



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

Doktori (PhD) értekezés tézisei

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. Vének 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

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, KITŰZÖTT CÉLOK

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, de 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 elegendő fajai lombos erdeinknek. A szilek herbivor együttesét generalista és specialista fajok alkotják. Az utóbbi száz év legnagyobb károkat okozó károsítója azonban nem az ízeltlábúak közül került ki. A szilek legjelentősebb betegsége a szüboarak 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. Ennek köszönhetően a hazai szilerdők területi borítottsága is jelentősen csökkent, ezért fontos, hogy meg tudjuk védeni őket az újonnan felbukkanó kártevőktől és kórokozóktól. A szilfavésznek ellenálló ázsiai szilfajok (pl. *Ulmus pumila*) hazai betelepítésével a kórokozó kártétele mérsékelhető. 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 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 fafajok azonosítása.
- Egy hatékonyan alkalmazható csapdázási módszer kidolgozása, melynek segítségével a faj szignalizációja, illetve éves rajzásmenetének nyomon követése megoldható.

2. 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]. Az ültetvényt 1999-ben telepítették, és két fő fajtája a fehér akác (*Robinia pseudoacacia*) és a turkesztáni szil (*U. pumila*). A területen 2011-től kezdődően, több éven át, jelentős lombvesztést okozott a kanyargós szillevéldarázs.

2.1. A kanyargós szillevéldarázs telelésének és hidegtűrésének vizsgálata

2.1.1. Telelési és hideghatás vizsgálatok

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. Ennek a hideghatásnak a hosszát, valamint azt a hőmérsékleti értéket kerestem, amely már elegendő az eonimfák továbbfejlődéséhez. A témát két oldalról közelítettem meg. Egyfelől mesterséges körülmények között alacsony hőmérsékleten (5,6°C és 8,8°C), tartottam különböző időtartamig (10-50 napig) a telelő gubókat melyeket 2014. október 9-én, illetve 16-án gyűjtöttem be, valamint ezzel párhuzamosan kéthetente szabadföldről is gyűjtöttem mintákat. Az imágók kifejlődését mindkét esetben egy 23°C-ra beállított fitotronban figyeltem.

2.1.2. A kanyargós szillevéldarázs hidegtűrésével kapcsolatos vizsgálat

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 supercooling point-ját (SCP) értékét. A kísérletet három időszakban végeztem: 2013–14 telén, illetve 2015 és 2017 márciusában az Universitát für Bodenkultur Wien (BOKU) Erdővédelmi Intézetében. A 2015-ben a Kecskemét mellől származó telelő egyedek mellett, két olaszországi minta SCP értékét is megmértem. A statisztikai elemzések során a testtömeg, az évjárat és a földrajzi elhelyezkedés hatását, valamint a gubók SCP szintet befolyásoló szerepét is vizsgáltam.

2.2. Az alsó fejlődési küszöbhőmérséklet és az effektív hőösszeg kiszámítása

2.2.1. A kanyargós szillevéldarázs nevelése állandó hőmérsékleten

A kanyargós szillevéldarázs biológiájával kapcsolatos ismeretek bővítése céljából, nevelési kísérleteket végeztem, laboratóriumi körülmények között. A vizsgálatokat klíma szekrényekben végeztem hat állandó hőmérsékleten (10,9°C, 15°C, 19,5°C, 23°C, 24,3°C és 27°C). A relatív páratartalom minden esetben 65–80 % között mozgott, míg a megvilágítás hosszú nappalos volt (16L:8D). Tápnövényként az *U. pumila* hajtásos leveleit használtam. Az egyedeket (a 27°C-on végzett előzetes vizsgálatokat kivéve) egyesével neveltem, hogy a különböző lárvastádiumokat el

tudjam különíteni egymástól, ugyanis ezek morfológiai bélyegek alapján nem különíthetők el teljes bizonyossággal. Fejlődésüket napi rendszerességgel ellenőriztem.

