

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**A CSONTHÉJASOK EURÓPAI SÁRGASÁGÁNAK (EUROPEAN STONE
FRUIT YELLOWS, ESFY) VALAMINT TERJEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA**

Bodnár Dominika

Témavezetők:

Dr. Tarcali Gábor

tudományos főmunkatárs

Dr. Mergenthaler Emese

tudományos munkatársa



DEBRECENI EGYETEM

Kerpely Kálmán Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola

Debrecen

2023

1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI

A csonthéjasok európai sárgulása (European stone fruit yellows, ESFY) évről évre nagy veszteségeket okoz a csonthéjas ültetvényekben. A betegséget az almafa boszorkány seprűsödése csoportba (16SrX) tartozó '*Candidatus* Phytoplasma prunorum' nevű fitoplazma okozza (Poggi-Pollini et al. 2001). A szilva levélbolha perzisztens (cirkulatív)-propagatív módon viszi át a kórokozót (Thébaud et al. 2009). Attól az időponttól, hogy a vektor átadja a kórokozót a növénynek akár 4-5 hónap is eltelhet az első tünetek megjelenéséig (Carraro et al. 1998). A kórokozó jelentős gazdasági károkat okoz a kajszibarack, japánszilva, és őszibarack ültetvényekben (Desvignes – Cornaggia, 1982; Dosba et al. 1991; Marcone et al. 1996). A legérzékenyebb kultúrákban, mint a japánszilva és a kajszibarack a patogén a fertőzött fáknek akár a 100%-os pusztulásával is járhat (Carraro – Osler, 2003). A kórokozót (és általában a fitoplazmákat) továbbra sem tudják laboratóriumi körülmények között stabilan tenyészteni (Contaldo et al. 2012; Contaldo et al. 2016) a növény floémjében történő obligát parazita életmódja miatt. Mivel klímánk folyamatosan változik, és ez a változás napjainkban felgyorsult, a fitoplazmás megbetegedések előfordulásának növekedésére lehet számítani, mert ez a folyamat kedvez a melegkedvelő fitoplazma vektorok számára (Hogenhout et al. 2008). Az ilyen típusú megbetegedések ellen még mindig nincs gyógyító hatású kezelés, a védekezés legfontosabb módja mai napig a megelőzés. A kórokozó és vektora elleni integrált szemléletű védekezési lehetőségek fejlesztése kulcs fontosságú. Ehhez nagyon fontos mind a kórokozó, mind a vektor minél pontosabb ismerete, biológiájuk megértése. A vektor esetében – ahogyan a kórokozóéban is – még nagyon sok ismeretre van szükség egy ilyen komplex módszer kifejlesztéséhez. Ilyen többek között a látás, az illatanyagokra adott válaszreakció, a tápnövény megtalálásának pontos mechanizmusa, valamint a tápnövényváltás okainak pontosabb ismerete. Abból kiindulva, hogy a *Prunus* fajok esetében többen is úgy találták, hogy a *C. pruni* mellett a *C. melanoneura* is gyakori faj (Warabieda et al. 2018; Lethmayer et al. 2011; Jarausch et al. 2009, Navrátil et al. 2004; Tedeschi et al. 2008), ahol a kísérlet jellege megengedte párhuzamba állítottam a két fajról tapasztaltakat Ez az összehasonlítás segítségünkre lehet a szilva levélbolha viselkedésének jobb megértésében, ezáltal az ellene történő jobb védekezési stratégia kidolgozásában. Célunk az olyan hiányzó információk megtalálása volt, amelyek elősegíthetik az okszerű védekezési módszerek kifejlesztését.

Első célkitűzésként boldogkőváraaljai kajszai ültetvényeket mértünk fel tünetek alapján (1).

A második célkitűzésünk volt (2), hogy molekuláris módszerrel megvizsgáljunk egy Boldogkőváraalja térségében lévő (kísérleteinkhez kapcsolódó) kajszai ültetvény fertőzött kajszai fájában található 'Candidatus Phytoplasma prunorum' izolátumot.

Harmadik célkitűzésünk volt (3) annak vizsgálata, hogy a *C. pruni* milyen egyéb levélbolha fajokkal telet együtt a fenyőféléken. Ezekhez levélbolhákat gyűjtöttünk különböző területeken és fenyőfajokon, majd az így gyűjtött egyedeket meghatároztuk.

Negyedik célkitűzésünk (4) a szilva levélbolha *Prunus* fajokon történő gyűjtése, rajzásának figyelemmel követése volt, valamint a vektor rajzásának időszakában, a vele egy növényen vagy egy időben jelen lévő más levélbolha fajok azonosítása.

Célunk (5) volt a gyűjtött szilva levélbolha egyedek biotípusának és fitoplazma fertőzöttségének megállapítása.

A sárga színt széleskörűen alkalmazzák levélbolhák gyűjtésére (Krysan – Horton 1991; Tedeschi et al. 2002; Sabaté et al. 2007; Brown et al. 2009; Sabaté et al. 2016) mivel többek véleménye szerint ez a szín reprezentálja számukra a tápanyagban gazdag fiatal levélrészeket (Krysan – Horton 1991; Döring – Chittka, 2007). Előzetesen már alkalmaztunk a szilva levélbolha gyűjtésére sárga színű ragacslapokat (Bodnár et al. 2017), de a továbbiakban szerettük volna megvizsgálni, hogy van-e olyan színcsapda, ami hatékonyabb vonzó hatást gyakorol rájuk (6). A szilva levélbolha hatékonyabb csapdázási lehetőségének vizsgálatára kísérletet állítottunk be a kajszai ültetvényben különböző színű ragacslapokkal. Abból kiindulva, hogy a *Prunus* fajok esetében többen is úgy találták, hogy a *Cacopsylla pruni* mellett a *Cacopsylla melanoneura* is gyakori faj (Warabieda et al. 2018; Lethmayer et al. 2011; Jarausch et al. 2009, Navrátil et al. 2004; Tedeschi et al. 2008), párhuzamba állítottuk a két fajról a vizsgálatok során talált eredményeket.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. Boldogkőváraljai kajszii ültetvények felmérése tünetek alapján

Első célkitűzésünkhöz (1) kapcsolódóan a felmérést, két különböző kajszii ültetvényben végeztük el 2018.09.13. és 2018.09.24. között. A kajszifák tüneteit vizuális felméréssel, egy öttagú skálán értékeltük

2.2. Kajszibarackról származó ESFY fitoplazma izolátum molekuláris vizsgálata

Második célkitűzésünk (2) kapcsán egy korábban, Boldogkőváraljáról gyűjtött és nested-PCR módszerrel igazoltan fertőzött kajszii mintában, található fitoplazmát vizsgáltuk molekuláris módszerekkel.

A minta a törzsről lehántott hancsszövetből származott, amiből Delladoyle tisztítási módszerrel (Ahrens-Seemüller, 1992. MLO enrichment method) nyertük ki a DNS-t.

A PCR termékek fP1/rP7 univerzális primerpárral készültek. A kapott termékeket pJET (Thermo Fisher Scientific) plazmidba klónoztuk, majd a (EZseq) 1.2 forward és reverse szekvenáló primerek segítségével amplifikáltunk terméket a szekvencia meghatározásához (Macrogen Europe, Amsterdam, Netherlands).

A kapott szekvenciát a GenBank adatbázissal a BLAST algoritmus szerint (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) hasonlítottuk össze.

2.3. Szilva levélbolha és más levélbolha fajok gyűjtése fenyőfélékről és határozásuk

Harmadik célkitűzésünk (3) a szilva levélbolha telelőhelyének megtalálása volt. Munkánk során fenyőféléken (Alsótekeres, Balatonvilágos, Boldogkőváralja, Budakeszi arborétum, Fenyőfő, Gyöngyöspata közelében (Eszter forrás völgye), Júlia-Major (Nagykovácsi külterülete), Kecskemét, Martonvásár, Mátrafüred, Nagykovácsi, Nagyszakácsi, Páty, Piliscsaba, Somogytúr, Soroksár, Sósút, Verpelét) gyűjtöttünk szilva levélbolhákat. A fenyők esetében arra is kíváncsiak voltunk, mely más fajokkal együtt telel át a szilva levélbolha, ezért az erről a tápnövényről gyűjtött egyéb levélbolha fajokat is meghatároztuk. A gyűjtéseket 2014 és 2020 között a téli hónapokban végeztük, teleszkópos nyéllel felszerelt rovarhálóval és egy átalakított D-Vac-kel. A gyűjtött

levélbolhákat felcímkézett (gyűjtési dátum, hely, növényfaj, GPS koordináta) 70%-os alkoholt tartalmazó Eppendorf csövekben szállítottuk és tároltuk. A levélbolhák határozását, Ossiannilsson (1992) és Hodkinson és White (1992) határozókulcsai alapján, a magasabb taxonómiai kategóriákba történő sorolását pedig Burckhardt és munkatársainak (2021) munkája alapján végeztük Olympus SZ40-es sztereo mikroszkóp alatt, a legnagyobb nagyításon (4x).

