computed using alpha = ,05

1.1.4. Az *A. leucopoda* egyedek gubóban és gubó nélkül mért SCP értékeinek összehasonlítása

Szórásnégyzet homogenitás vizsgálat Levene's tesztel

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: scp

F	df1	df2	Sig.
2,484	1	39	,123

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + gubó

Reziduumok normalitásának vizsgálata

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Residual for scp	,084	41	,200*	,990	41	,971

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: scp

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^b
Corrected Model	562,097 ^a	1	562,097	58,537	,000	,600	58,537	1,000
Intercept	13336,439	1	13336,439	1388,855	,000	,973	1388,855	1,000
gubó	562,097	1	562,097	58,537	,000	,600	58,537	1,000
Error	374,496	39	9,602					
Total	14414,943	41						
Corrected Total	936,593	40						

a. R Squared = ,600 (Adjusted R Squared = ,590)

b. Computed using alpha = ,05

2. Az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és az effektív hőösszeg kiszámítása
- 2.1. A kanyargós szillevéldarázs fejlődési idejének meghatározása
- 2.1.1. A. leucopoda tojások fejlődési rátájához tartozó Lactin-2 modell adatai:

Modell paramétereinek becslése

Parameter Estimates						
Parameter	Estimate	Std. Error	95% Confidence Interval		t_szám	p
			Lower Bound	Upper Bound		
rho	,010	,000	,010	,011	74,127	5,14E-298
TL	35,066	0,000	35,066	35,066	350659,137	0,00E+00
deltaT	,254	0,000	,254	,254	2544,471	0,00E+00
lambda	-1,094	,004	-1,102	-1,086	-278,734	0,00E+00

MELLÉKLETEK

ANOVA

ANOVA ^a					
Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	p
Regression	16,396	4	4,099	9228,111	0,00E+00
Residual	,258	580	,000		
Uncorrected Total	16,654	584			
Corrected Total	1,883	583		R²	p
Dependent variable: r_T				0,706	5,82E-89
a. R squared = 1 - (Residual Sum of Squares) / (Corrected Sum of Squares) = ,863.					

2.1.2. *A. leucopoda* lárvák fejlődési rátájához tartozó Lactin-2 modell adatai

Modell paramétereinek becslése

Parameter Estimates						
Parameter	Estimate	Std. Error	95% Confidence Interval		t_szám	p
			Lower Bound	Upper Bound		
rho	,004	,000	,004	,004	29,827	1,14E-94
TL	29,014	0,000	29,014	29,014	290140,318	0,00E+00
deltaT	,003	0,000	,003	,003	30,219	5,11E-96
lambda	-1,026	,003	-1,031	-1,020	-363,868	0,00E+00

ANOVA

ANOVA ^a					
Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	p
Regression	,997	4	,249	3227,565	3,71E-257
Residual	,025	320	,000		
Uncorrected Total	1,022	324			
Corrected Total	,084	323			
Dependent variable: rtt				R²	p
a. R squared = 1 - (Residual Sum of Squares) / (Corrected Sum of Squares) = ,706.				0,706	3,55E-50

2.1.3. *A. leucopoda* eonimfák fejlődési rátájához tartozó Lactin-2 modell adatai:

Modell paramétereinek becslése

Parameter Estimates						
Parameter	Estimate	Std. Error	95% Confidence Interval		t_szám	p
			Lower Bound	Upper Bound		
rho	,018	,001	,017	,020	21,739	1,93E-64
TL	27,701	,417	26,881	28,521	66,469	3,00E-186
deltaT	,627	,361	-,083	1,337	1,739	8,30E-02
lambda	-1,098	,023	-1,143	-1,053	-48,001	4,13E-146

ANOVA

ANOVA ^a					
Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	p
Regression	37,908	4	9,477	1987,306	5,13E-220
Residual	1,483	311	,005		
Uncorrected Total	39,392	315			
Corrected Total	3,676	314			
Dependent variable: RRT				R²	p
a. R squared = 1 - (Residual Sum of Squares) / (Corrected Sum of Squares) = ,597.				0,597	1,05E-31

2.1.4. *A. leucopoda* bábok fejlődési rátájához tartozó Lactin-2 modell adatai:

Modell paramétereinek becslése

Parameter Estimates						
Parameter	Estimate	Std. Error	95% Confidence Interval		t_szám	p
			Lower Bound	Upper Bound		
rho	,014	,000	,014	,015	39,388	3,19E-121
TL	27,125	,008	27,109	27,142	3239,699	0,00E+00
deltaT	,087	0,000	,087	,087	868,492	0,00E+00
lambda	-1,122	,010	-1,141	-1,103	-115,364	2,07E-252