2.2.2. A kanyargós szillevéldarázs fejlődési idejének meghatározása

A nevelések eredményeként kapott fejlődési ráták alapján két modell – a lineáris és a Lactin-2 – alkalmazásával kiszámoltam a faj alsó fejlődési küszöbhőmérsékletét (T_{\min}) és a kifejlődéshez szükséges effektív hőösszeget (K) a tojás, a lárva, az eo- és pronimfa és a báb fejlődési stádiumokra, valamint egy teljes nemzedékre. A Lactin-2 modell segítségével meghatároztam, továbbá az optimális fejlődési hőmérsékletet (T_{opt}) és a felső fejlődési küszöbhőmérsékletet (T_{\max}) is. Az R^2 értékeket, a modell paramétereit, valamint ezeknek a szignifikanciáját is kiszámoltam.

2.2.3. A kanyargós szillevéldarázs nemzedék száma Magyarországon

Magyarország öt, éghajlati szempontból különböző nagyvárosának (Budapest, Debrecen, Pécs, Szeged, Szombathely) hőmérsékleti adatai alapján a kapott T_{\min} és K értékek segítségével kiszámoltam, hogy az *A. leucopoda* fajnak a 2003 és 2010 közötti időszakban átlagosan hány nemzedéke fejlődhetett ki évente. A vegetációs időszak kezdetét és végét teoretikusan határoztam meg, mivel a faj telelőre vonulásának pontos folyamata még nem ismert. Így két időszakra számoltam ki az értékeket, melyeket az eddigi megfigyelésekre alapoztam: hosszú vegetációs periódus (április 1. – szeptember 30.), rövid vegetációs periódus (május 1. – augusztus 31.).

2.3. A kanyargós szillevéldarázs tápnövénykörének vizsgálata

2.3.1. 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. A taxonok kiválasztásánál fontos szempont volt, hogy legyenek köztük Európában honos (*Ulmus laevis*), a kanyargós szillevéldarázs eredeti elterjedési helyéről származó, azaz távol-keleti (*Ulmus parvifolia*, *Ulmus pumila*) és észak-amerikai (*Ulmus crassifolia*) szilfajok, valamint a szilek rokonságába tartozó más genuszokba tartozó fajok is (*Zelkova serrata*, *Hemiptelea davidii*, *Celtis occidentalis*, *Celtis australis*). Mivel szilekkel Magyarországon legtöbbször tölgy–kőris–szil alkotta elegyes erdőkben találkozhatunk, a *Fraxinus angustifolia* subsp. *pannonica* is bevonásra került a vizsgálatokba. A fent említett növényfajokra egyenként 7 db izolátor került kihelyezésre, bennük egy-egy *A. leucopoda* bábbal. A vizsgálatok értékelés során ellenőriztem, hogy a behelyezett bábokból a nőstények kifejlődtek-e, történt-e tojásrakás, a tojásokból kikeltek-e a lárvák és a kikelt egyedek tovább tudtak-e fejlődni.

2.3.2. Laboratóriumi vizsgálatok

A kanyargós szillevéldarázs tápnövény-preferenciájával kapcsolatos vizsgálataimat 2015 nyarán folytattam. Laboratóriumi körülmények között nem választásos tesztekkel vizsgáltam meg, hogy a kanyargós szillevéldarázs imágók mely, az Ulmaceae családba tartozó növényfajokat preferálják tojásrakás céljából, melyeken tudnak a tojásból kikelő lárvák táplálkozni, valamint imágóvá fejlődni, majd végül ismét tojást rakni. A vizsgálatban a korábbi tapasztalataim alapján a *H. davidii*, az *U. crassifolia*, az *U. laevis*, az *U. parvifolia* és az *U. pumila* fajokat vontam be.

2.4. A kanyargós szillevéldarázs csapdázásával kapcsolatos vizsgálatok

2.4.1. Az ideális csapdaszín meghatározása

A csapdázási kísérletek során, először az ideális csapdaszín 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 Kecskemét melletti ültetvényerdőben.

2.4.2. Hatékony csapdázási magasság meghatározása

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 (2013, 2014) végeztem el.

3. EREDMÉNYEK

3.1. A kanyargós szillevéldarázs telelése és hidegtűrése

3.1.1. Telelési és hideghatás vizsgálatok eredményei

Laboratóriumi körülmények között a legkevesebb hideghatást kapott telelő gubókból csak elenyésző mennyiségű imágó rajzott ki, azonban az arány a hideghatás hosszának növekedésével fokozatosan nőtt. A leghosszabb ideig, azaz 50 napig hidegen tartott telelő eonimfáknak 8,8°C-on 68,8%-a, míg 5,6°C-on 71%-a tudott tovább fejlődni.