2.4. Szilva levélbolha, és más levélbolha fajok gyűjtése *Prunus* fajokról, és egyéb növényekről a *C. pruni* rajzásának időszakában

Negyedik célkitűzésünk (4) a szilva levélbolhához és a fajjal egy időben vagy ugyanazon a tápnövényen előforduló más levélbolha fajokhoz kapcsolódik. Munkánk során *Prunus* fajokon (Boldokóvárálja térsége, Bekecs, Nagyvárad) gyűjtöttünk levélbolhákat. A gyűjtéseket 2018-tól 2022-ig a vektor rajzásának idején végeztük. A levélbolhák gyűjtése” egyelés módszerrel” történt; a tápnövényen meglátott levélbolhát 1,5 vagy 2ml-es Eppendorf csőbe fogtuk meg, amely vagy 70%-os etanolt tartalmazott, ha molekuláris vizsgálatokhoz kívántuk felhasználni, vagy üres volt, amennyiben a rovarra tenyészet kialakításához volt szükség. Ezt követően a levélbolhák laboratóriumba vagy a rovarhálócba kerültek. Figyelemmel kísértük továbbá, a szilva levélbolha rajzása idején, a fajjal egy időben, de más tápnövényeken megjelenő levélbolhákat is. Ennek a megfigyelésnek a során, olyan növényeket vizsgáltunk, amelyek nagyon közel voltak a szilva levélbolha tápnövényével (pl. egy bokros szegélyben szinte összeérő növények).

2.5. Szilva levélbolhák fertőzöttségének és biotípusának vizsgálata

Ötödik célkitűzésünk (5), a Boldokóvárálja térségében található szilva levélbolhák fitoplazma fertőzöttségének és biotípusának vizsgálata volt. Ehhez a 2018-ban Boldokóvárálján gyűjtött szilva levélbolha egyedeket használtuk, amelyeket kiegészítettünk Nagyváradon és Bekecsen fogott egyedekkel is. A DNS kivonást a vektorokhoz használt általános kivonási módszerrel végeztük. A fertőzöttség vizsgálathoz az első PCR esetén R16F2n/R16R2 (1241 bp), a nested-PCR során az fU5/rU3 (876 bp) primereket használtuk. A biotípus vizsgálat során a PCR-hez a CpA425R (293 bp), a CpB315R (177 bp) és a Cp 135F primereket alkalmaztuk.

2.6. Ragacslapos kísérlet

Hatodik célkitűzésünk (6) megvizsgálásához kísérletet állítottunk be különböző színű ragacslapokkal a hatékonyabb csapda szín megállapításához.

Kísérlet tervezés: A kísérlet 2020-ban, Boldogkőváralja közelében (48°21'00.8" N 21°13'44.3" E) egy kajszii (*Prunus armeniaca* L.) ültetvényben lett beállítva (vegyes fajta és kormegoszlású fák). Az ültetvényt többnyire mezőgazdasági területek, valamint olyan bokros sávok vették körül, ahol *Prunus* fajok (leggyakoribb a kökény – *Prunus spinosa* L.), és egybibés galagonya (*Crataegus monogyna* Jacq.) voltak a domináns növények. Az ültetvény egyik sarka egy vegyes fajösszetételű fenyvessel határos. Bár az ültetvény termő korban volt, a területen a kísérlet évében nem történt rovarölőszeres kezelés. A CSALOMON által forgalmazott „Sz” sorozathoz tartozó (10*16cm) (CSALOMON®, ATK, Növényvédelmi Intézet, Budapest) színes ragacslapokból négy színt és egy kontrollt (sárgát, fluoreszcens sárgát/sárgászöldet, pirosat, fehéret, és egy átlátszót, mint kontroll) helyeztünk ki a kísérlet során, hogy ellenőrizzük a szilva levélbolha színpreferenciáját. Illatanyag, vagy más csalétek nem volt a ragacslapok mellett. A csapdák reflektancia spektrumát korábban Roth és munkatársai (2016) jellemezték. Minden egyes csapda esetén két darab, ragacsos felükkel kifelé eső lap lett egymásnak háttal fordítva, felrögzítve a fák ágaira, 1,5 méterrel a talajszinttől. A kísérleti beállításban öt különböző ragacslap random elrendezésben lett elhelyezve a sorokban, minden sorban egy-egy darab mindegyik színből és kontrollból. Az ismétlések száma 10 (minden színből 10 sorban szerepelt egy-egy), így a kihelyezett csapdák száma összesen 50db volt. A csapdák között minden irányban minimum 10-15 méter távolság volt. A szegélyhatás elkerülése érdekében a csapdák az ültetvény szélétől minimum 15 méter távolságra voltak. A kísérletben az áttelelt, kajszibarackra betelepülő levélbolhákat vizsgáltuk. A csapdák kihelyezése előtt két hétig vizuális és tesztcsapdával (minden csapdából egy darab) történő megfigyelést végeztünk a rajzás kezdetének ellenőrzésére (a korábbi évek gyűjtési tapasztalatai alapján a rajzás kezdetének várható időpontja előtt). A csapdázási időszak kezdetének azt az időpontot tekintettük, amikor az első szilvalevél bolha megjelent az ültetvényben: 2020.03.25. Ekkor került a kísérlet beállításra az összes ismétléssel, a korábban kihelyezett tesztcsapdák beszedésre kerültek, ezek nem szerepelnek az ismétlések között. A csapdákat, illetve a növények fenofázisát 2-3 naponta ellenőriztük (Meier, 2018). Amikor a csapdák állapota szükségessé tette (nem

megfelelően ragadt a belekerült por, levél stb. miatt), mindegyiket egyszerre cseréltük le, és a korábbi helyüknek megfelelően lettek rögzítve. A kísérlet folyamán összesen öt alkalommal vált szükségessé ilyen jellegű csere, a következő napokon: 2020.04.01., 2020.04.07., 2020.04.15. 2020.04.29., 2020.05.08. és 2020.06.06.-án a nap végén végleges leszedésre kerültek a ragacslapok. A ragacslap által megfogott levélbolhák Ossiannilsson (1992) és Burckhardt és munkatársai (2021) határozókulcsa alapján lettek azonosítva. A *Cacopsylla melanoneura* és a *Cacopsylla affinis* (Löw, 1880) nőtényeit nem lehet morfológiailag megkülönböztetni. Mivel nem találtunk *Cacopsylla affinis* hímeket és a *C. melanoneura* faj hazánkban gyakoribb (Kontschán et al. 2022), mint a *C. affinis* (Horváth, 1897), valamint a *C. melanoneura* előfordul kajszibarackon is (Lethmayer et al. 2011; Jarausch et al. 2009), ezért a talált nőtény egyedeket *C. melanoneura* fajként értékeltük. A levélbolha fajok közül a két leggyakrabban előforduló faj (*Cacopsylla pruni*, és *Cacopsylla melanoneura*) imágóinak kivételével a többi fajt, és azokat az egyedeket, amelyek nem voltak megfelelően azonosíthatóak (mert a morfológiai bélyegjeik roncsolódtak) az 'egyéb *Cacopsylla* génuszba tartozó' csoportba kerültek besorolásra.