MELLÉKLETEK

ANOVA

ANOVA ^a					
Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	p
Regression	13,756	4	3,439	3075,238	3,03E-243
Residual	,338	302	,001		
Uncorrected Total	14,093	306			
Corrected Total	1,438	305			
Dependent variable: RRTT				R²	p
a. R squared = 1 - (Residual Sum of Squares) / (Corrected Sum of Squares) = ,765.				0,765	7,50E-60

2.1.5. *A. leucopoda* egy teljes nemzedékének fejlődési rátájához tartozó Lactin-2 modell adatai:

Modell paramétereinek becslése

Parameter Estimates						
Parameter	Estimate	Std. Error	95% Confidence Interval		t_szám	p
			Lower Bound	Upper Bound		
rho	,002	,000	,002	,002	44,490	6,85E-135
TL	27,366	,000	27,366	27,366	331135,118	0,00E+00
deltaT	,117	,000	,116	,117	451,041	0,00E+00
lambda	-1,016	,001	-1,018	-1,014	-1036,329	0,00E+00

ANOVA

ANOVA ^a					
Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	p
Regression	,276	4	,069	10380,046	0,00E+00
Residual	,002	302	,000		
Uncorrected Total	,278	306			
Corrected Total	,020	305			
Dependent variable: rt				R²	p
a. R squared = 1 - (Residual Sum of Squares) / (Corrected Sum of Squares) = ,898.				0,706	2,57E-47

3. A kanyargós szillevéldarázs csapdázásával kapcsolatos vizsgálatok

3.1. Az ideális csapda szín meghatározása

A színcsapdák fogásainak adatai

	PALs	PALz	PALf
1.	557	567	38
2.	484	403	41
3.	387	537	16
4.	369	146	24
5.	274	195	52
6.	274	233	17
7.	112	263	32
8.	306	125	14
9.	242	421	20
10.	321	389	20
11.	1222* (668)	162	35
12.	651		23

*Az extrém kiugró érték, zárójelben a módosított, statisztikai elemzés során használt érték

Reziduumok normalitásának vizsgálata

Tests of Normality

	Kolmogorov–Smirnov ^a			Shapiro–Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Residual for fogas	,064	35	,200*	,990	35	,984

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: fogas

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1092631,830 ^a	13	84048,602	5,232	,000
Intercept	2091498,997	1	2091498,997	130,201	,000
blokk	233686,307	11	21244,210	1,323	,279
szin	875858,420	2	437929,210	27,262	,000
Error	337336,913	21	16063,663		
Total	3454618,000	35			
Corrected Total	1429968,743	34			

a. R Squared = ,764 (Adjusted R Squared = ,618)

MELLÉKLETEK

Post hoc teszt

Multiple Comparisons

Dependent Variable: fogas

Tukey HSD

(I) szin	(J) szin	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
f	s	-359,4167*	51,74241	,000	-489,8371	-228,9963
	z	-285,1515*	52,90531	,000	-418,5031	-151,8000
s	f	359,4167*	51,74241	,000	228,9963	489,8371
	z	74,2652	52,90531	,357	-59,0864	207,6167
z	f	285,1515*	52,90531	,000	151,8000	418,5031
	s	-74,2652	52,90531	,357	-207,6167	59,0864

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 16063,663.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

fogas

Tukey HSD^{a,b,c}

szin	N	Subset	
		1	2
f	12	27,6667	
z	11		312,8182
s	12		387,0833
Sig.		1,000	,352

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 16063,663.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 11,647.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

3.2. Az ideális csapdamagasság meghatározása

A színcsapdák fogásainak adatai különböző magasságokban

2013	0,5m	2m	8m
1	14	245	198
2	25	263	282
3	24	139	139
4	16	283	200
5	17	93	

2014	0,5m	2m	8m
1.	361	508	203
2.	223	320	160
3.	287	557	457
4.	173	469	242
5.	33	709	279
6.	161	643	90
7.	243	613	43
8.	283	160	80
9.	122	557	429
10.	206	635	
11.	79	17	
12.	75	167	
13.	63	462	
14.	170	321	
15.		497	

Szórásnégyzet homogenitás vizsgálat Levene's tesztel

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent

Variable: gy

F	df1	df2	Sig.
1,076	5	45	,386

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + ev + mag

Reziduumok normalitásának vizsgálata

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Residual for gy	,112	51	,149	,939	51	,011

a. Lilliefors Significance Correction

MELLÉKLETEK

ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: gy

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	937,846 ^a	3	312,615	13,731	,000
Intercept	7041,068	1	7041,068	309,263	,000
ev	300,885	1	300,885	13,216	,001
mag	625,403	2	312,701	13,735	,000
Error	1070,060	47	22,767		
Total	12945,000	51			
Corrected Total	2007,905	50			

a. R Squared = ,467 (Adjusted R Squared = ,433)