A vizsgálat évében az egyedek szabadföldi körülmények között már december közepére megkapták azt a mennyiségű és minőségű hideghatást, ami elegendő volt több mint 80%-uk továbbfejlődéséhez.

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

3.1.2. A kanyargós szillevéldarázs hidegtűrése

A mérések eredményei alapján elmondható, hogy a telelő eonimfák SCP értéke –18°C körül alakul. Egy mérési alkalmat kivéve, ahol enyhe korrelációt tapasztaltam, a legtöbb esetben az SCP értékét nem befolyásolta az egyedek testtömege. A különböző mérési időszakból és gyűjtési helyről származó minták összehasonlításakor szignifikáns különbségeket találtam. Az SCP értéket továbbá befolyásolta az is, hogy az egyedeket gubóban vagy gubó nélkül vizsgáltam. Az SCP hőmérséklet elérése után az *A. leucopoda* eonimfákat minden esetben 24 óráig szobahőmérsékleten tartottam, hogy meg tudjam vizsgálni, hogy a jégkristályképződés ellenére, az egyedek túléltek-e a kezelést, de egy esetben sem mutattak életjeleket.

3.2. A kanyargós szillevéldarázs fejlődése

3.2.1. 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. Megfigyeltem, hogy lárváknak hattól eltérő lárvastádiuma is lehet (4-7), azonban mindegyik hőmérsékleten az L₆-os lárvák fejlődtek tovább a legnagyobb arányban (50% ≤).

A kísérlet során a legnagyobb mortalitást a két szélső hőmérsékleten (27°C-on 100%, 10,9°C-on 98%), míg a legalacsonyabbat (43%) 19,5°C-on tapasztaltam. 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. A különböző hőmérsékleten nevelt egyedek átlagos napi fekunditási adatainak alapján 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.

3.2.2. A kanyargós szillevéldarázs fejlődési ideje

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 1. 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°C.

1. 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 kapott eredmények alapján megpróbáltam előre jelezni a faj rajzását és összevetni azt egy korábbi, 2011-es martonvásári vizsgálat csapdázási eredményeivel (LOVAS 2012). 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.

3.2.3. A kanyargós szillevéldarázs nemzedék száma Magyarországon

A vizsgált időszakban hazánkban 4-5 nemzedéke fejlődhet ki átlagosan a kanyargós szillevéldarázsnak. Azonban, ha az egyes évek eredményeit vesszük alapul, akkor 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 viszont, a szombathelyi adatok alapján, maximum 4 nemzedéke tudott kifejlődni a kanyargós szillevéldarázsnak a 2003-2010-es időszakban

3.3. A kanyargós szillevéldarázs tápnövényköre

3.3.1. Szabadföldi vizsgálatok eredményei

A kanyargós szillevéldarázs tápnövényválasztásával kapcsolatos szabadföldi kísérlet során 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 tarra rágták a leveleket. Az *U. laevis* és a *Z. serrata* fajokon csupán egy-egy esetben történt tojásrakás, azonban a *H. davidii* faj levelére jelentős mennyiségű tojást (átlagosan 27,8 db) raktak az *A. leucopoda* nőtények. Ezekre a leveleken a lárvák ki is keltek, így rövid kacskaringós rágásnyomokat is sikerült megfigyelnem, azonban a levelek átvizsgálása során, azokon élő lárvát nem találtam.

3.3.2. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei

A laboratóriumi körülmények között a legtöbb tojást (összesen 185 db) az *U. pumila* levelekre rakták a nőtények, ami kiemelkedően magas értéknek számít a többi növényfajhoz képest. A legkisebb arányú tojásmortalitást (19%) az *U. parvifolia* esetében figyeltem meg. A lárváknak a tojásból való kikeléshez átlagosan kb. 8 napra volt szükségük, kivéve az *U. laevis*-t, ahol a lárvakelés átlagosan közel 10 napig tartott. A kanyargós szillevéldarázs lárvák azonban a vizsgált növényfajok közül egyedül az *U. pumila* fajon tudtak imágóvá fejlődni.

3.4. A kanyargós szillevéldarázs csapdázási lehetőségei

3.4.1. Az ideális csapdaszín megállapítása

Az ideális csapdaszín megállapításával kapcsolatos 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 csapdákból. A PALs és a PALz fogási

eredményei között statisztikai szempontból nem volt különbség, azonban mindkettő szignifikánsan eltért a PALf csapdatípustól.

3.4.2. Hatékony csapdázási magasság megállapítása

Mindkét évben a 2 méteres magasságban kihelyezett csapdák fogták a legtöbb egyed. 2013-ban a fogási adatok alapján a 2 méterre és a 8 méterre kihelyezett csapdák között szignifikáns különbség nem volt kimutatható, azonban 2014-ben már igen. A 0,5 méterre kihelyezett csapdák kevés egyedet fogtak

3.5. 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 fagyűrő.
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.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK

4.1. A kanyargós szillevéldarázs telelése és hidegtűrése

4.1.1. Telelési és hideghatás vizsgálatok eredményei

Az *A. leucopoda* fajjal kapcsolatos hideghatás vizsgálat laboratóriumi és szabadföldi eredményei alapján elmondható, hogy az *A. leucopoda* 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, 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 cretatooides* faj 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.

4.1.2. 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. Az adatok részletesebb elemzésekor azonban a mérési időpontok között eltéréseket tapasztaltam csak úgy, mint a különböző helyekről származó minták SCP értékeinek összehasonlításakor.

Az SCP értéket jelentősen befolyásolhatja az adott téli időszak időjárása, amit két távoli populáció esetén nehéz sztenderdizálni (SØMME 1982). A szakirodalmi adatok alapján, például a kőrisrontó karcsúdíszbogár [*Agrius 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-levéldaráznál [*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 szillevéldarázs esetén, a téli időszak hőmérsékleti viszonyai – esetleges egyéb, további hatások mellett – módosíthatják az egyedek SCP értékét.

Az SCP szintet statisztikailag kimutatható módon befolyásolta, 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 szillevéldarázshoz 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 szillevéldarázs 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 elérésével. A sejtek belső, roncsoló hatású jégkristályképződését megelőző extracelluláris jégképződés tehát jellemzően nem történhetett.

4.2. 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 nőstényeknek nem biztosítottam plusz táplálékforrást, mégis képesek voltak életképes tojásokat rakni, ezzel kapcsolatban MARTYNOV és NIKULINA (2017) is hasonló tapasztalatokról számolt be.

A kanyargós szillevéldarázs minden fejlődési alakja kapcsán sikerült pontosabb képet kapnom a stádiumok hosszáról, mint ami eddig a szakirodalomban rendelkezésre állt. A 2. táblázatban összefoglaltam a faj európai megjelenéséről és életmódjáról szóló cikkben (BLANK et al. 2010) szereplő és a kísérleteim során kapott átlagos értékeket.

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

	BLANK és munkatársai (2010) által közzétett 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

A nőstények az irodalmi adatok szerint 7–49 tojást rakhatnak (BLANK et al. 2010), én azonban azt tapasztaltam, hogy a kifejlődött nőstények 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 kifejlődött egyedek.

Megfigyeléseim szerint, a kanyargós szillevéldarázs lárvastádiumainak száma nem minden esetben hat. Hasonló jelenséget más levéldarázsfajokkal végzett nevelési kísérletek során is tapasztaltak, 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 HILLEBRAND és TUBA (2013) számolt be.

A kísérletek során megfigyelt, viszonylag magas mortalitási értékeket okozhatta többek között az állandó hőmérsékleten való nevelés okozta stressz vagy más, a kísérlet beállításával kapcsolatos tényező (pl. a levágott szilhajtások különböző víztartalma).

A kapott fejlődési ráták alapján, két modell – lineáris és Lactin-2 – segítségével határoztam meg az *A. leucopoda* biológiai nullpontját és a kifejlődéséhez szükséges effektív hőösszeget. A értékek validálása alapján a Lactin-2-es modell segítségével kapott eredmények jobban tükrözték a természetben tapasztaltakat. Magyarország öt városának hőmérsékleti adatsorai alapján, 7 év átlagában kiszámoltam az *A. leucopoda* lehetséges nemzedékszámait. Ezek alapján hazánkban 4-5 nemzedéke fejlődhet ki átlagosan a fajnak, ami alátámasztja a korábbi megfigyeléseket.

Bár a Lactin-2 modell segítségével megállapítottam felső fejlődési küszöbhőmérséklet és optimális fejlődési hőmérséklet értékek, azok nem tekinthetőek 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.

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, a faj számára optimális hőmérséklet, a Lactin-2 modellel ellentétben, valószínűleg 15°C és 19,5°C között lehet.

4.3. 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.

Szakirodalmi adatok alapján több esetben is észlelték az *A. leucopoda* lárvák kártételét *U. laevis* fajon, azonban egyik esetben sem számoltak be jelentős kártételről. A vizsgálataim eredményei is azt igazolják, hogy az *U. laevis* faj esetében várhatóan kisebb kártételi kockázattal kell számolnunk, mint pl. a turkesztáni szil alkotta állományokban. A másik két vizsgált, *Ulmus* genuszba tartozó faj – *U. crassifolia* és *U. parvifolia* – esetén, bár laboratóriumi körülmények között 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, a *H. davidii* faj tápnövény értéke a kártevő vonatkozásában azonban 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.

4.4. A kanyargós szillevéldarázs csapdázási lehetőségei

A kanyargós szillevéldarázs csapdázására legalkalmasabb színcsapda kiválasztásával kapcsolatos kísérlet eredménye alapján, a sárga és a zöldessárga színű ragacslapok használata javasolható a gyakorlatban, mivel ezekkel, az imágók számára vonzóbb színű csapdákkal a rajzás kezdete feltehetően hamarabb detektálható, a rajzásmenet pedig az év folyamán hatékonyabban követhető.

A sárga színű csapdák sikeressége várható volt, mivel az irodalomban számos 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 hasonló megfigyeléseket tettek, ott az egyedek 71%-át fogták a sárga csapdákkal, míg a maradék 29%-ot fehér színűekkel (RITZAU 1988).

A színcsapdák használatakor nemcsak a megfelelő szín kiválasztásán múlik annak hatékonysága, hanem befolyásolhatja azt a háttér összetétele, valamint a csapda elhelyezkedése is. A csapda ideális magasságával kapcsolatos kísérletek során, azt tapasztaltam, hogy mindkét évben a 2 méteren kihelyezett csapdák fogták a legtöbb imágót. 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 csapdákkal (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 közelebbiek. Erre az egyik példa a keleti cseresznyelég [*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).

A kanyargós szillevéldarázs esetén a kapott eredmények alapján, a 2 méteres magasságba kihelyezett sárga vagy zöldessárga ragacslapok használata javasolható. A faj legegyszerűbben a szilleveléken található kacsakaringós rágásnyomok alapján detektálható, mégis szükség van a megbízható csapdákra is, mivel így az esetlegesen szükségesé váló védekezés megfelelően időzíthető.

Hivatkozott irodalmak

- 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.
- 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.
- HILLEBRAND, R., TUBA, K. (2013): Különböző tápnövényről származó gyapjaslepke (*Lymantria dispar*) populációk fejlődésmenete pannónia nyáron. In: *Növényvédelem*, 49 101–109. p.
- LOVAS M. (2012): Egy Európa faunájára új szilkkártevő, a kanyargós szillevéldarázs (*Aproceros leucopoda*) hazai elterjedésének, biológiájának és jelentőségének vizsgálata. Diplomadolgozat. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi kar, Rovartani tanszék. 47. 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.

- 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.
- 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.
- RITZAU, C. (1988): Zur Pflanzenwespenfauna junger Düneninseln der südlichen Nordsee (Hymenoptera: Symphyta). In: *Drosera*, 139–153. 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.
- SCHUSTER, B. (1985) Zum Auftreten von Pflanzenwespen in Hochmoorresten des Norddeutschen Flachlandes (Hymenoptera, Symphyta). In: *Drosera*, 1–16. 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.
- SØMME, L. (1982): Supercooling and winter survival in terrestrial arthropods. In: *Comparative Biochemistry and Physiology*, 73A (4) 519–543. p.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Impakt faktoros folyóiratcikkek

VÉTEK, G., PAPP, V., FAIL, J., LADÁNYI, M., BLANK, S. M. (2016): Applicability of coloured traps for the monitoring of the invasive zigzag elm sawfly, *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae). In: *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 62 (2) 165–173. p. IF: 0.52

PAPP, V., LADÁNYI, M., VÉTEK, G. (in press): Temperature-dependent development of *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae), an invasive pest of elms in Europe. In: *Journal of Applied Entomology*. IF: 1.6