Statisztikai módszerek: Annak, eldöntésére, hogy a színek hatással vannak-e a levélbolha fogások számára, összesítettük a tíz ismétlés fogásszámait fajonként és színenként a teljes vizsgálati periódus alatt. Az adatsorok eloszlását a reziduálisok szórásának vizualizálásával (QQ plot) ellenőriztük. A legjobban illeszkedő statisztikai modell kiválasztásához az AIC értékeket és/vagy ANOVA tesztet használtunk. Amennyiben az adatok eloszlása eltért a normális eloszlástól, az adatokat transzformáltuk. Az összes fogott *C. pruni* összlétszámát logaritmikusan transzformáltuk, majd GLS modelleket illesztettünk (R csomag „nlme”) (Pinheiro et al. 2022). A GLS modellt az összes fogott *C. melanoneura* számra adat-transzformáció nélkül illesztettük. Amikor a fogások teljes számát minden szín esetében fajon belül hasonlítottuk össze, páronkénti tesztek végeztünk az „EMmeans” R csomagban található Turkey-módosított P-értékekkel (Searle et al. 2012). A sárga csapdákbán, a *C. pruni* és *C. melanoneura* összesített számát négyzetgyök transzformáció után, a fehér csapdákbán pedig logaritmikus transzformáció után, GLS illesztésével hasonlítottuk össze. Az összesített fogásszámok összehasonlításához GLS modellt illesztettünk az adatokra, majd az egyes színeken megfigyelt fogásszámok páronkénti összehasonlítását „Emmeans” tesztet végeztünk mind a *C. pruni*, mind a *C. melanoneura* esetében. Annak eldöntésére, hogy különbözik-e a sárga és fehér ragacslapok eredményessége a *C. pruni* és a *C.*

melanoneura esetében, GLS modell segítségével hasonlítottuk össze a két faj fogásszámait ezeken a színeken. Az adatok és a terepi megfigyeléseink alapján megállapítottuk, hogy a levélbolhák viselkedése eltér a betelepülés korai szakaszában (IM). Így, ebben a korai részidőszakban (2020.03.25.-től - amely a teljes megfigyelési időszak 0. napja, 2020.04.15.-ig – ami a megfigyelési időszak 20. napja) a fentiekhez hasonlóan összesítettük a fogásszámokat a sárga és fehér ragacslapokon, majd GLS modell segítségével megvizsgáltuk a különbségeket mind a fajokon belül a színek között, mind az egyes színeken belül a két faj eredményeit összehasonlítva. Az ebben az időszakban fehér és sárga csapdákból lévő *C. pruni* egyedek számára, valamint a fehér csapdák által fogott *C. pruni* és *C. melanoneura* egyedek számára az IM időszakban GLS modelleket illesztettünk négyzetgyök transzformációt követően. A sárga és fehér csapdák által fogott *C. melanoneura* egyedek számát az IM időszakban GLS modellel hasonlítottuk össze logaritmikus transzformáció után. Valamennyi statisztikai vizsgálat az (#R Studio 1.4, R Core Team 2016, R) statisztikai programmal készült, az ábrák elkészítéséhez az R és a JMP (16.1.0, SAS Inc.) szoftvereket használtuk.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Boldogkőváraljai kajszai ültetvények felmérése tünetek alapján (1)

A tüneti felmérés során megállapítottuk, hogy az 1. ültetvény 300 fájából 201 fa mutatott fertőzés tüneteket. Ami azt jelenti, hogy a fák 68,60%-a fertőzött lehet a kórokozóval. Az ültetvény fertőzöttségi indexe 2,9 volt.

A tüneti felmérés során a 2. ültetvény összesen 1362 fájából 853 tüneteket mutató fát találtunk. Az ültetvény fáinak 62,6%-a mutatott fertőzés tüneteket. Az ültetvény fertőzöttségi indexe 2,052 volt.

3.2. Kajszibarackról származó ESFY fitoplazma izolátum molekuláris vizsgálata (2)

A második célkitűzésünkhöz (2) kapcsolódó molekuláris vizsgálat eredményeként a minta a PCR során egyértelmű pozitív eredményt adott. A szekvenálás nagyon jó minőségben, 1784bp-ig készült el két irányból. A szekvenálás eredményeként megbizonyosodtunk arról, hogy az izolátumunk a 'Ca. Phytoplasma prunorum' kórokozó egy igen virulens törzsével, az ESFY-G2-es törzssel mutatott igen nagyfokú hasonlóságot.

3.3. Szilva levélbolha és más levélbolha fajok gyűjtése fenyőfélékről és határozásuk (3)

Fenyőfélékről 2014 és 2020 között, összesen 1600 db levélbolhát gyűjtöttünk, amelyből mindössze 25 darab volt szilva levélbolha. Ezeket lucfenyőkön (*Picea abies*) és Douglas fenyőkön (*Pseudotsuga menziesii*) találtuk. Öt levélbolhát a határozóbélyegek sérülése miatt nem lehetett meghatározni. A gyűjtés során 20 különböző levélbolha fajt találtunk, 18 eltérő helyszínen. A gyűjtött fajok 3 családba (Psyllidae, Aphalaridae és Triozidae) voltak sorolhatóak. A gyűjtést a következő növényeken végeztük: lucfenyő (*Picea abies*), erdei fenyő (*Pinus sylvestris*), Szerbluc (*Picea omorika*), Nordmann fenyő (*Abies nordmanniana*), mamutfenyő (*Sequoiadendron giganteum*), atlasz cédrus (*Cedrus atlantica*), közönséges tiszafa (*Taxus baccata*), Douglas fenyő (*Pseudotsuga menziesii*), feketefenyő (*Pinus nigra*), ezüstfenyő (*Picea pungens* f. *glauca*), elegyes fenyves,

nehézszagú boróka (*Juniperus sabina*), és Leyland ciprus (*Cupressocyparis leylandii*). Az említett növényeken a következő levélbolha fajokat találtuk: *Aphalara avicularis* (Ossiannilsson, 1981), *Aphalara calthae* (Linnaeus, 1761), *Aphalara polygoni* (Foerster, 1848), *Bactericera albiventris* (Foerster, 1848), *Bactericera curvatinervis* (Foerster, 1848), *Bactericera femoralis* (Foerster, 1848), *Cacopsylla crataegi* (Schrank, 1801), *Cacopsylla melanoneura* (Foerster, 1848), *Cacopsylla peregrina* (Foerster, 1848), *Cacopsylla pruni* (Scopoli, 1763), *Cacopsylla pyricola* (Foerster, 1848), *Cacopsylla pyrisuga* (Foerster, 1848), *Cacopsylla rhamnicola* (Scott, 1876), *Cacopsylla saliceti* (Foerster, 1848), *Trioza apicalis* (Foerster, 1848), *Trioza neglecta* (Loginova, 1978), *Trioza remota* (Foerster, 1848), *Trioza rhamni* (Schrank, 1801), *Trioza rotundata* (Flor, 1861) és *Trioza urticae* (Linnaeus, 1758). A gyűjtés során voltak olyan egyedek, melyek egyes fenyő fajösszetételű területeken lettek gyűjtve: *T. remota* (Martonvásár, egy egyed; és négy egyed Sós-kúton), valamint *C. melanoneura* (Soroksárról egy egyed, és Budakeszről három egyed). A fenyőféléken gyűjtött levélbolhák közül a *Trioza* fajok fordultak elő a leggyakrabban, jellemzően fekete (*Pinus nigra*) és lucfenyőn (*Picea abies*). A *Trioza* fajok közül a *T. remota* volt a leggyakrabban előforduló (972 egyed), második leggyakoribb pedig a *T. urticae* (174 egyed). Őket követik a *Cacopsylla* fajok, amik közül a *C. melanoneura* volt a leggyakoribb (221 egyed), amit a *C. pruni* (25 egyed) és a *C. crataegi* (17 egyed) követett. A *Bactericera* fajok közül, amely a harmadik leggyakoribb csoport volt, a *B. albiventris* (106 egyed) volt a leggyakoribb faj. A hazánkban ismert 80 levélbolha faj közül 20-nak találtuk meg a telelőhelyét. 14 esetben (*A. avicularis*, *A. calthae*, *A. polygoni*, *C. rhamnicola*, *C. saliceti*, *B. curvatinervis*, *B. albiventris*, *B. femoralis*, *T. neglecta*, *T. remota*, *T. rhamni*, *T. rotundata*) a korábbi hazai irodalmakban nem fordult elő ilyen jellegű adatközlés. A *C. peregrina*, *C. pyricola*, *C. pyrisuga* és *T. apicalis* fajok esetében új telelő helyet és növényt írtunk le a Mátrában, lucfenyőn.

3.4. Szilva levélbolha és más levélbolha fajok gyűjtése Prunus fajokról, és egyéb növényekről a C. pruni rajzásának időszakában (4)

Szilva levélbolha gyűjtése Prunus fajokon: 2018 és 2022 között összesen 2063 db *Cacopsylla pruni* egyed gyűjtöttünk *Prunus* fajokról (vadszilva – *Prunus myrabolana*,

kajsziabarack – *Prunus armeniaca*, mirabolán gyökérsarj, kökény – *Prunus spinosa*, és szilva – *Prunus domestica*).

Néhány megfigyelés a hozzájuk tartozó dátumokkal a vizsgálati években: az első áttelelt, betelepülő imágók észlelése: 2018.IV.13., 2019.IV.18., 2020.III.20., 2021.III.31., 2022.III.26. Párzó egyedek megfigyelése: 2020.III.28. Tojásrakás időpontjai: 2016.IV.9., 2020.IV.8. Kikelt nimfák megfigyelése: 2020.IV.17., ezek az L5-ös stádiumot 2020.V.22.-re érték el. 2020.VI.6.-át követően az ültetvényben már nem lehetett áttelelt sötét színű imágókkal találkozni.

Egyéb levélbolha fajok a vektor rajzásának időszakában: *Prunus* fajokról a következő egyéb levélbolha fajokat gyűjtöttük: *Cacopsylla melanoneura* (kökény – *P. spinosa*, kajsziabarack – *P. armeniaca*, szilva – *P. domestica*, és mirabolán gyökérsarjról), *Cacopsylla crataegi* (kajsziabarack – *P. armeniaca* és szilva – *P. domestica*). A szilva levélbolha rajzási időszakában, de nem a szilva levélbolha tápnövényén, hanem a varjútövis-bengén (*Rhamnus cathartica*) a *Cacopsylla rhamnicola* (Scott, 1876) fajt találtuk meg

3.5. Szilva levélbolhák fertőzöttségének és biotípusának vizsgálata (5)

Fitoplazma fertőzöttség vizsgálata:

A fertőzöttség vizsgálat során megállapítottuk, hogy a gyűjtött 155 adult szilva levélbolha közül 95 egyed fertőzött a kórokozóval (1. táblázat). Bekecs esetében a 15 egyedből 7 egyed bizonyult fertőzöttnek. Boldogkőváralja esetében 87 fertőzött szilva levélbolhát találtunk (egynek az ivarszerve megsérült a gyűjtés közben, ezért ez nem szerepel a táblázatban, azonban a vizsgálat során ez az egyed is fertőzöttnek bizonyult) a 139-ből, míg Nagyváradon 1 fertőzött egyedet találtunk. Így Bekecsen a vektor fertőzöttségi aránya 46,67%, Boldogkőváralján pedig 67,44%.

1. Táblázat: 2018-ban gyűjtött *Cacopsylla pruni* egyedek fertőzöttsége az egyes településeken

Település	Hím		Nőtény	
	negatív	pozitív	negatív	pozitív
Nagyvárad	0	0	0	1
Bekecs	1	3	7	4
Boldogkőváralja	10	16	42	70

Biotípus vizsgálata:

A biotípus vizsgálat eredményeként megállapítottuk, hogy mindhárom település esetében (Nagyvárad, Bekecs, Boldogkőváralja), a gyűjtött levélbolhák mindegyike a B biotípushoz tartozott.

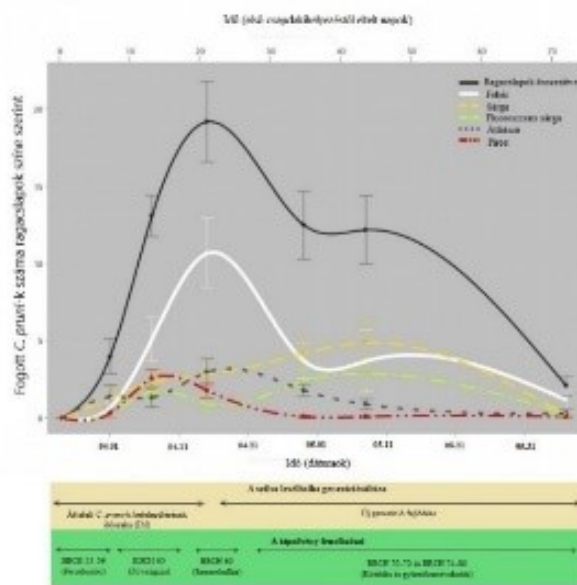
3.6. Ragacslapos kísérlet (6)

Hatodik célkitűzésünkhöz (6), kapcsolódó vizsgálatok eredményei: 2020 során a szilva levélbolha ragacslapos csapdázását 11 héten keresztül, márciustól júniusig folytattuk, kajszifákon. 1517 db levélbolha került azonosításra a *Psyllidae* családból (2. táblázat).

2. táblázat: A színes ragacslapokkal fogott *Cacopsylla* egyedek összesítő táblázata

Csapdák színe	A <i>Cacopsylla</i> fajok összesített száma	<i>C. pruni</i> egyedek összesítve színek szerint	<i>C. melanoneura</i> egyedek összesítve színek szerint	Egyéb <i>Cacopsylla</i> fajok összesített száma színek szerint	Fogott <i>C. pruni</i> egyedek megoszlása	Fogott <i>C. melanoneura</i> egyedek megoszlása	Egyéb <i>Cacopsylla</i> fajok megoszlása
Fehér	390	249	84	57	63,85%	21,54%	14,62%
Sárga	367	158	139	70	43,05%	37,87%	19,07%
Fluoreszcens sárga	262	86	139	37	32,83%	53,05%	14,12%
Piros	191	50	125	16	26,18%	65,45%	8,38%
Átlátszó	307	87	174	46	28,34%	56,68%	14,98%
Összesen	1517	630	661	226	41,52%	43,57%	14,89%

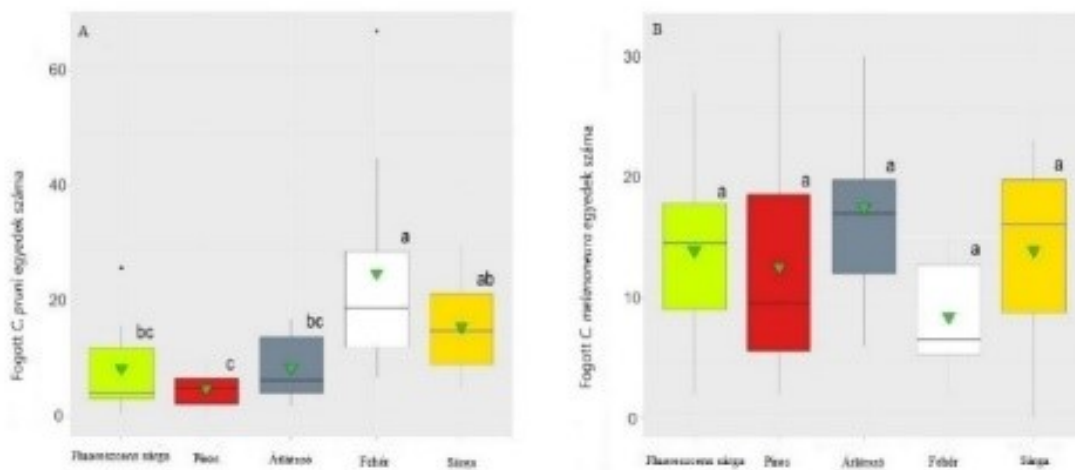
Az egyedek többsége, a *Cacopsylla* génuszhoz tartozott, míg a második legnagyobb csoport a *Triozidae* volt, összesen 33 fogott egyeddel. Más rovarcsoportok vagy példányok mellékfogásai nem voltak jelentős számban. Az első áttelelő *C. pruni* imágókat 2020.03.29.-én fogtuk (1. ábra). A csapdázási időszak során az első megjelent új generációhoz tartozó fiatal *C. pruni* imágó 2020.05.16.-án jelent meg, és a csapdába a vizsgálati időszak végéig összesen 9 ilyen egyed ragadt. Ezek az új generációhoz tartozó imágók nem szerepelnek a *C. pruni* betelepülő egyedszámai között az elemzésben. A szilva levélbolha betelepülési időszakának a csúcsa április közepén (22. nap a 1. ábrán) tetőzött.



1. ábra: A csapdák által fogott *C. pruni* imágók számának átlaga a 10 ismétlésből számítva (y tengely) a teljes megfigyelési időszak alatt és a színpreferencia időbeli változása (x tengely). A fogásokat összesítettük az összes szín esetében (fekete vonal) vagy a színeken belül (színes vonalak) a csapdacsere periódusaira, és az átlagot 10 ismétlésből számítottuk ki. Az alsó dobozok a *C. pruni* és a kajsziarack fejlődési fázisait mutatják a vizsgálati időszak során végzett terepi megfigyelések alapján. A pontok olyan átlagokat jelölnek, amelyekben a hibásávok szabványos hibaként szerepelnek. A spline folyamatosan illeszkedik. Az alsó, x-tengely a dátumokat, a felső a kísérlet kezdete óta eltelt napokat jelöli.

A *C. pruni* esetén a hímek és nőstények számában nem volt különbség (300 egyedből álló minta alapján a szilvalevélbolhák 56%-a volt nőstény), fiatal egyedek (lárva/nimfa) a

csapdáknál nem észleltünk. A csapdázási időszak vége nem esett egybe a *C. pruni* gyümölcsösből fenyőre történő átvándorlásának időszakával. A csapdák összesen 630 *C. pruni* imágót fogtak. A teljes vizsgálati időszakot nézve a különböző színek által fogott, színenként összesített *C. pruni* imágók száma jelentős különbségeket mutatott az egyes színek között (2/A ábra). A fehér színű csapdák fogták a legtöbb szilva levélbolhát. Párónkénti összehasonlításban, a fehér csapdák szignifikánsan többet fogtak, mint a piros, az átlátszó és a fluoreszcens sárga csapdák, míg a sárga csapdáknak csak a piros csapdákénál volt szignifikánsan magasabb a fogási eredménye (3. Táblázat). A fehér és sárga csapdák fogásai között nem volt szignifikáns különbség. A piros, az átlátszó, és a fluoreszcens sárga csapdák között nem volt különbség a fogások között (2/A ábra).

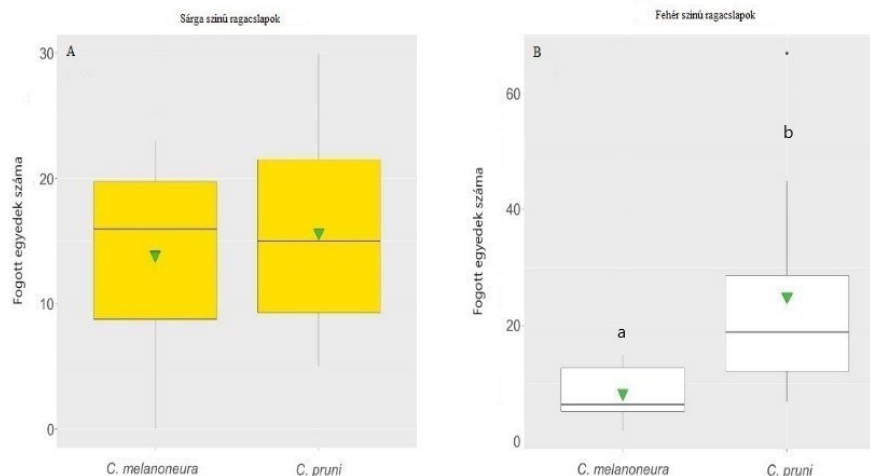


2. ábra: A kajsziültetvényben előforduló, két leggyakoribb *Cacopsylla* faj: *C. pruni* (A) és *C. melanoneura* (B) színpreferenciája. A grafikonok az egyes színes ragacslapok (y-tengely) fogásainak átlagos számát mutatják a teljes megfigyelési időszak alatt. Az x-tengelyen láthatók a csapdák színei. A vízszintes oszlopok az átlagok standard hibáját jelölik. A statisztikai átlagokat háromszögek, az interkvartilis tartományokat pedig boxok, a kiugró értékeket (ha vannak) fekete pöttyök jelzik.

3. táblázat: A használt statisztikai eljárások és azok eredményeiknek összegzése

Többszörös összehasonlítások								
Megfigyelési időszak	Tárgy	Összehasonlított változók		Modell	Adattranszformációk	Statisztikai tesztek eredményei	d.f.	p - érték
Teljes	<i>C. pruni</i>	Összes szín	Összes szín	GLS	log	t = 9.23	50	<0.000*
Teljes	<i>C. melanoneura</i>	Összes szín	Összes szín	GLS	–	t = 5.68	50	<0.005*
Páronkénti összehasonlítások								
Megfigyelési időszak	Tárgy	Összehasonlított változók		Modell	Adattranszformációk	Statisztikai tesztek eredményei	d.f.	p - érték
Teljes	Fehér ragacs lap	<i>C. pruni</i>	<i>C. melanoneura</i>	GLS	log	t = 3.49	20	0.002*
Teljes	Sárga ragacs lap	<i>C. pruni</i>	<i>C. melanoneura</i>	GLS	sqrt	t = 0.68	20	0.5
Migrációs időszak	<i>C. pruni</i>	Fehér	Sárga	GLS	sqrt	t = -3.05	20	0.006*
migrációs időszak	<i>C. melanoneura</i>	Fehér	Sárga	GLS	log	t = 0.15	20	0.879
Migrációs időszak	Fehér ragacs lap	<i>C. pruni</i>	<i>C. melanoneura</i>	GLS	sqrt	t = 3.04	20	0.006*

A kajszi ültetvényben a legelterjedtebb faj a *C. melanoneura* volt, összesen 661 fogott egyeddel. Hasonlóan, ahogyan azt a *C. pruni* esetében tettük, a *C. melanoneura* imágók kumulatív számát is összehasonlítottuk az öt különböző színű csapda esetében. Ennél a fajnál, a csapdaszínek nem befolyásolták a fogási eredményeket (3/B ábra; 3. táblázat). A két levélbolha faj színpreferenciája közötti különbség kimutatásához összehasonlítottuk a *C. pruni* és *C. melanoneura* példányok összesített számát a fehér és sárga színű csapdák esetében. A fehér színűben több *C. pruni* volt, mint *C. melanoneura* (3/B ábra), szemben a sárga színű csapda fogási arányaival (3/A ábra, 3. táblázat).

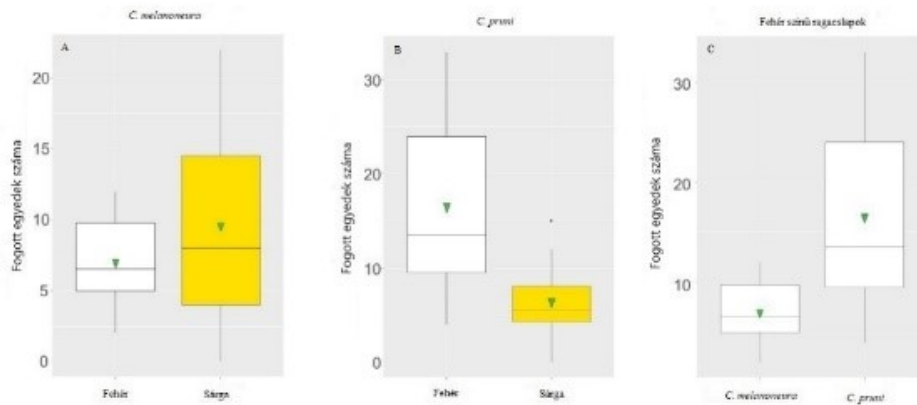


3. ábra: A sárga (A) és fehér (B) színű ragacslapok fogási hatékonyságának összehasonlítása a *C. pruni* és *C. melanoneura* fajok esetében. A grafikonok az egyes színek összesített fogásait mutatják a teljes megfigyelési időszak alatt. A vízszintes sávok a mediánokat, a függőleges sávok a standard hibát vagy átlagot jelölik. A statisztikai átlagokat háromszögek, az interkvartilis tartományokat boxok, a kiugró értékeket (ha vannak) fekete pöttyök jelölik.

Egyik színű csapdatípusunk sem fogott háziméheket (*Apis mellifera*), bár ebben a gyümölcsösben a barackfák virágainak beporzását nagy részben ezek végezték, és a kísérleti időszakban az ültetvény környékén több méhcsalád is volt.

A *C. pruni* tekintetében a fehér és sárga színű csapdák fogásai között a különbsége nem volt állandó a teljes felmérés során (1. ábra). A fehér színű csapdák a megfigyelési időszak első 3 hetében (betelepülési időszak, IM) lényegesen több egyedet fogtak, mint a sárga színű csapdák, míg a sárga csapdák április közepe után voltak hatékonyabbak. A többi színhez képest kiemelendő, hogy a fehér színű ragacslap kiemelkedő fogási időszaka a virágzási szakaszoknak felelt meg. A csapda emelkedő hatékonyságot mutatott a kajsziarack virágzásának közepe tájától (BBCH 65, azaz a fővirágzás időszaka; amivel egy időben a szomszédos kökények virágszirmai látszódní kezdtek – BBCH 58 azaz pirosbimbós állapot), majd hatékonysága csökkenni kezdett, amikor mindkét növény (kajszi és kökény) virágzási időszaka a vége felé közeledett (BBCH 69-70 azaz a kötődés eleje) (1. ábra). A sárga színű ragacslapok hatékonysága a fehér színűekhez képest a lomb növekedési időszakában, azaz a szíromhullástól kezdődően tetőzött. Így a növényvédelmi kezelések időzítéséhez és a leghatékonyabb csapdaszín megtalálásához

összehasonlítottuk a színek hatását a *C. pruni* és *C. melanoneura* IM időszak (betelepülés időszaka) során történő csapázásához (4. ábra).



4. ábra: A csapda színek hatékonysága (összesített fogások átlaga) a betelepülési időszakban (IM). A *C. melanoneura* (A) és *C. pruni* (B) fajokhoz tartozó egyedek összehasonlítása sárga és fehér színű ragacslapokon. A *C. melanoneura* és *C. pruni* fajokból fogott egyedek számának az összehasonlítása a betelepülési időszakban a fehér színű ragacs lapon (C). A vízszintes sávok a mediánokat, a függőleges sávok a standard hibát vagy átlagokat jelenítik meg. A statisztikai átlagokat háromszögek, az interkvartilis tartományokat boxok, a kiugró értékeket (ha vannak) fekete pöttyök jelölik.

4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

1.

Megállapítottuk, hogy a felmért boldogkőváraljai kajszai ültetvényekben a fák 68,60 %-a (első ültetvény) és 62,6%-a (második ültetvény) mutatott fitoplazma fertőzésre jellemző tüneteket. Az általunk tapasztalt fertőzöttségi tüneteket mutató fák aránya kicsivel alatta marad, a térségben korábban tapasztalt aránnyal (77%) szemben (Tarcali et al. 2010; Tarcali et al. 2022).

Megállapítottuk, hogy a fertőzöttségi index az első ültetvény esetében 2,9 a második ültetvény esetében 2,052.

Megállapítottuk, hogy a kísérleti kajszai ültetvényből származó izolátum a kórokozó ESFY-G2-es virulens törzsével mutatott igen nagyfokú hasonlóságot. Ezt a törzset Dossenheimben (Németország) írták le (Seemüller – Schneider, 2004) és kísérleteink előtt eddig kajszibarackban Spanyolországban (Torres et al. 2010), cseresznyében Lengyelországban Cielśńska – Smolarek, 2019), valamint szilvában Iránban (Allahverdi et al. 2014) találták meg. A tény, hogy izolátumunk egy virulens törzzsel mutatott nagyfokú hasonlóságot, még inkább rávilágít a terjedés megelőzésének fontosságára.

Megállapítottuk, hogy a vizsgálati területen lévő szilva levélbolhák a B biotípusba tartoznak, ami megegyezik a korábban hazánkban tapasztaltakkal (Mergenthaler et al. 2017). Az általunk gyűjtött szilva levélbolha egyedek fitoplazmával való fertőzöttségi aránya a vizsgált térségekben (Boldogkőváralja esetében 67,4 %, Bekecs térségében pedig 46,67 %), hasonlók vagy kicsivel alatta maradnak, mint az ugyanezen térségekben korábban tapasztalt arányok (Boldogkőváralja térségében 77 %, míg Bekecs térségében 75-80 %) (Tarcali et al. 2010; Tarcali et al. 2022), azonban magasabbak, mint a korábban hazánkban más térségekben (15 % körüli) (Mergenthaler et al. 2017), és a nemzetközi viszonylatban Franciaország országos átlagban 3 % körüli, és egyes területein 15 % (Yvon et al. 2004), Törökországban 23 % (Serçe et al. 2011) tapasztaltak.

2.

Megállapítottuk, hogy a vektorral egy időszakban a *Prunus* fajokon a *Cacopsylla melanoneura* és a *Cacopsylla crataegi* fajok vannak jelen a vizsgált térségben.

Megállapítottuk, hogy a vektor rajzási időszakában, a hazánkban csak ritkábban előforduló *Cacopsylla rhamnicola* faj is megtalálható varjútövisbengén.

3.

Megállapítottuk a vizsgált vektor, a *Cacopsylla pruni* előfordulását lucfenyőn és Douglas fenyőn a téli időszakban.

Megállapítottuk további 19 faj (*A. avicularis*, *A. calthae*, *A. polygoni*, *C. rhamnicola*, *C. saliceti*, *C. sorbi*, *C. ulmi*, *B. curvatinervis*, *B. albiventris*, *B. femoralis*, *T. neglecta*, *T. remota*, *T. rhamni*, *T. rotundata*, *C. peregrina*, *C. pyricola*, *C. pyrisuga* és *T. apicalis*) jelenlétét különböző fenyőféléken a téli időszakban. A hazánkból leírt 80 levélbolha faj (Kontschán et al. 2020) telelő helyének szempontjából, melyek közül 20 levélbolha fajt azonosítottunk fenyőfélékről, 14 faj esetében, ilyen jellegű adatközlés nem volt a hazai szakirodalomban. Mivel a gyűjtési módszerek még nem elég kiforrottak, ahhoz, hogy az egyes fajok pontos telelésben betöltött szerepét tovább értékelhessük további vizsgálatok szükségesek.

4.

Megállapítottuk, hogy a fehér szín a betelepülés időszakában szignifikánsan több szilva levélbolhát fog (249 egyed), mint a sárga (158 egyed) és más színek (piros – 50 egyed, átlátszó – 87 egyed, sárgászöld – 86 egyed).

Megállapítottuk, hogy a fehér színnek a tápnövény fenológiai állapotától függően változó a hatékonysága. Kiemelkedő fogási időszaka a virágzási szakaszoknak felel meg, majd hatékonysága a szíromhullás (BBCH 69-70) szakaszában csökkenni kezdett és a sárga színű ragacslapéhoz hasonló szintre esett vissza.

A szilva levélbolha hatékonyabb csapdázási módszerének vizsgálata során nem csak azt állapítottuk meg, hogy a fehér szín hatékonyabban gyűjti őket, hanem azt is, hogy ennek a színnek a tápnövény tenyész időszaka során változó a hatékonysága. Ilyen jellegű fenológiai szinkronizációról a faj esetében korábban nem volt adatközlés a szakirodalomban. Ezzel újabb információt

adtunk egy pontosabb rajzáskövetési módszerhez, és az ellenük való védekezés időzítésének jobb megtervezéséhez.

5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1.

Eredményeink közül, a gyakorlatban a fehér ragacs lap alkalmazása hasznosítható. Egyrészt, hatékonyabban gyűjt, mint a szakirodalmakban korábban javasolt sárga színű ragacs lap, másrészt, korábban jelzi a szilva levélbolha jelenlétét a kajszi ültetvényekben.

Bár gyakorlatban gyakran alkalmazzák a kopogtatásos és hálózás módszert a szilva levélbolha rajzásának megfigyelésére (Mergenthaler et al. 2017; Viczián et al. 2015), ennek a módszernek az eredménye függ az aktuális, helyi időjárás viszonyoktól (pl. eső, szél). A ragacs lapok használata egy adott perióduson belül kiegyenlítettebb eredményű szélsőséges viszonyok között is. A módszer kevésbé munkaigényes, könnyebben standardizálható, valamint nem csak gyűjthetjük és detektálhatjuk az adott fajt, hanem annak rajzáskövetésére, denzitás változásának megfigyelésére és a migrációjának dinamikai nyomon követésére is alkalmas (Krüger–Fiore, 2019).

Figyelembe véve a korábban leírt eredményeket és következtetéseket, a két leggyakrabban előforduló levélbolhafaj (*C. pruni* és *C. melanoneura*) csapdázására a szakirodalmakban javasolt sárga színű helyett a fehér színű ragacs lapot javaslom kajszi ültetvényben, a rajzás elejétől a gazdanövény virágzásának végéig.

A fehér színű csapda olyan szempontból is hatásosabb, hogy korábban kezdi el nagy egyedszámban fogni a vektort, mint a széles körűen használt sárga. A fehér színű csapda használata növényvédelmi gyakorlatban is jelentős, mivel a betegség terjedésének lassításában és megállításában kulcsfontosságú mozzanat a kórokozó átadásának megelőzése, ahogyan azt a védekezési lehetőségeknél említettem. Az integrált szemléletű növényvédelmi gyakorlat a jobb időzítést, és ezáltal a szer kijuttatás számának csökkentését segíti. Mindez nemcsak költséghatékony, hanem az ökológiai lábnyomot is csökkenti.

A fehér színű ragacs lapos csapda nem fogott hasznos szervezeteket, így alkalmazása az ökológiai ültetvényekben is javasolható, ahol kifejezetten fontos ezen szervezetek megtelepedésének és háborítatlan életmódjának segítése.

2.

Gyakorlati szempontból kiemelt fontosságú, hogy Boldogkőváralja térségében a kórokozó ESFY-G2-es virulens törzséhez igen nagyfokú hasonlóságot mutató izolátumot azonosítottunk, ami súlyos tüneteket okoz a kajszi fákban. A térségben tapasztalt magas a fitoplazma fertőzés tüneteit mutató fák aránya, és a szilva levélbolhák körében tapasztalt magas fertőzöttségi arány szintén ennek a fontosságára hívja fel a gyakorlat figyelmét. Egy virulens fitoplazma törzs jelenléte, és egy magas fertőzöttségi arányú vektor populáció, komoly kockázatot jelent, nem megfelelően kialakított védekezési stratégia esetén.

3.

A *C. melanoneura* fajjal kapcsolatos eredményeink összhangban vannak a mások által leírt jelenségekkel (Mayer – Gross, 2007), míg a *C. pruni* esetében olyan gyakorlati szempontból kiemelkedően hasznos újdonásgot találtunk, ami a faj biológiájáról meglévő ismereteket (Gallinger et al. 2019a) kiegészíti és magyarázza.

A *Cacopsylla pruni* (az ESFY vektora) és a *Cacopsylla melanoneura* (az AP vektora) fajok színpreferenciájában tapasztalt nagy eltérés érdekes jelenség, mivel a két faj ugyanahhoz a génuszhoz tartozik. Ez utalhat arra, hogy a génuszon belül más szempontból is előfordulhatnak akár nagyon eltérő viselkedési formák is, ezért a jövőben érdemes lenne az ehhez a génuszhoz tartozó vektor fajokat más szemszögből is összehasonlítani. Az így nyert tapasztalatok a későbbiekben segíthetik a vektorok viselkedésének mélyebb fokú megértését, és így a jobb védekezési stratégiák kidolgozását.

A vizsgálati évek során tapasztalt időjárásbeli anomáliák következtében kialakult rajzásdinamikai változások, valamint a kórokozó lehetséges ültetvénybe jutási lehetőségeinek, amelyet Marie-Jeanne és munkatársai (2020) tártak fel (lásd: 2.4.2. alfejezet) – figyelembevételével javasolható, hogy az adott területen először mindenképpen fordítsunk időt az ottani jellegzetes viszonyok megismerésére és megértésére. Mivel a hazai időjárás viszonyok egyre változékonyabbak, és ezek az anomáliák befolyásolják a vektor rajzásdinamikáját is (pl. rajzás kezdetének időpontja, tojásrakás megkezdése) így fontos az adott területen a faj viselkedési motívumainak minél mélyebb megismerése, és figyelemmel követése, helyspecifikus tapasztalatok gyűjtése, ami segít a megfelelő védekezési módszer

megtalálásában. Csak így sikerülhet olyan védekezési stratégiát kialakítani, ami segíti a kórokozó terjedésének megelőzését.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ahrens, U. – Seemüller, E.: 1992. Detection of DNA on plant pathogenic mycoplasma-like organisms by polymerase chain reaction that amplifies a sequence of the 16S rRNA gene. *Phytopathology*. 82: 828-832.
- Bodnár, D. – Mergenthaler, E. – Viczián, O. – Tarcali, G.: 2017. A csonthéjasok európai sárgaságának (European stone fruit yellows, ESFY) lehetséges vektorának, a szilva levélbolhának (*Cacopsylla pruni*) vizsgálata Boldogkőváralja térségében. *Agrártudományi Közlemények*. 71: 5-12.
- Brown, R.L. – Landolt, P.J. – Horton, D.R. – Zack, R.S.: 2009. Attraction of *Cacopsylla pyricola* (Hemiptera: Psyllidae) to a female psylla in pear orchards. *Environmental Entomology*. 38: 815-822.
- Burckhardt, D. - Ouvard, D. - Precy, D.M.: 2021. An updated classification of the jumping plant-lice (Hemiptera: Psylloidea) integrating molecular and morphological evidence. *European Journal of Taxonomy*. 736: 137–182.
- Carraro, L. – Osler, R. – Loi, N. – Ermacora, P. – Rafetti, E.: 1998. Transmission of European stone fruit yellows phytoplasma by *Cacopsylla pruni*. *Journal of Plant Pathology*. 80(3): 233-239.
- Carraro, L. – Osler, R.: 2003. European stone fruit yellows: a destructive disease in the Mediterranean Basin. In: Myrta, A. – Di Terlizzi, B. – Savino, V. (eds.) Virus and virus-like disease of stone fruit with particular reference to the Mediterranean region, CIHEAM. Options Méditerranéennes Serie B. 45: 113-117.
- Contaldo, N. – Bertaccini, A. – Paltrinieri, S. – Windsor, H.M. – Windsor, G.D.: 2012. Axenic culture of plant pathogenic phytoplasmas. *Phytopathol. Mediterr.* 51: 607-617.
- Contaldo, N. – Satta, E. – Zambon, Y. – Paltrinieri, S. – Bertaccini, A.: 2016. Development and evaluation of different complex media for phytoplasma isolation and growth. *J. Microbiol. Methods*. 127: 105-110.
- Desvignes, J.C. – Cornaggia, D.: 1982. Observation on apricot chlorotic leaf roll (ACLR): sensitiveness of different *Prunus* species detection, spread in plum orchards. *Acta Horticulturae*. 130: 249-256.
- Dosba, F. – Lansac, M. – Mazy, K. – Garnier, M. – Eyquard, J.P.: 1991. Incidence of different diseases associated with mycoplasma-like organisms in different species of *Prunus*. *Acta Horticulturae*. 283: 311-320.

- Döring, T.F. – Chittka, L.: 2007. Visual ecology of aphids – a critical review on the role of colours in host finding. *Arthropod-Plant Interactions*. 1: 3-16.
- Hodkinson, I.D. – White, I.M.: 1979. Homoptera (Psylloidea). In: Watson, A. eds. Handbooks for the identification of British insects. II(5a). Royal Entomological Society of London, London SW7 5HU. pp. 1-108.
- Hogenhout, S.A. – Oshima, K. – Ammar, E.D. – Kakizawa, S. – Kingdom, H.N. – Namba, S.: 2008. Phytoplasmas: bacteria that manipulate plants and insects. *Mol. plant Pathol.* 9: 403-423.
- Jarausch, B. – Buckhardt, D. – Lauterer, P. – Jarausch, W.: 2009. Psyllids (Hemiptera, Psylloidea) captured in commercial apple and stone fruit orchards in southwest Germany, eastern France and northwest Switzerland. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*. 82: 205-2015.
- Krüger, K. – Fiore, N.: 2019. Sampling Methods for Leafhopper, Planthopper, and Psyllid Vectors, in Rita Musetti and Laura Pagliari (eds.), *Phytoplasmas: Methods and Protocols in Molecular Biology* vol. 1875
- Krysan, J.L. – Horton, D.R.: 1991. Seasonality of catch of pear psylla *Cacopsylla pyricola* (Homoptera:Psylloidea) on yellow traps. *Environmental Entomology*. 20: 624-634.
- Lethmayer, C. – Hausdorf, H. – Suarez-Mahecha, B. – Reisenzein, H.: 2011. The importance of psyllids (Hemiptera: Psyllidae) as vectors of phytoplasmas in pome and stone fruit trees in Austria. *B. Insectol.* 64: S255-S256.
- Marcone, C. – Ragozzino, A. – Seemüller, E.: 1996. European stone fruit yellows phytoplasmas as the cause of peach vein enlargement and other yellows and decline diseases of stone fruits in southern Italy. *Phytopathology*. 144: 559-564.
- Meier, U. - Bleiholder, H. - Buhr, L. - Feller, C. - Hack, H. - Hess, M. - Lancashire, P.D. - Schnock, U. - Stauss, R. - Van Den Boom, T. - Weber, E - Zwerger, P.: 2009. The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants-history and publications. *Journal für Kulturpflanzen* 61, 41-52.
- Mergenthaler E. – Kiss B. – Kiss E. – Viczián O.: 2017. Survey on the occurrence and infection status of *Cacopsylla pruni*, vector of European stone fruit yellows in Hungary. *Bulletin of Insectology*. 70: 171-176.
- Mergenthaler E. – Kiss B. – Kiss E. – Viczián O.: 2017. Survey on the occurrence and infection status of *Cacopsylla pruni*, vector of European stone fruit yellows in Hungary. *Bulletin of Insectology*. 70: 171-176.

- Navrátil, M. – Fialová, R. – Kocourek, F. – Lauterer, P. – Válová, P. – Šafářová, D. – Poncarová- Voráčková, Z.: 2004. Problems of European stone fruit yellows phytoplasma in the Czech Republic. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 7: 217-219.
- Ossiannilsson, F.: 1992. The psylloidea (Homoptera) of Fennoscandia and Denmark. Fauna Entomologica Scandinavica, Leiden, New York, Köln. Vol. 26. pp.1-104.
- Pinheiro, J. – Bates, D. – Team, R.C. nlme.: 2022. Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-157.
- Poggi-Pollini, C. – Bisanni, R. – Glunchedi, L.: 2001. Occurrence of European stone fruit yellows phytoplasma (ESFYP) infection in peach orchards in Northern–Central Italy. *Journal of Phytopathology*. 149(11-12): 725-730.
- Roth, F. – Galli, Z. – Toth, M. – Fail, J. – Jenser, G.: 2016. The hypothesized visual system of *Thrips tabaci* Lindman and *Frankliniella occidentalis* (Pergande) based on different coloured traps' catches. *North Western Journal of Zoology*. 12: 40-49.
- Sabaté, J. – Laviña, A. – Batlle, A.: 2007. A survey of *Cacopsylla pruni* on different fruit trees producing areas of Spain. *Bulletin of Insectology* 60(2): 193-194.
- Sabaté, J. – Laviña, A. – Batlle, A.: 2016. Incidence and distribution of 'Candidatus Phytoplasma prunorum' and its vector *Cacopsylla pruni* in Spain: an approach to the epidemiology of the disease and the role of wild *Prunus*. *Plant Pathology*. 65: 837-846.
- Searle, S.R. – Speed, F.M. – Milliken, G.A.: 2012. Population Marginal Means in the Linear Model: An Alternative to Least Squares Means. *The American Statistician*. 34:216-221.
- Tedeschi, R. – Bosco, D. – Alma, A.: 2002. Population dynamics of *Cacopsylla melanoneura* (Homoptera:Psylloidea), a vector of apple proliferation phytoplasma in northwestern Italy. *Journal of Economic Entomology*. 95: 544-551.
- Tedeschi, R. – Dermaria, D. – Cesano, A. – Tota, F. – Vittone, G. – Alma, A.: 2008. Spread of European stone fruit yellows in Piedmont (northwestern Italy) and presence of *Caopsylla pruni* Scopoli in plum and apricot orchards. In the 7th IOBC conference of Integrated Fruit Production at Avignon in 2008. pp. 224-227.
- Thébaud, G. – Ivony, M. – Alary, R. – Sauvion, N. – Labonne, G.: 2009. Efficient transmission of 'Candidatus Phytoplasma prunorum' is delayed by eight months due to long latency in its host–alternating vector. *Phytopathology*. 99: 256-273.

- Viczián O. – Mergenthaler E. – Kiss E. – Kiss B.: 2015. Monitoring population of *Cacopsylla pruni* (Homoptera: Psyllidae), a vector of European stone fruit yellows in Hungary, 7th European Hemiptera Congress and 9th International Workshop on Leafhoppers and Planthoppers of Economic Importance, July 19th-24th 2015, Graz, Austria, Programme, Abstract of Talks and Posters.
- Warabieda, W. – Soika, G. – Cieślińska, M.: 2018. *Cacopsylla pruni* in Poland and its significance as vector of 'Candidatus Phytoplasma prunorum'. *Zemdirbyate-Agriculture*. 105: 177-182.



Nyilvántartási szám: DEENK/133/2023.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Bodnár Dominika
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10065712

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (1)

1. Tarcali, G., Kövics, G., Biró, G., Mergenthaler, E., **Bodnár, D.**: A csonthéjasok fitoplazmás megbetegedésének hazai helyzete.
In: Növényorvos képzés Debrecenben. Szerk.: Tarcali Gábor, Kövics György, Radócz László, Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 250-273, 2021. ISBN: 9789634903475

Idegen nyelvű, külföldi könyvrészletek (1)

2. Tarcali, G., Szalai, B., Csüllög, K., Nagy-Szalárdi, T., **Bodnár, D.**: Investigations of phytoplasma diseases on apricot and grapevine in Hungary and Central Europe.
In: Precision Agriculture and Sustainable Crop Production. Ed.: H. K. Chourasia, K. Acharia, V. K. Singh, Today & Tomorrow's Printers and Publishers, New Delhi, 27-52, 2020. ISBN: 9788170196679

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

3. Kontschán, J., **Bodnár, D.**, Ripka, G.: Új adatok a hazai levélbolhák (Insecta:Psylloidea) előfordulásához III.
Növényvédelem. 58 (9), 394-397, 2022. ISSN: 0133-0829.
4. Ott, P. G., Mergenthaler, E., Viczián, O., **Bodnár, D.**: Az ESFY kutatás története.
Növényvédelem. 55 (7), 304-310, 2019. ISSN: 0133-0829.
5. **Bodnár, D.**, Mergenthaler, E., Viczián, O., Tarcali, G.: A csonthéjasok európai sárgasága (European stone fruit yellows, ESFY) fitoplazma vektorának, a szilva levélbolhának (*Cacopsylla pruni Scopoli*) vizsgálata Boldogkőváralja környékén = Examination of the plum psyllid (*Cacopsylla pruni Scopoli*), a vector of European Stone Fruit Yellows (ESFY) phytoplasma in the countryside of Boldogkőváralja (Hungary).
Agrártud. Közl. 71, 5-11, 2017. ISSN: 1587-1282.
DOI: <https://doi.org/10.34101/actaagrar/71/1560>





Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (4)

6. **Bodnár, D.**, Viczián, O., Juhász, A., Fodor, J., Ott, P. G., Mergenthaler, E.: A survey of jumping plant-lice (Hemiptera: Psylloidea) overwintering on conifers in Hungary.
Acta Phytopathol. Entomol. Hung. 57 (2), 106-114, 2022. ISSN: 0238-1249.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/038.2022.00156>
7. **Bodnár, D.**, Szalai, B., Tarcali, G., Viczián, O., Mergenthaler, E.: Phytoplasma infection status survey in plum psyllid (*Cacopsylla pruni*) population.
Agrártud. Közl. 2, 45-48, 2019. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/2/3678>
8. **Bodnár, D.**, Csüllög, K., Tarcali, G.: Review of the biology of plant psyllid (*Cacopsylla pruni*, Scopoli 1763), and its role in the spreading of European stone fruit yellows, ESFY-phytoplasma with Hungarian data.
Agrártud. Közl. 74, 25-33, 2018. ISSN: 1587-1282.
DOI: <https://doi.org/10.34101/actaagrar/74/1660>
9. **Bodnár, D.**, Tarcali, G.: European stone fruit yellows (ESFY) and its vector (*Cacopsylla pruni*, Scopoli) presence in Borsod-Abaúj-Zemplén County.
Georgicon Agric. 21 (1), 76-91, 2017. ISSN: 0239-1260.

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

10. **Bodnár, D.**, Koczor, S., Tarcali, G., Tóth, M., Ott, P. G., Tholt, G.: *Cacopsylla pruni* (Hemiptera, Psyllidae) in an apricot orchard is more attracted to white sticky traps dependent on host phenology.
Biodivers. Data J. 10, 1-16, 2022. ISSN: 1314-2836.
DOI: <http://dx.doi.org/doi:10.3897/BDJ.10.e93612>
IF: 1.54 (2021)

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

11. Varga, M., Viczián, O., Mergenthaler, E., **Bodnár, D.**, Tarcali, G.: Északkelet-magyarországi kajszi ültetvények fitoplazma fertőzöttségének vizsgálata.
In: 27. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum : Program és Összefoglalók. Szerk.: Kövics György, Tarcali Gábor, Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 56-57, 2022.





További közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

12. Viczián, O., Fodor, J., **Bodnár, D.**, Mergenthaler, E.: Az amerikai lepkekabóca (*Metcalfa pruinosa*): Igazoltan új fitoplazma vektor: Rövid áttekintés az amerikai lepkekabócáról, amelynek igazoltuk az AY fitoplazma átviteli szerepét bársonyvirágon.
Növényvédelem. 57 (1), 12-18, 2021. ISSN: 0133-0829.
13. Tarcali, G., **Bodnár, D.**, Csüllög, K.: Növényorvosok élelmünkért, egészségünkért: Beszámoló a 12. Növényorvos Napról.
Növényvédelem. 53 (78), 550-556, 2017. ISSN: 0133-0829.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

14. Kovács, G. E., **Bodnár, D.**, Tarcali, G., Radócz, L.: Biological control of sweet chestnut on Pécsbánya, Hungary.
Agrártud. Közl. 2018 (74), 77-81, 2018. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/74/1668>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

15. Mergenthaler, E., Fodor, J., Kiss, E., **Bodnár, D.**, Kiss, B., Viczián, O.: Biological and molecular evidence for the transmission of aster yellows phytoplasma to French marigold (*Tagetes patula*) by the flatid planthopper *Metcalfa pruinosa*.
Ann. Appl. Biol. 176 (3), 249-256, 2020. ISSN: 0003-4746.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/aab.12582>
IF: 2.75

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

16. Csüllög, K., **Bodnár, D.**, Albert, R., Tarcali, G.: A paprika száraz magházkorhadása (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.) és a kalciumhiány okozta nekrotízis kapcsolata.
Georgicon Agric. 22 (1), 7-12, 2018. ISSN: 0239-1260.





Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

17. Kovács, G. E., **Bodnár, D.**, Radócz, L.: Dissemination of *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr fungus, and the possibilities of protection of a chestnut orchard in Romania.
Georgicon Agric. 23 (1), 21-28, 2019. ISSN: 0239-1260.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 4,29

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
1,54**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2023.05.03.