Post hoc Teszt

Tukey HSD^{a,b,c}

mag	N	a		b	
		Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation
,50	19	135,5263	24,98612		
8,00	12	226,0000	35,83316		
2,00	20			382,9000	46,40564

Évenként:

Descriptive Statistics^a

Dependent

Variable: fog

mag	N	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation
,50	5	19,2000	4,96991		
2,00	5			204,6000	83,58708
8,00	4			204,7500	58,76152

a. ev = 2013,00

Descriptive Statistics^a

Dependent

Variable: fog

mag	N	Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation
,50	14	177,0714	96,71168		
8,00	8	236,6250	149,48573		
2,00	15			442,3333	203,26572

a. ev = 2014,00

3.2.1. 2014. évi eredmények

A színcsapdák fogásainak adatai különböző magasságokban

Szórásnégyzet homogenitás vizsgálat Levene's tesztel

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: gyok

F	df1	df2	Sig.
1,017	2	34	,372

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + magassag

Reziduumok normalitásának vizsgálata

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Residual for gyok	,121	37	,187	,926	37	,017

a. Lilliefors Significance Correction

MELLÉKLETEK

ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: gyok

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power ^b
Corrected Model	422,248 ^a	2	211,124	7,851	,002	,316	15,702	,934
Intercept	8590,111	1	8590,111	319,434	,000	,904	319,434	1,000
magassag	422,248	2	211,124	7,851	,002	,316	15,702	,934
Error	914,316	34	26,892					
Total	11007,000	37						
Corrected Total	1336,564	36						

a. R Squared = ,316 (Adjusted R Squared = ,276)

b. Computed using alpha = ,05

Post hoc Teszt

Multiple Comparisons

Dependent Variable: gyok

Scheffe

(I) magassag	(J) magassag	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-7,40*	1,927	,002	-12,34	-2,47
	8	-1,82	2,298	,732	-7,71	4,06
2	1	7,40*	1,927	,002	2,47	12,34
	8	5,58	2,270	,062	-,23	11,39
8	1	1,82	2,298	,732	-4,06	7,71
	2	-5,58	2,270	,062	-11,39	,23

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 26,892.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

gyok

Scheffe^{a,b,c}

magassag	N	Subset	
		1	2
1	14	12,77	
8	8	14,59	
2	15		20,18
Sig.		,706	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 26,892.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 11,403.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Elsősorban két konzulensemnek, Dr. Vétek Gábornak és Dr. Haltrich Attilának, szeretnék köszönetet mondani, akik mindvégig segítettek a munkámat. A tapasztalatuk, iránymutatásuk és a sok hasznos tanácsuk elengedhetetlen volt a munkám során.

Dr. Ladányi Mártának a statisztikai elemzésekben nyújtott segítségét szeretném megköszönni.

Oláh Richárd PhD hallgató társamnak és hallgatóimnak – Fehér Adrienn, Zsidákovits Anna, Csöngé Bálint – a kísérletek kivitelezésében nyújtott segítségüket szeretném megköszönni.

Dr. Axel Schopfnek és Martin Schebecknek köszönöm, hogy lehetővé tették a faj SCP mérésével kapcsolatos vizsgálatokat a BOKU Erdővédelmi Intézetében (Ausztria) és segítettek az eredmények értékelésében.

Dr. Kósa Géának is köszönettel tartozom, hogy hozzájárult, hogy a faj tápnövénykörével kapcsolatos vizsgálataimat részben a Nemzeti Botanikus Kert területén és az onnan származó növényi anyagon végezhessem, így Európában kevés helyen megtalálható fajokkal is kísérletezhettem.

Dr. Martin Schwarz entomológusnak köszönöm a munkáját az *A. leucopoda* új parazitoidjának meghatározásában.

Ezúton is szeretném megköszönni a Dísnövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék, a Gyógy- és Aromanövény Tanszék és a Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék vezetésének, illetve munkatársainak, hogy megengedték, hogy a kísérleteimhez a fitotronjaikat használjam.

Végül, de nem utolsósorban a családomnak és a Rovartani Tanszék munkatársainak szeretnék köszönetet mondani támogatásukért, bátorításukért és segítségükért.

A munkát részben Vétek Gábor Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatta.