

DEBRECENI EGYETEM

KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:
Prof. Dr. Holb Imre
egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezetők:
Dr. Tarcali Gábor
tudományos főmunkatárs

Dr. Mergenthaler Emese
tudományos munkatársa

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

Készítette:
Bodnár Dominika
doktorjelölt

Debrecen

2023

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

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a tudományágban

Írta: Bodnár Dominika okleveles növényorvos
Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán doktori iskolája
(..... programja) keretében

Témavezetők:

Dr. Tarcali Gábor, tudományos főmunkatárs

Dr. Mergenthaler Emese, tudományos munkatárs

Az értekezés bírálói:

....
....
....

A bírálóbizottság:

elnök:

tagok:

....
....
....

Az értekezés védésének időpontja: 20... .

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	5
1.1. A téma jelentősége	5
1.2. Problémafelvetés	7
1.3. Az értekezés célkitűzései és a kutatás hipotézisei.....	7
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	9
2.1. A kórokozó.....	9
2.1.1. A fitoplazmák kutatásának története, rendszertani osztályozásának alakulása	9
2.1.2. Fitoplazmák felépítése és szerkezete	13
2.1.3. Az ESFY betegség tünetei és a kimutatáshoz történő mintagyűjtés időpontjának megválasztása	13
2.1.4. A ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' törzsek és a megjelenő tünetek összefüggése	16
2.1.5. A fitoplazmák tejedésének lehetséges módjai	17
2.1.6. A fitoplazmák kimutatásának lehetőségei	19
2.2. A szilva levélbolha.....	20
2.2.1. A szilva levélbolha rendszertana, elterjedtsége, vektor szerepe.....	20
2.2.2. A szilva levélbolha morfológiája.....	21
2.2.3. Fejlődésbiológiája:.....	23
2.2.4. A szilva levélbolha tápnövényei, és azok hatása fejlődésére.....	23
2.2.5. A kórokozó felvétele és átvitele a szilva levélbolha életciklusának tükrében	25
2.2.6. A látás és az illatanyagok jelentősége.....	27
2.3. Védekezési lehetőségek	28
2.3.1. A kórokozó elleni védekezés lehetőségei	28
2.3.2. A szilva levél bolha elleni védekezés lehetőségei	30
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	32
3.1. Boldogkőváraljai kajszi ültetvények fertőzöttségi tünetek alapján történő felmérése	32

3.2. Kajszi barackról származó ESFY fitoplazma izolátum szekvencia vizsgálata.....	34
3.3. Szilva levélbolha és más levélbolha fajok gyűjtése fenyőfélékről.....	36
3.4. Levélbolhák gyűjtése a szilva levélbolha rajzási időszakában	37
3.5. Levélbolhák határozása.....	41
3.6. Szilva levélbolhák fertőzöttségének és biotípusának vizsgálata.....	41
3.6.1. Fertőzöttség vizsgálata.....	43
3.6.2. Biotípus vizsgálata.....	44
3.7. Ragacs lapos kísérlet	45
4. EREDMÉNYEK.....	49
4.1. Kajszi ültetvények fertőzöttségi tünetek alapján történő felmérése (1. célkitűzés)	49
4.2. Kajszi barackról származó ESFY fitoplazma izolátum szekvencia vizsgálata (2. célkitűzés)	52
4.3. Szilva levélbolha és más levélbolha fajok gyűjtése fenyőfélékről (3. célkitűzés)	53
4.4. Levélbolhák gyűjtése a szilva levélbolha rajzásának időszakában (4. célkitűzés)	56
4.5. Szilva levélbolhák fertőzöttségének és biotípusának vizsgálata (5. célkitűzés) ..	59
4.5.1. Fertőzöttség vizsgálata (2018-ban).....	59
4.5.2. Biotípus vizsgálata (2018-ban).....	63
4.6. Ragacs lapos kísérlet (6. célkitűzés)	64
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	70
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	74
7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK.....	77
8. ÖSSZEFOGLALÁS	80
9. SUMMARY.....	82
10. IRODALOM.....	84
11. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN	107
12. NYILATKOZATOK	111
13. MELLÉKLETEK.....	112
Köszönetnyilvánítás.....	122

1. BEVEZETÉS

1.1. A téma jelentősége

A Kína mérsékelt égövi területéről származó kajszibarack (*Prunus armeniaca* L.) (Rosaceae) népszerű gyümölcsfaj. Hazai termesztése több évszázados hagyományokra tekint vissza. Valószínűleg a mediterráneumi területekről érkezhetett hazánkba (Szalay, 2004). Termesztése során a török hódoltság időszakának volt fontos szerepe, amikor három termesztőkörzete alakult ki: Kecskemét környéke, Tolna megye és Gönc környéke. A következő nagyobb fellendülési időszaka Mária Terézia uralkodásának idején következett be, amikor az alföldi homokterületeken is termesztetni kezdték, főként a futóhomok megkötésének elősegítésére (Surányi, 2003). Mára hazánkban nyolc nagyobb termesztő körzete alakult ki (Balaton, Mecsek, Velencei-tó, Buda, Pest-Gödöllő, Mátra-Bükkalja, Duna-Tisza és Gönc), melyek közül a gönci és a környékén lévő ültetvények a legjelentősebbek. A gönci és boldogkőváraljai ültetvények adják az országos termés közel 40%-át (Bolyki, 2009). A kajszitermesztés az 1990-es évektől hazánkban csökkenő tendenciát mutat. Ebben a csökkenő tendenciában kulcsszerepet játszik a csonthéjasok európai sárgulása (sárgasága) betegség. A betegség megjelenése következtében 2009-re 133 hektár kajszist számoltak fel (ekkor a betegséget okozó fitoplazmát, még karantén kórokozóként tartották számon), így mintegy 177 millió forintnyi részleges kártérítést kellett a hatóságoknak kifizetnie a gazdálkodók számára. Mára a kórokozó már nem esik karantén besorolás alá (Horváth, 2010). A kajszitermesztésben bekövetkezett veszteségeket tovább árnyalja, hogy a 2007-es évről 2012-re a kajszitermőterületekben 24%-os csökkenés történt. 2015-re történt némi növekedés (5235 ha), a tendencia a 2017-es évig is kitartott (5404 ha). Ez a terület 2019-re azonban 4991 ha-ra esett vissza. 2020-ra a termőterület újabb növekedésen ment keresztül, és 5939 ha-t tett ki (KSH, 2022). Ebben az évben az összes betakarításra került mennyiség (10623 tonna) jócskán elmarad a korábbi 45 ezer tonnás országos termésmennyiségektől (FAO, 2019). A kajszitermesztés ilyen mértékű csökkenésének, és a termőterület csökkenése hátterében a már említett fitoplazma által okozott megbetegedés is jelentős tényező.

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, amelyhez hasonló tünetekért Észak-Amerikában az úgynevezett

western-X-disease ('*Candidatus* Phytoplasma pruni'; 16SrIII csoport) a felelős (Poggi-Pollini et al. 2001). Az ESFY egy epidémiás betegség, ami széleskörűen elterjed, ha a környezeti tényezők megfelelőek és a vektor (szilva levélbolha - *Cacopsylla pruni* Scopoli, 1763 - Carraro et al. 1998), valamint a gazdanövény is jelen van (Carraro – Osler, 2003). 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 termesztett gazdanövénykörön kívül, nagy jelentősége van a vadon előforduló *Prunus* fajoknak is, mivel ezek nem csupán a betegségnek, de a vektornak is rezervoár növényekként szolgálnak. Súlyosbítja a helyzetet, hogy ezeken a növényeken a fertőzés sokszor tünetmentes marad (Morvan, 1977; Carraro et al. 2002). A *Prunus* fajokon kívül, a kórokozót megtalálták keleti ostorfában (*Celtis australis* L.) (Ulmaceae), magas kőrísben (*Fraxinus excelsior* L.) (Oleaceae), vadrózsában (*Rosa canina* L.) (Rosaceae) (Jarausch et al. 2001b) és szőlőben (*Vitis vinifera* L.) (Vitaceae) (Varga et al. 2000). Ezeket a növényeket „vakvágány” (dead-end hosts) gazdanövényeknek tekintik, amelyekről a kórokozó nem tud tovább terjedni, vagy annak módja nem ismert (Jarausch et al. 2001b).

A kórokozó jelentős gazdasági károkat okoz a kajszibarack, japánszilva, és őszibarack ültetvényekben (Desvignes – Cornaggia, 1982; Dosba et al. 1991; Marcone et al. 1996). Franciaországban évente a kajszifák öt százaléka pusztul el a fertőzés következtében (Jarausch et al., 2001b). A legérzékenyebb kultúrákban, mint a japánszilva és a kajszibarack ez végső soron, a fertőzött fák akár 100%-os pusztulásával is járhat (Carraro – Osler, 2003). Törökországban, a fiatalon megfertőződött érzékeny fajtájú kajszifák és szilvafák a fertőzést követően 1-2 év elteltével kipusztultak (Gazel et al. 2009). A hazai csonthéjas ültetvényekben az átlagos fertőzöttségi arány 30-40%, de a fertőzött fák aránya egyes ültetvények esetében akár a 70%-ot is elérheti (Tarcali et al. 2014).

Mivel a fitoplazmák reduktív evolúción mentek keresztül, elveszítve számos olyan gént, amelyek egyes fontos anyagcsere folyamatokban játszanak szerepet (Oshima et al. 2004; Tan et al. 2021), esszenciálissá vált számukra a gazda szervezetre történő támaszkodás. A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' 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. Így hozzájuk köthető ismeretanyagunk csak közvetett, 12 ismert teljes genomszekvencia (Oshima et al. 2004; Wei – Zhao, 2022; Shigeyuki – Yasuko, 2015)

és/vagy a beteg növények transzkriptomikai (azaz genomról átíródó RNS molekulák vizsgálata) (Wang et al. 2018; Gai et al. 2018; Fan et al. 2015 a, b), proteomikai (azaz fehérjék teljeskörű, összetett minőségi és funkcionális vizsgálata) (Dong et al. 2016; Dermastia et al. 2017) és metabolomikai (azaz anyagcsere termékeket érintő vizsgálatok) (Gai et al. 2014; Fan et al. 2015 c) vizsgálati eredményeiből levont következtetések együttese áll rendelkezésünkre.

Klímánk folyamatosan változik, és ez a változás napjainkban felgyorsult, a globális felmelegedés hazánkban is egyre melegebb éghajlatot eredményez. Emiatt, a fitoplazmás megbetegedések előfordulásának növekedésére lehet számítani, mivel ez a folyamat kedvez a melegkedvelő fitoplazma vektorok számára (Hogenhout et al. 2008).

A fitoplazmás megbetegedések ellen még mindig nincs gyógyító kezelés, így az ellenük való védekezés legfontosabb módszere mai napig a megelőzésben rejlik. A kórokozó és vektora elleni integrált szemléletű védekezési lehetőségek megtalálása és fejlesztése kulcs fontosságú a jövőben.

1.2. Problémafelvetés

Mivel a betegség igen gyors, robbanásszerű terjedésre képes, és megbetegedett fák gyógyítására még mindig nem áll rendelkezésünkre megfelelő módszer, így a terjedésének megállításához a kulcs a megelőzés. Egészségünk és környezetünk tudatos védelmének érdekében minél inkább az okszerű, integrált szemléletű védekezési módszerek irányába kell elmozdulnunk. Ehhez azonban nagyon fontos mind a kórokozó, mind a vektor minél pontosabb ismerete, és biológiájuknak megértése. A vektor esetében – ahogyan a kórokozóéban is – még nagyon sok hiányzó elemet kell megtalálnunk, ahhoz, hogy egy ilyen módszert kifejleszthessünk. Ilyen elem többek között a látás, az illatanyagokra adott válaszreakciók, a tápnövény megtalálásának pontos mechanizmusa, és a tápnövényváltás okainak feltárása. Ezek ismerete és megértése elengedhetetlen a megfelelő védekezési módszerek kifejlesztéséhez.

1.3. Az értekezés célkitűzései és a kutatás hipotézisei

(1.) Célkitűzés. Az első célkitűzés, a boldogkőváraljai kajszai ültetvények fertőzöttségi tüneteinek felmérése volt. Ehhez, a tünetek súlyosságának megfelelően egy öt fokú skálát

alkalmaztunk. A tüneti felmérést két különböző kajszii ültetvény egészén végeztük el, 2018.09.13. és 2018.09.24. között.

(2.) Célkitűzés. A kórokozó esetében fontos, az adott területen megjelenő fitoplazma törzs és virulenciájának minél pontosabb ismerete. A második célkitűzésünk ennek megfelelően az volt, hogy beazonosítsuk a Boldogkőváralja térségében lévő (kísérleteinkhez kapcsolódó) kajszii ültetvény fertőzött fáiban található 'Candidatus Phytoplasma prunorum' törzset.

(3.) Célkitűzés. A szilva levélbolha, mint a csonthéjasok európai sárgulása betegséget okozó 'Ca. Phytoplasma prunorum' vektora esetében, cél volt annak vizsgálata, milyen egyéb levélbolha fajokkal telelnek együtt a fenyőféléken.

(4.) Célkitűzés. Negyedik célkitűzésünk 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.

Abból kiindulva, hogy a *Prunus* fajok esetében többen is úgy találták, hogy a *Cacopsylla pruni* (Scopoli, 1763) (Psyllidae) mellett a *Cacopsylla melanoneura* (Förster, 1848) (a 'Candidatus Phytoplasma mali' vektora) is gyakori faj (Lethmayer et al. 2011; Jarausch et al. 2009, Tedeschi et al. 2008), és életciklusa jól ismert, párhuzamba állítom majd a két fajról a vizsgálatok során talált eredményeket. Ez az összehasonlítás segíthet a szilva levélbolha viselkedésének megértésében, és ezáltal az ellene való jobb védekezési módszerek kidolgozásában. Célunk az olyan hiányzó ismeretek megszerzése, amelyek elősegíthetik az okszerű védekezési módszerek kifejlesztését.

(5.) Célkitűzés. Az ötödik célkitűzésünk a szilva levélbolha biotípusának és fitoplazma fertőzöttségének vizsgálata volt.

(6.) Célkitűzés. A vektor vonzásában szerepet játszó színek vizsgálata. A sárga színt széleskörűen alkalmazzák levélbolhák gyűjtésére (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 alkalmaztam a szilva levélbolha gyűjtésére sárga színű ragacslapokat (Bodnár et al. 2017), de a továbbiakban szerettem volna megvizsgálni, hogy van-e olyan színcsapda, ami hatékonyabb vonzó hatást gyakorol rájuk.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A kórokozó

2.1.1. A fitoplazmák kutatásának története, rendszertani osztályozásának alakulása

Az egyes fitoplazmák által okozott vireszcencia betegséghez hasonló tüneteket már a Song dinasztia idején (Kína, 960-1227) megfigyeltek peóniákon (Peonaceae) és udvari festők (pl. Zhao Chang: Tree Peony című selyem festménye, 10. század) le is festették (Wang – Maramarosch, 1998), megfigyelték torzult portokjaikat, bibéjükét, valamint arról is beszámoltak, hogy az ilyen növények nem hoznak magot (Yu, 1980 cit. Wang – Maramarosch, 1998).

A fitoplazmás megbetegedésekre jellemző tüneteket mutató növényekről az első tudományos feljegyzést a francia Chabrolin (1924) készítette az „apoplexiás gyengülés”-ről, majd Japánban, Ishiie (1965) az eperfa-törpülés betegségről számolt be. A betegség kórokozóját, először vírusnak gondolták (Kunkel, 1926). Doi és munkatársai fedezték fel 1967-ben, egy beteg eperfa elektronmikroszkópos vizsgálatakor a rostacsövekben azt a kis átmérőjű (80-800 nm), pleomorf alakú mikoplazmákra hasonlító, sejtmembránnal körülvett egysejtű szervezetet, ami az MLO (mycoplasma-like organism) nevet kapta (Doi et al. 1967). 1934-ben olaszországi területeken a japán szilva és a kajszii „apoplexiás gyengüléséhez” hasonló tüneteket mutató szilva (Goidanich, 1934 a), cseresznye és kajszii fák leptonekrózis nevet viselő betegségét figyelték meg, melyet akkor még vírus eredetűnek gondoltak (Goidanich, 1934 b). Ezzel egyidőben hazánkban Schilberszky Károly már behatóan foglalkozik a kajszii gutaütés betegséggel, melyet számos kórokozó, vagy akár azok együttes fertőzésének tulajdonít (Schilberszky, 1913; Schilberszky, 1934). Morvan és Castelain (1965) azt feltételezték, hogy a *Prunus* nemzetséghez tartozó növényeken kialakult betegségekért ugyanaz a kórokozó lehet felelős. Később Morvan, miután 1973-ban elektronmikroszkóppal beteg kajszikat vizsgálva ugyanolyan szervezeteket talált, mint korábban Doi és munkatársai, már úgy vélte, nem vírus, hanem MLO okozza ezeket a betegségeket (Morvan, 1977; Morvan et al. 1973).

Az 1980-as évek kezdetéig a kórokozó jelenlétének megállapítása a megbetegedett növényekben, olyan módszereken alapult, mint a tüneti megfigyelés és a rovar vagy aranka/oltás útján történő átviteli kísérletek gazdanövényekre. Magát a kórokozót

transzmissziós elektronmikroszkóppal és DAPI (DNS-hez kötődő festék, ami láthatóvá teszi a DNS-t mikroszkópos vizsgálat során) festést követő fluoreszcens mikroszkópos vizsgálattal mutatták ki (Chiýkowski, 1991; Errampalli et al. 1991; Lee – Davis, 1992).

Ezek a módszerek nem voltak alkalmasak arra, hogy a kórokozókat megkülönböztessék egymástól, csak azt tudták megállapítani, hogy a növényeket mikoplazma-szerű szervezetek, ún. MLO-k (mai nevükön fitoplazmák) fertőzték meg. A molekuláris biológiai módszerek fejlődésének köszönhetően, az 1990-es évektől lehetővé vált a kórokozó DNS-ének direkt kimutatása (Deng – Hiruki, 1991; Lim – Sears, 1989; Kirkpatrick et al. 1987; Deng – Hiruki, 1990). Ez nem a fitoplazma DNS direkt különválasztását jelenti, inkább jellemzően a fitoplazma DNS-ének nagyobb mértékű feldúsítását a növény DNS-éhez viszonyítva, mivel sok esetben a fitoplazma nagyon kicsi és eltérő koncentrációban van jelen a növény egyes részeiben (Kollar – Seemüller, 1989). Így már elkészülhetett a kórokozócsoport filogenetikai besorolása (Namba et al. 1993a; Kuske – Kirkpatrick, 1992; Lee et al. 1993a; Chen et al. 1994).

A 16SrRNS és más háztartási (housekeeping) gének – amelyek minden sejtben állandó szinten, folyamatosan kifejeződnek – szekvenciaanalízise alapján az MLO-k a *Mollicutes* osztály tagjai, de közelebbi rokonságot mutatnak az *Acheloplasma* fajokkal, mint a *Sprioplasma* fajokkal, vagy az állat és humánpatogén mikoplazmákkal (Lim et al. 1992; Namba et al. 1993b; Oshima – Nishida, 2007).

1993-ban összeült az International Committee on Systematic Bacteriology Subcommittee on the Taxonomy of Mollicutes bizottság, ami az MLO-kat fitoplazmáknak nevezte el (phytoplasma: angol-görög; phüton- növény és plazma- lágy, kocsonyás, élő anyag) (Kövics, 2009), így nevük már utalt arra, hogy ezek a mikroorganizmusok növényeket betegítenek meg (Gundersen et al. 1994). Murray és Schleifer (1994) munkásságának köszönhetően, megszületett a '*Candidatus*' (jelölt) kategória, melyet olyan átmeneti prokarióta csoportokra használnak, melyekről a szekvencia ismerete mellett több információ áll rendelkezésre (anyagcsere folyamatok, struktúrájuk, szaporodásuk, természetes előfordulásuk, vektoraik), de a Koch posztulátumok alapján nem lehet megvalósítani leírásukat – azaz, jól jellemezhetők, de biztonsággal nem tenyésztethetők. Ezt a taxonómiai kategória javaslatot az IRPCM (9th Congress of the International Organization of Mycoplasmaology (1992), the Phytoplasma Working Team of the International Research Project for Comparative Mycoplasmaology) is elfogadta (IRPCM, 2004).

1997-ben egy magyar-német kutatócsoport közös munkájának nyomán fény derült arra, hogy a hazánkban gutaütés tüneteket mutató kajszifák jelentős hányadában a betegséget, nem a korábban gondolt kórokozók, (Klement et al. 1972; Rozsnyay – Klement, 1973; Rozsnyay, 1977), hanem fitoplazmák okozzák (Viczián et al. 1997).

Ezt követte az a felfedezés, miszerint a csonthéjasok európai sárgulását (European stone fruit yellows, ESFY) okozó fitoplazmát ('*Candidatus Phytoplasma prunorum*') a szilva levélbolha (*Cacopsylla pruni*) terjeszti (Carraro et al. 1998).

Miután az első fitoplazma-specifikus primer párokat megtervezték (Deng – Hiruki, 1991; Ahrens – Seemüller, 1992), a technológia gyors fejlődésének, és később a számos univerzális és specifikus primernek köszönhetően (Namba et al. 1993 a, b; Jarausch et al. 1994; Marcone et al. 1997) a PCR-amplifikáció kulcs szerepűvé vált a fitoplazmás megbetegedések kimutatásában. Az egyik leggyakrabban használt génszekvencia, a 16SrRNS, és más szekvenciák segítségével eddig 34 riboszómacsoportot, és több, mint 200 alcsoportot azonosítottak (ezek több, mint 700 növényfajt képesek kolonizálni). E csoportok esetében más konzervatív géneket is használtak annak érdekében, hogy az osztályozást megerősítsék, az osztályok közötti eltérést pontosítani tudják (Lee et al. 1993 a, b; Lee et al. 1998; IRPCM, 2004; Bertaccini – Lee, 2018). 2018-ig 44 '*Candidatus Phytoplasma*' fajt írtak le (Sawayanagi et al. 1999; Miyazaki et al. 2018). A napjainkra hivatalosan közzétett '*Candidatus Phytoplasma*' fajok közül 49-nek az ismertetését Bertaccini és munkatársainak munkájában tekinthetjük át (Bertaccini et al. 2022). Mára ezeket a módszereket széleskörűen alkalmazzák, mind a rovar vektorokból, mind a növényekből történő fitoplazma kimutatására és azonosítására (Bertaccini et al. 2019).

A hazánkban előforduló fitoplazmás betegségekről és azok vektorairól számos tanulmány született:

A '*Ca Phytoplasma prunorum*' előfordulását hazánkban molekuláris biológiai módszerekkel igazolták (Süle et al. 1997; Mergenthaler, 2004). A kórokozó által okozott betegség előfordul többek közt Budapest környékén, Pest, Fejér, Somogy, Bács-Kiskun és Borsod-Abaúj-Zemplén megyékben is (Mergenthaler, 2004) (1. táblázat). A kajszi barackon kívül, a betegség más csonthéjas fajokon is előfordul hazánkban: például őszibarackon, meggyen és cseresznyén is (Tarcali et al., 2020). (1. táblázat, 4. számú melléklet 1. ábrája).

A kajszi ültetvényekben előforduló kabócákkal, mint lehetséges vektorfajokkal is foglalkoztak (Dér, 2005).

A levélbolhákat többen vizsgálták, elterjedtségük szempontjából (Ripka, 2010; Ripka – Kiss, 2008; Kontschán et al. 2021) vektorokként mind elterjedtségüket, mind fertőzöttségi arányukkal (Lepres et al. 2018; Horváth, 2017) (1. táblázat, 4. számú melléklet 1. ábrája).

Az ESFY mélyebb megismerésével, és hazai terjedésével (Viczián et al. 2017; Ott et al. 2019), valamint más fitoplazmás megbetegedésekkel (szőlő fitoplazmás betegségei - Varga et al. 2000; amerikai lepkekabóca – *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830), mint az Aster Yellow's betegség új vektora - Mergenthaler et al 2020) is többen foglalkoznak hazánkban. Csakúgy, mint a kajszisok növényvédelmével, kitérve a fitoplazmára is (Pénzes, 2019).

1. táblázat: A *Cacopsylla pruni* és az ESFY Kárpát-medencei elterjedtsége (publikált adatok)

<i>Cacopsylla pruni</i> elterjedtsége	ESFY elterjedtsége
Baranya megye (Pécs, Pellérd)	-
Borsod-abaúj-Zemplén megye (Boldogkőváralja, Arka, Bekecs, Forró, Gönc, Hidasnémeti, Legyesbénye, Rátka, Tarcal)	Borsod-Abaúj-Zemplén megye (Abaújkér, Bekecs, Boldogkőváralja, Göncruszka, Legyesbénye, Monok, Rátka, Vizsoly, Bükkaranyos)
-	Fejér megye (Székesfehérvár, Tordas)
Győr-Moson-Sopron megye (Arabonna autópálya pihenőhely)	-
-	Hajdú-Bihar megye (Debrecen-Pallag, Hajdúdorog)
Heves megye (Verpelét, Mátra)	-
Nógrád megye (Mátra)	-
Pest megye (Buda, Budakeszi, Budapest II és XIX kerület, Julianna-major, Soroksár, Sós-kút)	Pest megye (Budakeszi, Budafok, Érd, Pomáz, Szigetcsép)
Románia (Nagyvárad, Peér, Tasnád)	Románia (Biharpüspöki)
Somogy megye (Balatonvilágos, Nagyszakácsi, Somogytúr)	Somogy megye (Balatonvilágos, Karád, Somogytúr)
Szabolcs-Szatmár-Bereg megye (Nyíregyháza autópályapihenő)	Szabolcs-Szatmár-Bereg megye (Nyíregyháza)
Szlovákia (Bártfa, Farkasd, Gerencsér, Kassa, Körtvélyes, Nagymihály, Rajecz, Trencsén, Varannó)	-
Vas megye (Vásárosmiske)	-
Veszprém megye (Paloznak)	Veszprém megye (Paloznak)
-	Zala megye (Zalaegerszeg)

Magyarázat: ahol nincs említett adat azt '-' jellel jelöltem.

2.1.2. Fitoplazmák felépítése és szerkezete

A 'Candidatus Phytoplasma' fajokhoz tartozó kórokozók (*Mollicutes: Achleplasmatales*) egyetlen sejtből álló prokarióták, filogenetikailag az alacsony G+C tartalmú Gram-pozitív baktériumok rokonai (Weisburg et al. 1989). Sejtüket nem szilárd sejtfa határolja – mint a növények esetében – hanem egyetlen három rétegű, 10 nm vastagságú citoplazmahártya (ami megengedi nekik, hogy rendkívül variábilis alakot vegyenek fel, és alkalmazkodni tudjanak a környezetükhöz). Sejtközepükön sötét színű, fonalas szerkezetű, erősen festődő DNS-ből álló magállomány található. A citoplazmahártyájukhoz közel, RNS-t tartalmazó riboszómák találhatóak (Florance – Cameron, 1978; Viczián et al. 1998b; Chapman et al. 2001). Alakjuk pleomorf (azaz változékonyságot mutató) (Doi et al. 1967). Előfordulnak közöttük kicsi, nagy, gömbölyű, erős elektrondenzitású (60-100nm), hengeres (150-1100 nm), és elágazó/szabálytalan formájúak (1-2 μ m - több μ m) is. Később, speciális elektronmikroszkópos vizsgálatok során új formákat is felfedeztek: elágazó, súlyzó, sarjadzó és hasadással osztódó (Marwitz – Petzoldt, 1978; Haggis – Sinha, 1978). Hirumi és Maramarosch (1973) megfigyelték, hogy a kis gömb alakú formákkal, inkább ősszel, míg az elágazó formákkal inkább a tavaszi időszakban lehet találkozni, a fertőzés kezdeti szakaszában. Átlagos átmérőjük 200-800 nm közé tehető (Ploaie, 1973; Lee – Davis, 2000). Chapman és munkatársai (2001) vizsgálataik során szintén változatos alakokról számoltak be: a pleomorf gömbölyded testeken kívül, nyúlványokkal rendelkező, fonál alakú, sarjadzó, hasadással éppen osztódó, valamint lánc-szerűen elrendeződött formákat is felfedeztek. Vizsgálatuk során, membránhoz kötött vakuólumokat és zárványokat, csak ritka esetekben találtak a sejten belül (Hirumi – Maramarosch, 1973; Douglas, 1993). A sejtet körülvevő citoplazmamembrán vizsgálatakor kiderült, hogy digitoninra rezisztens, a hipotóniás sóoldatokra pedig érzékeny (hasonlóan azokhoz a *Mollicutes* osztályba tartozó fajokhoz, amelyek nem igényelnek szterilt) (Lim et al. 1992).

2.1.3. Az ESFY betegség tünetei és a kimutatáshoz történő mintagyűjtés időpontjának megválasztása

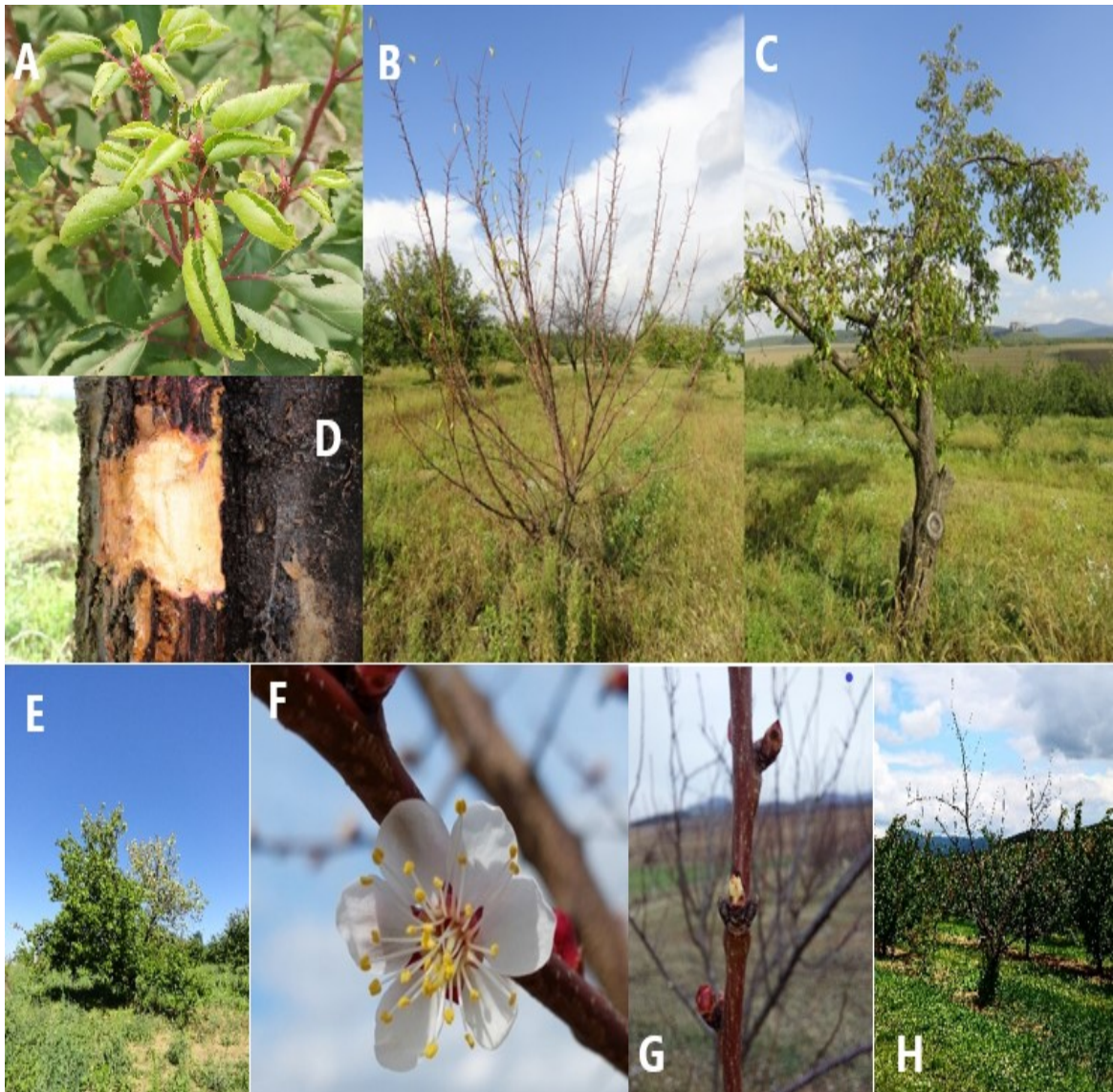
A 'Ca. Phytoplasma prunorum' kórokozó a növény téli nyugalmi időszakában a gyökerekben és a föld feletti részekben is megtalálható limitált mennyiségben (ennek oka a nyugalmi időszakban is megtalálható funkcionális rostaelemek a csonthéjas

gyümölcsfák esetében) (Seemüller et al. 1998), ellentétben az alma és a körte fitoplazmás megbetegedéseknél találtakal, ami a nyugalmi időszakban a patogén teljes eltűnésével jár a növény föld feletti részeiből (aminek oka a rostaelemek degenerálódása lehet az alma és körtefák esetében a nyugalmi időszakban) (Seemüller et al. 1984). Nagyon ritka esetekben az alma boszorkányseprűsödését okozó kórokozót, megfigyelték másodlagos rostaelemekben (Seemüller et al. 1984). Az alma és körtefákban a funkcionális rostaelemek teljesen degenerálódnak a nyugalmi időszakra (Evert, 1960, 1963) ami kedvezőtlen feltételeket jelent a kórokozó számára, ezáltal csak abban az esetben marad a fák föld feletti részeiben, ha az előzőleg már említett másodlagos rostaelemek jelen vannak. Fás növényekben a fitoplazma koncentrációja tehát szezonálisan változó. Így a tünetek alapján történő mintagyűjtés időpontjának megválasztásakor ezt figyelembe kell vennünk. A gyökerekből jellemzően az év bármely szakaszában vehetünk mintát fitoplazma kimutatásához, míg a föld feletti részeket sok esetben csak a tavasszal újra képződő rostaelemek megjelenésekor a gyökér felől újra kolonizálódást követően érdemes vizsgálni (így a föld feletti részekből a kimutatást legértelmesebb nyár vége felé elvégezni) (Errea et al. 2002).

Kajsziabarack esetében a tünetek megfigyelésére két időpontban is érdemes időt szánni, az első a téli időszak vége, ilyenkor a levélrügyek hamarabb történő megindulását, és a szezon előtti virágzást érdemes ellenőrizni. A második időpont pedig a nyári időszak, amikor a levélkanalásodás, sárgulás tüneteit ellenőrizhetjük (Ermacora – Osler, 2019).

Kajsziabarack esetében a tünetek főként a leveleken és hajtásokon jelentkeznek. Erősségük függ a növényfajtól, az alanytól, a nemestől, a kórokozó törzs virulenciájától, a fa korától, a patogén koncentrációjától, és a vektor populáció nagyságától (Seemüller – Foster, 1995; Kison – Seemüller, 2001; Thébaud et al. 2006). A legtöbb *Prunus* fajon megfigyelhető egyik legkarakterisztikusabb tünet a korai rügyattanás, valamint a virágzás időpontjától korábban hozott levelek (Ezek a tünetek általában az enyhébb telken figyelhetők meg). Nyáron a levelek sárgulnak, kanalásodnak (színük felé), a hajtások és ágak elhalnak, a betegség következtében a fák nagyon hamar kipusztulnak (Jarausch et al. 2008). Bizonyos esetekben a levelek sárgulása elmarad, színük haragoszöld lesz, merevek és pattanva törnek. A virágok esetében jellemző (bár ritkábban látható tünet), hogy öt szíromlevél helyett, a beteg fák 6-8 szíromlevelű virágokat is hoznak (1. ábra). A háncsszövet előbb sárgásan elszíneződik, majd be barnul. Ha a kórokozó körben elpusztítja a háncsszövetet, a fa gutaütés-szerűen, hirtelen elpusztul, ám a pusztulást nem

kíséri mézgaképződés. A betegség az ültetvényekben körkörös terjed, ami a vektor viselkedésével állhat összefüggésbe (Mergenthaler, et al. 2004; Carraro et al. 1998).



1. ábra: 'Ca. Phytoplasma prunorum' fertőzés megfigyelt tünetei kajszibarackon (forrás: saját fotók).

A) levél kanalasodás tünet. B) hirtelen gutaütés szerű elhalás tünet. C) lassú lefolyású, részleges száradás tünet. D) háncs elszíneződés tünet. E) részleges sárgulás tünet. F) rendellenesen fejlődő, hat szirmlevelet hozó virág tünet. G) a virágzás időpontjától korábbi levélfakadás tünet. H) gyors lefolyású száradás tünet.

A betegség tünetei japán szilván (*Prunus salicina* Lindl.) hasonló a kajszin lévő tünetekhez, de kevésbé jellegzetesek: a fertőzés hatására a levelei kisebbek lesznek, vörös elszíneződés figyelhető meg rajtuk (Seemüller – Foster, 1995).

Fertőzött őszibarack (*Prunus persica* L.) fákön a tünetek a fajta változatoktól függenek: fehér húsú változatok esetén vöröses kanalasodó levelek vannak a nyári-kora őszi

időszakban (Seemüller – Foster, 1995) ezzel szemben a sárga húsú változatokon sárgulás tüneteket figyelhetünk meg a kanalasodás mellett.

Mandula fertőződése esetén a betegség tünetei, még kevésbé ismertek. Nyugalmi időszakban hozott új hajtásokat, és a virágzástól történő korábbi kileveledést figyeltek meg fertőzött fákon, a lombvesztés gyakran már a nyári időszakban elkezdődik (Ben Khalifa – Fakhfakh, 2011). A fák habitusa olykor bokorszerűnek hat (Viczián et al. 1998b).

A betegség nem okoz tüneteket kökényen (*Prunus spinosa* L.), a mirabolánon (*Prunus cerasifera* Ehrh.) és európai szilván (*P. domestica* L.), ami ettől függetlenül megfertőződik, és a vektor, valamint a kórokozó számára is rezervoár növényként szolgál (Viczián et al. 1998b).

2.1.4. A 'Candidatus Phytoplasma prunorum' törzsek és a megjelenő tünetek összefüggése

A kórokozó nagy genetikai változékonyságot mutat, és napjainkra számos törzse elkülönítésre került (Marcone et al. 2010). Ezeknek a jelentősége nem csak az általuk okozott tünetek változatosságában rejlik, hanem fertőzőképességükben is. A törzsek között megkülönböztetnek avirulens (fertőzőképességét elvesztett), és virulens (fertőzőképes) törzseket is. A fertőzőképes törzsek közt vannak úgynevezett hipovirulens (csökkent fertőzőképességű), és hipervirulens (nagyon erős fertőző képességű) törzsek. Ezek a virulenciabeli eltérések a törzsek által okozott tünetek súlyosságában is megmutatkoznak (Dosba et al. 1991). Néhány törzs arról ismert, hogy a megfelelő alany-nemes kombinációval társulva, korábbi hajtásnövekedést, és a rügyek korábbi időben történő pattanását idézik elő (Lorenz et al. 1994; Seemüller – Foster, 1995). Ezekben az esetekben jellemzően virulensebb törzs található össze az érzékenyebb gazdanövényvel (pl. Japanese Plum 1 törzs Japán szilva nemes találkozásánál, vagy Almond 5 törzs találkozásánál kajszinemes nemesével) (Kison – Seemüller, 2001). A csökkent virulenciájú törzsek, csak közepes lombtüneteket okoznak, és csökkent vigoritást, de nem okozzák a fa pusztulását. Ezzel szemben az erős virulenciájú törzsek súlyos tünetekkel és a fa pusztulásával járnak. A nemes gyakran súlyosabb tüneteket mutat, mint az alany. Az erős virulenciájú törzsszel történő fertőződés következtében, a floém nekrozisa jóval kiterjedtebb, mint a csökkent virulenciájú törzsek által okozott fertőzésnél (amiknél gyakran ez a tünet elmarad).

A hipovirulens (csökkent virulenciájú) és avirulens (fertőzőképességüket veszített) törzsek jelentősége abban rejlik, hogy számos alkalommal találtak példát, az ilyen törzsekkel fertőzött fák esetében arra, hogy ezek a fák abban az esetben, ha egy erősebb virulenciájú törzs megtámadná őket kevésbé fogékonyak rá. Ezért ezek a törzsek úgy is tekinthetők, mint ún. „védő törzsek”. Ezen törzsek ismerete fontos szerepet játszik a keresztrezisztencia kialakításának kutatásában (Cornaggia et al. 1995; Tibenszky KISS, 2015).

Az erős virulenciájú törzsek esetében őszibarack fáknál, majdnem minden esetben a fa pusztulásával járt a betegség lefolyása, míg kajszi fák esetén 100%-os fapusztulást figyeltek meg azokban az esetekben, amikor az Apricot 1 és Apricot 3 törzsek érzékeny alanyfajtákkal kerültek kapcsolatba (Kison – Seemüller, 2001). A meglepő azonban, hogy ezek az erős virulenciával rendelkező törzsek nem csak az érzékeny fajtákon okoztak súlyos tüneteket és pusztulást, hanem olyan fajták esetében is, amelyeket korábban toleránsként tartottak számon a betegséggel szemben, köztük a mirabolánnal (Morvan, 1977; Devignes – Cornaggia, 1982; Dosba et al. 1991).

A 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' hipovirulens törzs izolátumai, amelyek ugyanazzal az *aceF* szekvenciával rendelkeznek, feltételezhetően ugyanarra a monofiletikus eredetre vezethetők vissza (Osler et al. 2016), amelyekben az *aceF* A6 genotípus például Franciaországban, Németországban, Törökországban és Horvátországban igen gyakori (Danet et al. 2011).

2.1.5. A fitoplazmák tejedésének lehetséges módjai

A fitoplazmák terjedhetnek arankával (*Cuscuta campestris* Yunck.), amiken gyakran megfigyelhető a kórokozó által okozott virágdeformáció és a hajtások végének a torzulása (Ploaie, 1981). A kórokozó aranka rostacsöveiben való jelenléte, és az átviteli kísérletek sikeressége bizonyítja, hogy a fitoplazmák képesek az aranka rostacsöveiben is szaporodni (Carraro et al. 1991).

Terjedésük másik lehetséges módja, a fertőzött szaporítóanyaggal történő terjedés – ami lehetővé teszi a terjedés nem jellegzetes, a rovar viselkedéséből kialakuló mintázatot, hanem az adott ültetvénybe bekerülő nagymennyiségű, egyöntetűen fertőzött szaporítóanyaggal megjelenő nagy kiterjedésű gócpontok kialakulását. A kutatók ennek a terjedési módnak az előnyeit azonban fel tudják használni munkájuk során pl. az oltást,

amit fitoplazmák fenttartása során ma is alkalmaznak a növények közötti átvitelre (Szirmai, 1956).

A kórokozó gyökérkapcsoltsággal történő terjedésének vizsgálatára is történtek már kísérletek: hiszen a természetes gyökérkapcsolatok jól ismert jelenség, leggyakrabban erdei és trópusi fafajokon figyelték meg (Graham – Bormann, 1966). Ezeken a gyökérkapcsolatokon keresztül, nem csak a víz, de ásványi anyagok, növényi hormonok, gyomirtók és kórokozók intraspecifikus transzportja is lehetséges (Graham – Bormann, 1966; Epstein, 1978). Cicotti és munkatársai (2007) a '*Ca. Phytoplasma mali*' kapcsán úgy vélik, lehetséges annak gyökérhídon való terjedése. Hasonló következtetésre jutottak Baric és munkatársai (2008). Olaszországban azt vizsgálták kajszi fákön is fennáll-e ennek a lehetősége (Poggi-Pollini et al. 2007), ám ellentétben az előző, almafákön végzett kísérletek eredményeivel, kajsziarack esetében nem tudták alátámasztani ezt a lehetőséget.

Rovar vektorokkal történő terjedés kapcsán számos olyan kabóca fajt találtak (legtöbbjük a Sarkanytúskabócák (Deltacephalidae) család tagjai, de az Ulopidae, Cicadellidae, Agaliidae, Lassidae, Macropsidae, Gyponidae, Aphroidae, Tettigellidae, Cocolidiidae családokban is vannak vektor fajok), amelyek képesek a fitoplazmák átadására (Dér, 2005; Jarausch et al. 2001, a). A Western-x-disease nevű betegséget okozó fitoplazmának ('*Ca. Phytoplasma pruni*', amely Észak-Amerikában hasonló tüneteket okoz kajszin, mint hazánkban a '*Ca. Phytoplasma prunorum*') hatékony vektora a *Fieberiella florii* (Stal, 1864) kabóca fajt (Bonfils et al. 1976), amelyre a kajsziok növényvédelmi technológiája kapcsán Nagy–Pénzes (2017) is felhívja a figyelmet.

A 16SrX (almafa boszorkányseprűsödése) csoportba tartozó fitoplazma fajoknak a *Cacopsylla* génuszhoz tartozó levélbolhák a vektoraik (Jarausch et al. 2019). A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' fitoplazma vektora a szilva levélbolha (*Cacopsylla pruni* Scopoli, 1763) (Carraro et al. 1998).

A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' fitoplazma ültetvénybe való bejutásának lehetséges útvonalait vizsgálva Marie-Jeanne és munkatársai (2020) foglalkoztak azokkal az útvonalakkal, melyeken a kórokozó eljuthat az ültetvényekben lévő fákhöz. Munkájuk közben nyolc lehetséges útvonalat találtak erre. A nyolc lehetséges útvonal közül, három, a fertőzött szaporítóanyaghoz kötődik: I: fertőzött szaporítóanyag faiskolákból, II: fertőzött szaporítóanyag a közelben található más ültetvényekből, III: fertőzött szaporítóanyag ugyanabból az ültetvényből. A további öt lehetséges fertőzési útvonal, a vektorhoz kapcsolódó: I: fertőzött kajsziaról egészséges kajsziára történő átvitel új

generációs (még nem áttelelt levélbolhák). II: fertőzött vad *Prunus* fajokról egészséges termesztett *Prunus* fajra (még nem áttelelt levélbolha), III: fertőzött levélbolha áttelelést követően termesztett vagy vad *Prunus* fajra. IV: fertőzött levélbolha áttelelést követően termesztett *Prunus* fajokra többször egymást követően (ugyanúgy, ahogyan azt Maier és munkatársai (2013) korábban leírták), V: fertőzött levélbolha előbb vad *Prunus* fajokra, majd onnan a termesztettekre többször egymás után (Marie-Jeanne et al. 2020).

2.1.6. A fitoplazmák kimutatásának lehetőségei

A kórokozó kimutatásának első lépése, a DNS kivonása, mind a rovar vektorok, mind a növények esetében. Erre ma már számos, eltérő protokoll áll rendelkezésre (például fitoplazma dúsító kivonási eljárás: Ahrens – Seemüller, 1992; Kirkpatrick et al. 1995).

A módszerválasztásnál figyelembe kell venni például: a növényi szövetekben lévő másodlagos anyagcseretermékek – polifenolok, poliszacharidok – mennyiségét, ami gátolhatja a későbbi reakciók megfelelő lefutását. Ezek sokszor a fertőzött növényekben magasabb mennyiségben vannak jelen, mint az egészséges társaik esetében (Choi et al. 2004).

PCR-alapú technikák: Napjainkig számtalan általános és fitoplazma csoportra specifikus PCR és kvantitatív PCR (quantitative/Q-PCR, real-time-PCR-ként is ismert) alapú kimutatási módszert fejlesztettek ki. A 16S rRNS génszekvenciák PCR vagy nested PCR alapú amplifikálása során sokszor kaphatunk fals-pozitív eredményt (Bertaccini et al. 2019). Amit azzal küszöbölnek ki, hogy a vizsgálatokat gyakran kiegészítik RFLP módszerrel, mivel a teljes restriktív fragment hossz polimorfizmus minta jellegzetes/egyedi minden egyes fitoplazma esetében, vagy a gének klónozásával, majd az ezt követő szekvencia analízissel (Lee et al. 1998).

További, fitoplazma kimutatására alkalmas molekuláris módszerek: A T-RFLP (terminal restriction length polymorphism), egyesíti a kimutatás és azonosítás folyamatát, a Q-PCR (quantitative-PCR, az RT-PCR (reverse transcription PCR) (Bertaccini et al. 2019). Az oligonukleotid próbákra alapuló DNS microarray módszer (Nicolaisen – Bertaccini, 2007).

A DNS barcoding (Hebert et al., 2003; Makarov et al., 2012), az NGS (next generation sequencing), a LAMP (loop mediated isothermal amplification) módszer (Notomi et al. 2000), és az RPA (recombinase polymerase amplification) (Lobato – O’Sullivan, 2018) módszer, valamint a ddPCR (digital droplet PCR) (Mehle et al. 2014).

2.2. A szilva levélbolha

2.2.1. A szilva levélbolha rendszertana, elterjedtsége, vektor szerepe

A levélbolhák (Psylloidea) csoportjához eddig mintegy 4000 leírt faj tartozik (Burckhardt – Querioz, 2020), ezek hat, jelenleg elismert családba lettek besorolva. Közülük számos faj fitoplazma vektorként is ismert (Mifsud et al. 2010). A *Cacopsylla* génuszhoz több, mint 100 leírt faj tartozik.

A szilva levélbolha (*Cacopsylla pruni*, Scopoli, 1763) jelenleg szintén a *Cacopsylla* génusz (Hemiptera: Psylloidea) tagja, Közép-Ázsiában és Európában elterjedt faj (Lauterer, 1999). Magyarországi előfordulásáról elsőként Horváth Géza tesz említést, mint *Psylla pruni* (korábban: *Chermes pruni*) (Horváth, 1885). A fajról 1998-ban derült ki, hogy a 'Candidatus Phytoplasma prunorum' fitoplazma vektora, és szerepet játszik az ESFY terjedésében (Carraro et al. 1998).

A fajnak két biotípusa (A és B) van (Sauvion et al. 2007; Peccaud, et al. 2013), amelyek közös őstől származhatnak, szétválásuk 40-50 M évvel ezelőtt történhetett (illetve azt sem zárják ki, hogy az A biotípus lehet az ősbibb, amelytől elvált a B biotípus). A két biotípus elválásának oka egy gazdaugrás lehet a Rosaceae család erős diverzifikációjának következtében (Shi et al. 2013; Liu et al. 2019; Li et al. 2021). Úgy vélik, a biotípusok más-más irányban kezdték meg terjeszkedésüket a mai Franciaország területéről: míg az A biotípus Spanyolország felé, addig a B biotípus kicsivel később kelet felé kezdte meg terjedését. A két biotípusnak átfedő populációi alakultak ki Franciaországban, amelyek idővel demográfiai expanzió mentek keresztül a szétválást követően, majd az utóbbi időkben populációik összességében zsugorodtak (fajtól függően 3-10 millió évvel ezelőtt és 16 000 évvel ezelőtt) (Sauvion – Darnis, 2022). Az A biotípus egyedei inkább az 5 tús fenyőket, míg a B biotípus egyedei a fenyőkön belül jellemzően inkább luc fajokat részesítik előnyben átteleléshez.

Hazánkból eddig, csak a B biotípust mutatták ki (Mergenthaler et al. 2017; Lepres et al. 2018). Mindkét biotípus képes vektorként átvinni a kórokozót. A *C. pruni* nemzetközi előfordulásáról Sauvion és munkatársai részletes összefoglalót adtak közre (Sauvion et al. 2021). Hazai, autópályák menti előfordulásáról egy említés van (Kontschán et al. 2021), míg *Prunus* fajokon, illetve fenyőféléken történő megjelenéséről többen adtak leírást (Ripka – Kiss, 2008; Süle, 2014; Péntes – Szalay, 2003; Kiss et al. 2015; Viczián

et al. 2017; Mergenthaler et al. 2017; Lepres et al. 2018; Péntes, 2019; Czibulyás et al. 2018).

2.2.2. A szilva levélbolha morfológiája

Az imágó (2. ábra, F ábrarész) színe élete folyamán – más levélbolha fajokéhoz hasonlóan – változik. Kezdeti világossárga színüket világos narancssárgán át tél végére sötétbarna, közel fekete szín váltja fel (Ossiannilsson, 1992; Lauterer, 1999; Burckhardt – Lauterer, 2009).

A hímek valamivel kisebb méretűek (2,52-2,71 mm), mint a nőstények (2,62-2,95 mm) (Ripka, 2010). A hártvás elülső szárny pár (ami hosszabb, mint 3 mm) nyugalmi időszakban, sátor/tető szerűn betakarja a duzzadt potrohot (Burckhardt – Lauterer, 2009). A szárny enyhén kiszélesedik a csúcsi harmada felé, csúcsa lekerekített (2. ábra, A ábrarész), a szárnyjegy (perostigma) hosszú, részben közel párhuzamos szélekkel, a rajta lévő apró tövisek/tüskék (spinules) sűrűn, szabálytalanul rendeződnek el. Erezetének színe megegyezik a hártvás szárny lemezeinek színével (Burckhardt – Lauterer, 2009; Burckhardt, 2010).

Szárnyának főbb erei határozóbélyegeket hordoznak. A Cu1-es könyökér elágazódó. A középér (media, M), és a könyökér (cubitus, Cu) egy közös résszel csatlakozik a sugárérhez (radius, R) (2. ábra, A ábrarész), (ellentétben a *Triozidae* fajokkal, akiknél ezek külön-külön kapcsolódnak a könyökérhez: 2. ábra, B ábrarészen látható módon (Hodkinson – White, 1979). A Cu1-es könyökér elágazása megtöri a szárny felső része felé (Burckhardt, 2010). A Cu1-es szárnysejt (ami a Cu1-es könyökér Cu1a és Cu1b ágak közé esik) általában alacsony (Burckhardt, 2010).

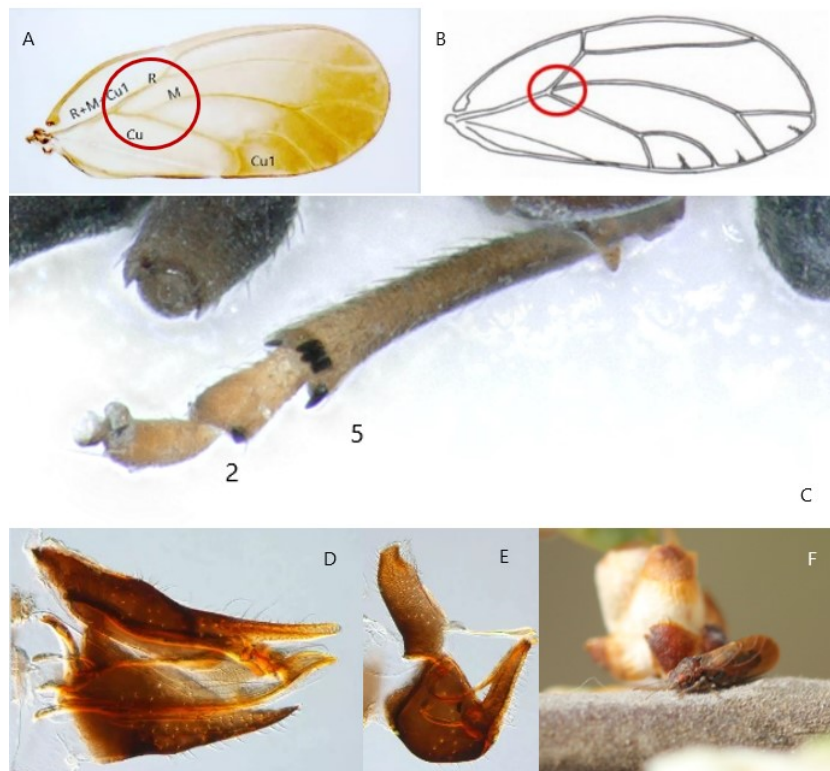
Harmadik lábpárjukon is fontos határozásra alkalmas jegyek találhatóak: a térd ízületén általában egy, míg a lábszár (metatibia) végén és a lábfej első ízén (metabasitarsus) génuszra jellemző – *Cacopsylla* génusznál: a lábfej első ízén kettő, a lábszáron pedig öt – számú tövis/sarkantyúk (spurs) vannak (2. ábra, C ábrarész) (Hodkinson – White, 1979; Burckhardt, 2010).

Csápjain: két szőröcske van, ami meghatározó (Scopoli, 1763), az összetett szemek előtt erednek, 1,45-szöröse a fej szélességének (Hodkinson – White, 1979).

Keresztmetszetük kör alakú, általában 10 ízből állnak, vékony, fonalas jellegűek, gyengén/alig szőrözöttek, az utolsó csápízen két hosszabb végsertével.

A nőstény 9. potrohszelvénye tojócsővé alakult át, ami mérsékelten hosszú, kúp alakú, a proctiger hasi oldala felé konkáv, vége felé elkeskenyedő, végén enyhén kihegyesedő. A szubgenitális lemez alulso része enyhén görbül (2. ábra, D ábrarész) (Ripka, 2010; Bruckhard – Lauterer, 2009).

A szilva levélbolha hímek potroha végén található az ivarfüggelék (paramere). Páros szerv, ami a szubgenitális lemezhez csatlakozik, és a nőstények párzás közben történő megfogására/tartására alkalmas, lemezes, egyenletesen elvékonyodik a csúcsa felé, és a fej felé görbül. A két ivarfüggelék között helyezkedik el a két ízből álló párzószerv (aedeagus), ami horog alakú vége felé kiszélesedő. A paramerek fölött, a 10. szelvényből módosult, csőszerű egyetlen tagból álló proctigert találjuk, a végén végbélnyílással (2. ábra, E ábrarész) (Ripka, 2010; Burckhardt and Lauterer, 2009).



2. Ábra: A szilva levélbolha határozó bélyegei.

Az elülső szárnyon a középér (M) és a könyökér (Cu) közös résszel kapcsolódik (bekarikázott rész) a sugárérhez (R) (A ábrarész). A Triozidae fajokra jellemzően ezek külön-külön kapcsolódnak a könyökérhez (bekarikázott rész) (B ábrarész). A *Cacopsylla* génuszra jellemző 5+2-es sarkantyús szám (C ábrarész). A szilva levélbolha nőstény ivarszerve (D) és a hím ivarszerve (E). Végül maga a szilva levélbolha (F).

2.2.3. Fejlődésbiológiája:

A faj váltivarú, megtermékenyítéssel (heteroszexuális) szaporodik (Ripka, 2010). A hímivarsejtek átadása párzással, közvetlen módon történik. A nőtény a tojásokat a levél mindkét oldalára lerakja, közel a főérhez és a levélnyelhez (Ossiannilson, 1992). A tojások pedicellével kapcsolódnak a levél bőrszövetéhez, amin keresztül nedvességet vesznek fel a növényből. A tojás és az imágó állapot között öt fejlődési stádium van. Az első négy stádiumot az angol nyelv lárvaként jelöli, az ötödik stádiumra azonban gyakran a nimfa (nymph) kifejezést használja őket (Ripka, 2010). Fokozatos átalakulással (paurometabolia) fejlődnek (Kristoffersen, 2003).

Úgy gondolták, évente egy generációja van (Ossiannilson, 1992), ám ez csak 2008-ban nyert bizonyítást (Thébaud, 2008).

A levélbolhák lárváira jellemző, hogy a kiszáradást elkerülendő fejlődési ciklusuk szinkronizálódik tápnövényük fejlettségi stádiumával (Hodkinson, 1974; Hodkinson, 2009).

Hodkinson (1974) még úgy gondolta, hogy tápnövény megtalálásukban és kiválasztásukban kémiai-gusztációs jelek segítik, ezzel szemben, mára fény derült arra, hogy a nagyobb távolságból történő tápnövény megtalálásában a látás és az illatanyagok érzékelésének is szerepet játszanak (Galleinger, 2020a; Cooper et al. 2010; Krysan – Horton, 1991; Farnier – Steinbauer, 2016). Ezt a folyamatot befolyásolhatja a terjeszkedés módja és távolsága is (széláramlatok, aktív repülés – aero-plankton) (Clark, 1962; Rasmy – MacPhee, 1970; Watmough, 1968b; Kristoffersen, 2013; Greenslade et al. 2021).

A faj imágó alakban telel át fenyőféléken (Ossiannilson, 1992).

2.2.4. A szilva levélbolha tápnövényei, és azok hatása fejlődésére

Prunus fajokhoz kötődő oligofág faj (Ossiannilson, 1992). A *Prunus* fajokon kívül, 1885-ben már feltételezték, hogy áttelelő növényein, fenyőféléken is táplálkozik (Horváth, 1885), ez a feltételezés azonban csak nemrégiben, 2018-ban nyert tudományos alátámasztást (Gallinger and Gross, 2018). A kísérlet során, arra is rávilágítottak, hogy bár az imágókra nincs különösebben negatív hatással ez a „diéta”, a lárvák és nimfa stádium egyedei nem tudnak fejlődni, és elpusztulnak, ha csak fenyőféléken tudnak táplálkozni (Gallinger and Gross, 2018).

Prunus fajokon belül, legnagyobb sűrűségben főként a *P. spinosa*, *P. cerasifera*, *P. domestica*, és *P. salicina* növényeken találták meg, melyek nem csak a szilva levélbolha, hanem az ESFY-t okozó fitoplazmának is rezervoár területként szolgálnak, bár ritkán, vagy egyáltalán nem mutatnak fertőzési tüneteket (Carraro et al. 2002, Jarausch et al. 2008). Kísérlet során Carraro és munkatársai felállítottak egy tápnövény hierarchiasort: kökény (*P. spinosa*) > szilva (*P. domestica*, *P. salicina*, *P. myrabolana*) >> kajszibarack (*P. armeniaca*) > őszibarack (*P. persica*) > mandula (*P. dulcis* Mill.) >> cseresznye (*P. cerasus* L.) (Carraro et al. 2004b). Érdekeség, hogy a *C. pruni* vonzódik a kajszifák tövében előtörő gyökérsarjakhoz, amin magasabb tojásrakási arányt, és így ez a kifejlődő új generáció nagyobb egyedszámának létrejöttét eredményezi (Labonne and Lichou, 2004).

Ritka esetben a szilvalevélbolha más növényeken is megtalálható: almán (*Malus domestica* Borkh.), birsalmán (*Cydonia oblongula* Mill.) és galagonya fajokon (*Crataegus* spp.) (Serçe et al. 2011). Morvaországi gyűjtésük során alkalmi tartózkodási helyül szolgáló növényeken (gyöngyajak – *Leonorus*, juhar – *Acer*, gyertyán – *Carpinus*, galagonya – *Crataegus*, fehérnyár – *Populus alba* L., kecskefűz – *Salix caprea* L., csigolyafűz – *S. purpurea* L.) is előfordult (Lauterer, 1999).

Levélbolhák esetében magával a táplálkozással okozott kár (közvetlen, amikor nem vektorként értékeljük) a lárvák és a nimfa esetében nagyobb, mint az imágók okozta kártétel (Annecke – Cilliers, 1963; Clark, 1963a; White, 1970b). Ennek oka valószínűleg az imágók esetén a mycetome (speciális szerv a rovarokban, amiben a velük szimbionta szervezetek pl. emésztést segítő baktériumok, „laknak”) visszafejlődése (Richards – Brooks, 1958). Habár az imágóknak kisebb szükségük van a nitrogénre, mint a fejlődésben lévő lárváknak, a tápnövényből felvehető nitrogénforrás (mennyiség és minőség, amit a floémből vesz fel) a nőstények tojásrakása miatt fontos (White, 1970b). Arra is vannak bizonyítékok, hogy a fiatalabb, életerősebb növények (floémnedv összetételük miatt) nagyobb levélbolha populáció kialakulását biztosítják, mint az idősebb növények (Catling, 1969a; Watmough, 1968a). Ez összecseng azzal a fitoplazmáknál (boszorkány seprűsödés és ellevelesedés tüneteket okozók) tapasztalható jelenséggel, ami során a kórokozó „belenyúl” a növény fejlődési menetébe, és több fiatal levél megjelenését generálja, ezzel növelve a vektor általi terjedés esélyét (Christensen et al. 2005).

2.2.5. A kórokozó felvétele és átvitele a szilva levélbolha életciklusának tükrében

A szilva levélbolha *Prunus* fajokon táplálkozik. Kora tavasszal, március közepe/vége-április táján telelőhelyükről nyári tápnövényükre migrálnak, ahol nyár elejéig, május vége-június eleje, található meg (Ossiannilsson, 1992). Ellentétben a *C. melanoneura* (Foerster, 1848) fajjal, amely a magasabban fekvő fenyvesekben áttelelve előbb alacsonyabban fekvő fenyőkre migrál, majd csak ezt követően települ át a nyári tápnövényre (Tedeschi, et al. 2002; Mayer – Gross, 2007).

A szilva levélbolha színe a *Prunus* fajokon töltött időszak elején sötét barna (Ossiannilsson, 1992). „Nyári” tápnövényeiken táplálkoznak, párzanak és tojást raknak (május eleje), majd a tojásból kikelő (május vége), és 5 fejlődési stádiumon átesett egyedekből az új generációs imágók lesznek (kora június), ám ezek színe még halványabb (Ossiannilsson, 1992; Ripka, 2010).

Ezt követően visszavándorolnak a telelőhelyükre (július eleje), a fenyőkre (Hodkinson et al. 1979; Ossiannilsson, 1992; Lauterer, 1999; Thébaud et al. 2009).

A nyári aestiváció/dormancia (ún. parapauza időszakban) bár történnek párosodások, azonban ezek során nem történik megtermékenyítés (Lauterer, 1999). Ennek normál időszaka kora tavasz (április) (Lauterer, 1999; Ripka, 2010).

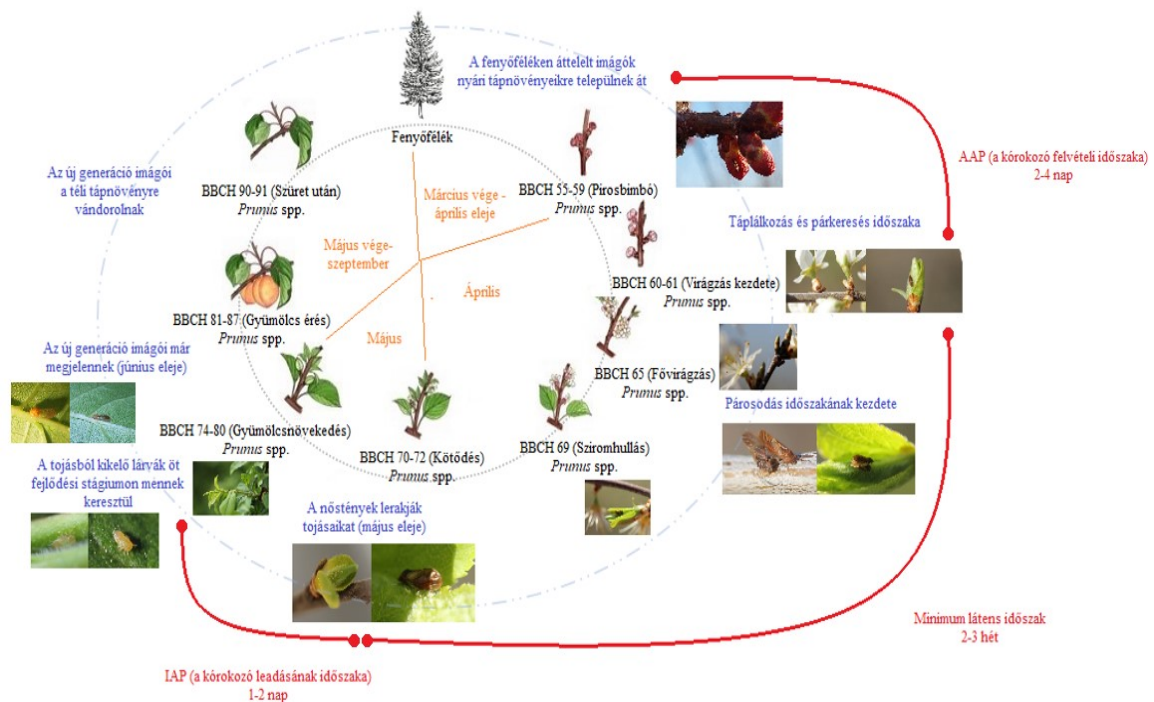
A csonthéjasok európai sárgulása (ESFY) betegség kórokozóját: a '*Candidatus Phytoplasma prunorum*'-ot átviteli kísérlettel is igazoltan, csak a szilva levélbolha terjeszti (Carraro et al. 1998; Jarausch et al. 2001a). Habár magát a kórokozót megtalálták más levélbolha és kabóca fajokban is – *Cacopsylla crataegi* (Schrank, 1801) (Czibulyás et al. 2018), *Cacopsylla affinis* (Löw, 1880) és *Cacopsylla peregrina* (Förster, 1848) (Tedeschi et al. 2009) *Synophropsis lauri* (Horváth, 1897) (Jarausch et al. 2001a), – ezek átviteli képességét kísérlettel nem igazolták, így csak hordozói a kórokozónak, nem pedig vektorai. A *Cacopsylla pruni*-ban megtalálták a '*Candidatus Phytoplasma asteris*' fitoplazmát is, azonban átviteli kísérletet ebben az esetben sem végeztek, így nem jelenthető ki, hogy másik fitoplazmának is vektora lenne a '*Ca. Phytoplasma prunorum*'-on kívül. Ebben az összefüggésben is csak az jelenthető ki, hogy hordozója a patogénnek (Varaibeda et al. 2018).

A megfertőzött szilva levélbolha abban az időszakban amíg a *Prunus* fajokon táplálkozik végig képes terjeszteni az EFSY kórokozóját, mivel mind az imágókról, mind a lárva alakokról kiderült, hogy képesek átadni azt az egészséges növényekre, és fertőzőképességük életük végéig megmarad (Carraro et al. 2004a; Carraro et al. 2001).

A táplálkozás során történő kórokozó felvétel időszaka (AAP, acquisition access period) kettő és négy nap közé tehető, a minimum látens időszak, vagyis ami eltelik addig, amíg a kórokozót át is tudja adni az egészséges növénynek kettő-három hét. A minimum leadási időszak (inoculation access period, IAP) – vagyis, ami ahhoz kell, hogy a kórokozót be is juttassa a növénybe táplálkozása közben – egy-kettő nap, így az az egyed, amely április–májusban találkozott a kórokozóval fertőzött növényvel, egy hónap elteltével már megfertőzheti az egészséges növényeket (Carraro et al. 2004a). A levélbolha a kórokozót perzisztens módon (minél hosszabb ideig táplálkozik fertőzött növényen, annál fertőzőbb lesz) viszi át (Carraro et al. 2001; Carraro et al. 2004a).

A fenyőkről visszaérkező, áttelelt egyedek fertőzőképessége igen magas (Carraro et al. 2004a) azonban egy tanulmány rávilágított arra, hogy a teljes időszakon, amikor felveszi a kórokozót, és már leadni is képes, csak kevés lárva tud végig menni, mielőtt imágóvá fejlődve a telelő helyre vándorolna (Thébaud et al. 2009). Carraro és munkatársainak (2004a) korábbi munkája azonban felhívja a figyelmet rá, hogy abban az esetben, ha magasabb lárva sűrűség van egy helyen, mégis képesek terjeszteni a fertőzést, mivel több fertőzött növényen táplálkozó lárva is beleszívogathat később, immár imágóként a növényekbe, még mielőtt visszatérnének a fenyőkre. Ezáltal hiába kisebb a fertőzést átvivő képességük áttelelés előtt, ebben az esetben velük is számolni kell, mint a betegség terjesztőivel. Azzal a ténnyel, hogy csak kevés lárva éri el a fertőzőképeséget mielőtt a fenyőkre tér, nagy kontrasztban áll, hogy amikor a fenyőkről az áttelelést követően visszatérnek a *Prunus* fajokra, az átviteli képességük már 60% körülire emelkedik (Thébaud et al. 2009). Emiatt nagy hangsúlyt kell helyezni a fenyőről visszatérő imágók elleni védekezésre, időben történő észrevételükre.

Ezt a folyamatot tovább árnyalja, hogy egyes kutatások szerint a betegség kórokozója, már a tojáson keresztül átadódhat az új generációra, így vannak egyedek amelyek anélkül is fertőzöttek, hogy táplálkoztak volna fertőzött növényeken (Tedeschi et al. 2006; Poggi-Pollini et al. 2009). Továbbá, egyetlen fertőzött levélbolha több növényen is táplálkozhat (Maier et al. 2013). (A fentebb leírtakról készített összefoglaló ábrát a 3. számú ábrán szemléltetem).



3. ábra: A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' fertőzési ciklusa a szilva levélbolha (*Cacopsylla pruni*) életciklusának tükrében (forrás: saját ábra).

Eltelt idő (narancssárga betűk), tápnövények és azok fenofázisai, ahol jelentőségük van (fekete betűk), a levélbolha életciklusa (kék betűk), és a kórokozó fertőzési ciklusa (piros betűk).

2.2.6. A látás és az illatanyagok jelentősége

Korábban már említést tettem róla, hogy Hodkinson (1974), még úgy vélte, a levélbolhák kémiai-gusztációs úton találják meg tápnövényeiket.

Mára egyre jobban körvonalazódik, hogy a tápnövényfoltok megtalálásának sokkal inkább a vizuális ingerek az eszközei, ezt követően pedig az illatanyagoknak van nagyobb szerepe abban, hogy megtalálják a tojásrakáshoz megfelelő helyet is (Farnier et al. 2015; Bukovinszky et al. 2005; Rizvi et al. 2018). Az aero-plankton levélbolhák (White, 1970a) esetében is ezt a tápnövénykeresési módszert feltételezik (Gallinger et al. 2019). A sárga színről például többen úgy vélik, hogy olyan rendkívül gyakori stimuláns, amely a legtöbb Hemiptera fajra hatással van, mivel hasonlít a tápanyagban gazdag fiatal levélrészek színére (Krysan et al. 1991; Döring – Chittka. 2007). Ebből kifolyólag a sárga ragacs lap széleskörűen elterjedt csapdázási eszközzé vált a levélbolhák esetében is

(Tedeschi et al. 2002; Krysan et al. 1991; Brown et al. 2009; Sabaté et al. 2007; Sabaté et al. 2016; Hall et al. 2010; Kelber et al. 2003; Godfrey et al. 2013).

Levélbolhák esetében több faj kapcsán is kimutatták, hogy a tápnövényeik által kibocsátott illatanyagok vonzóak számukra: *Cacopsylla bidens* (Šulc) faj nőtényei (Soroker et al. 2004), *Cacopsylla melanoneura* (Förster) (Gross – Makonen, 2005). A szilva levélbolhához kapcsolódóan, nyolc különböző kajszifajta ('Sunny Cot', 'Harostar', 'Bergerouge', 'Bergeron', 'Early Blush', 'Fantasme', 'Goldrich', 'Lady Cot', 'Luizet', 'Orangered', 'Rouge de Mauve', 'Sylerd' és 'Tsunami') virágos ágai által kibocsátott illatanyag komponenseit vizsgálták. A vizsgálat során találtak vonzó és taszító hatással rendelkező illatanyag komponenseket is (Andrianjaka – Camps et al. 2018). A *Cacopsylla pruni* faj nőtényei esetében más vizsgálat során csápválasz reakciókat detektáltak aldehidek, terpének, acetofenen és (Z)-3-hexenil acetát vegyületekre. Azonban a vizsgálat során sem a nőtények, sem a hímek nem mutattak preferenciát a reprodukciós vagy áttelelésre alkalmas növények esetében (Gallinger et al. 2020).

2.3. Védekezési lehetőségek

2.3.1. A kórokozó elleni védekezés lehetőségei

A '*Candidatus* Phytoplasma' nemzetség tagjai érzékenyek a tetraciklin típusú antibiotikumokra, azonban a penicillin típusúakra nem (Ishii et al. 1967). Ennek tudatában, kezdetben, a kórokozók elleni védekezési módszer kidolgozásakor antibiotikus kezelésekkel próbálták meg gyógyítani a fertőzött növényeket. A tetraciklin származékokkal történő kezelések során azonban a kórokozó koncentrációja bár lecsökkent ugyan a növényekben, de a kezelés végeztével ismételtén megugrott. A penicillin származékoknak – mivel a kórokozó nem érzékeny rájuk – nem volt hatásuk. A módszer alkalmazása kísérleti szinten maradt, és nem került széles körűen elterjedté (Douglas, 1993; Davis – Clark, 1994; Kuroli, 1970; Hu et al. 2017; Sundin – Wang; 2018).

Próbálkoztak a fertőzött növények hőkezelésével is, azonban a vegetatív részek esetében nagyon körültekintően kell eljárni, hogy ne csökkenjen az életképességük. Maximum 50°C-os kezelést lehet alkalmazni, de jellemzőbb, hogy 30-37°C-os, több héten/hónapon át tartó kezelést alkalmaztak. A behatási idő a kórokozó koncentrációjától

függött a növényi szövetekben. Ezeknek a kezeléseknél azonban legtöbbször nem volt kellő hatása (Viczián, 2002; Salazar – Javasinghe, 2001).

A kórokozó ellen védekezési lehetőségek keresése kapcsán vizsgálták a különböző virulenciájú fitoplazma törzsek kölcsönhatását is 'Ca. Phytoplasma mali' 1/93-as avirulens törzs és 'Ca. Phytoplasma prunorum' GSFY virulens törzs között. Az alma proliferáció kórokozójának 1/93-as törzsével immunizált növényeket az ESFY-t okozó, GSFY virulens törzsszel fertőzték felül. Fél év elteltével a tünetmentes növényekből a virulens kórokozó nem volt kimutatható. Ez alapján úgy tűnt, hogy a korábban megfigyeltekkel (Ermacora et al. 2010) ellentétben az azonos rendszertani csoportba tartozó, de eltérő faj képes gátolni egy virulens törzs szaporodását (Tibenszkyné, 2015). Azonban ez az eljárás sem került széles gyakorlati alkalmazásra, mivel az így kezelt fákat egy idő elteltével ismét immunizálni kellene a felülfertőzések miatt.

Megfigyelések szerint akad példa „kigyógyult” – jellegzetes tüneteket nem mutató – fákra is. A jelenség okáról eltérő vélemények vannak, például eltűnik a kórokozó a növény föld feletti részeiből (Carraro et al. 2004c), vagy kajszli, alma és szőlő esetében a floém szövetekben megemelkedett a hidrogén-peroxidáz szint, aminek a pontos okai még nem ismertek (Musetti et al. 2005).

Rezisztens fajták és alanyok megtalálására tett kísérletek tekintetében több, keresztezett ringlófajta is ígéretesnek tűnt a kajszli vonatkozásában, azonban 100%-os fertőzés elleni védelmet ezek sem nyújtottak (Jarausch et al. 2000).

Integrált szemléletű védekezésnél figyelembe kell venni, hogy hazai viszonylatban a szilva alanyok ellenállóbbnak mutatkoznak a kórokozóval szemben, mint a széleskörűen napjainkban használt mirabolán. Az alanyok esetében figyelembe kell venni azonban, hogy a *P. domestica*, a *P. salicina* és a *P. cerasifera* a fertőzés következtében nagyszámú sarjhajtást hoz, amin a vektor szeret táplálkozni. Érzékeny kajszlifajták: 'Kioto', 'Silvercot', 'Orangered', 'Bergerouge', valamint a 'Flavorcot' (Kálmán, 2019).

Összességében, még mindig nem ismert olyan megoldás, amivel a megbetegedett fákat ki lehetne gyógyítani, így a kórokozó terjedése elleni védekezés során a hangsúly a megelőzésen van.

Megfigyelték, hogy a kórokozó az elhanyagolt és a felhagyott ültetvényekben, sokkal gyakrabban fordul elő (Viczián et al. 1998a). Ennek oka lehet a fitoplazmával fertőzött gyomok nagyobb tömegű jelenléte, és a vektorok bolygatatlan életmenete (Viczián et al. 1998b).

Az ESFY kórokozóját kimutatták kajszi barack magokból is – bár a kórokozót pollenben és fertőzött fákról származó magokból fejlődő növényekben nem találták – amelyeknek azonban vitalitása és csírázási képessége is jóval alacsonyabbnak bizonyult, mint fitoplazma mentes társaiknak (Nečas et al. 2008).

A kórokozó terjedésének megállítására tett erőfeszítések kapcsán még mindig a megelőzésen van a hangsúly: a fertőzött fákat vágjuk ki, az ültetvényeket tartsuk gyommentesen, ne hanyagoljuk el az ültetvényt, távolítsuk el a sarjhajtásokat, az elhagyatott ültetvényeket tartsuk karban, vagy számoljuk fel teljesen inkább. Ezekon kívül az egyik talán legfontosabb, hogy egészséges szaporítóanyagot használjunk mind telepítéskor, mind a kiesett fák pótlásának céljából. Fontos továbbá az okszerű, integrált szemléletű védekezés a vektor ellen (Süle, 2012; Kálmán, 2019, Thébaud et al. 2009).

2.3.2. A szilva levél bolha elleni védekezés lehetőségei

Nem csak a kórokozó, de a vektor elleni integrált szemléletű védekezés is igen fontos eleme a betegség terjedésének megelőzésében (Süle, 2012). Mind az áttelelt imágók, mind az új generáció imágói – amik még nem tértek át a fenyőkre – képesek terjeszteni a betegséget. Ezért fontos a kora tavasszal fenyőkről visszatérő – nagy átviteli képességgel rendelkező (Carraro et al. 2004a) – imágók elleni védekezés (Carraro et al. 1998, Carraro et al. 2001). Amennyiben ez kevésnek bizonyul, vagy ismétlésre szorul, az újonnan betelepülő egyedek miatt, a második kezelést a tojásrakás időszakát megelőzőre kell időzíteni, hogy megakadályozzuk vele az utódok kifejlődését az ültetvényben (Marccone et al. 2010). Kezeléseknél figyelemmel kell lennünk a növény fejlettségi állapotára, és virágzáskor csak olyan szert alkalmazhatunk, amely a méhekre nincs veszéllyel, valamint a természetes ellenségeket és semleges fajokat kíméli (Marccone et al. 2010). Alapvetően a vektor elleni védekezés fő célja, hogy annak a populációját minél alacsonyabb szinten tartsuk, ezáltal a betegség terjedését csökkentjük. Azonban a fenyőkről visszatérő magas fertőzőképességű imágók miatt, nem elegendő a kora tavaszi populáció alacsony szinten tartása. Olyan kezelési módot kell választanunk, amely megelőzi a kórokozó átvitelének lehetőségét. Ebből a nézőpontból kulcsfontosságú a kórokozó leadási ideje (inoculation access period, IAP), mely általában egy-két nap (Carraro et al. 2004a). Azaz, olyan rovarölőszert kell választanunk, amelynek úgynevezett „knock down” hatása van, vagyis hatásmódjával kevesebb, mint egy nap alatt megakadályozza a kórokozó leadását (Paleskić et al. 2017). Olyan peszticidek is segíthetnek, amelyek kémiai úton

befolyásolják a vektor táplálkozási szokásait (Perring et al. 1999). A rovarölők hatékonyságát többen is vizsgálták (Poggi-Pollini, et al. 2007; Paleskić et al. 2017).

A biológiai/ökológiai ültetvényekben alkalmazhatunk olyan módszereket, mint például olyan anyag használata, ami filmréteget képez a növény felületén, ezzel nehezítve a vektor táplálkozását és tojásrakását (Paleskić et al. 2017). Továbbá használtak e célból kaolint, parafin- és narancs olajat, valamint édeskömény olaj kivonatot (Riedle-Bauer et al. 2011). Ezen felül segíthetjük a vektor természetes ellenségeinek – katicabogár és fátyolka lárvák, zengőlegyek, fürkészek, ragadozó poloskák és pókok – megtelepedését, zavartalan életmódját (Ripka, 2010). A levélbolhák parazitoid fajairól Jensen (1957) és Lal (1934) is beszámol, bár ezek jellemzően az imágókat támadják, tojások parazitáltságáról nem tudtak információt adni. Catling (1970) a predátoraikról tesz említést, bár ezek esetlegesen és nem specifikusan vadásznak rájuk, valamint a predátorok populációmérete lassan szinkronizálódik a levélbolhák populációméretével (Clark, 1963d; Nickel et al. 1965).

A levélbolhák elleni védekezés kapcsán rovarpatogén gombákkal is folytak kísérletek. Ezek során kiderült, hogy a *Pandora* sp. nov. inedit (ARSEF13372; *Pandora* nemzettség; Entomophthorales: Entomophthoraceae) rovarpatogén gomba csökkenti a túlélési idejét a *Cacopsylla pruninak*, aminek a későbbiekben jelentősége lehet a biológiai védekezési módok fejlesztésénél is (Görg et al. 2021).

Nemrégiben vizsgálták a növekedés gátló anyagok használatának megfelelő időzítését is körte levélbolha (*Cacopsylla pyricola* Foerster, 1848) kapcsán, mint lehetséges védekezési módot, a kártevő ellen (McCullough – Nottingham 2022).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Boldogkőváraljai kajszi ültetvények fertőzöttségi tünetek alapján történő felmérése

Első célkitűzésünk (1), boldogkőváraljai kajszi ültetvények fertőzöttségi tünetek alapján történő felmérése volt.

A felmérést, két különböző kajszi ültetvényben (2. táblázat, 4. ábra) végeztük el 2018.09.13. és 2018.09.24. között. Ennek során vizuális felméréssel, egy öt tagú skálán értékeltük a kajszifák megfigyelhető tüneteit.

2. táblázat: Fertőzöttségi tünetek alapján történő felmérés ültetvényeinek adatai

Ültetvény sorszáma	Terület blokk azonosítója	Jellemző kajszi fajták	Ültetvény korösszetétele	Ültetvény távolsága fenyvestől légvonalban	Kajszifák száma (2018ban)	Egyéb kötődő kísérletek
1	FRDYWN20	Gönci Kajszi, Magyar Kajszi, Ceglédi Óriás	vegyes (szórt elhelyezkedés)	0,03 km	300	Ragacs lapos csapdázás
2	FNJKW920	Gönci Kajszi, Magyar Kajszi, Ceglédi Óriás, Magyar Kajszi C. 235	vegyes (6 sor idősebb fák, a többi sorban 4 éves fák voltak)	1,2 km	1362	Törzs meghatározás

A kísérleti területekre nyáron, és tél elején az északnyugati, nyugati uralkodó szélirány, télen viszont észak, északkeleti szélirány a jellemző. Az ültetvényektől a fenyves keleti, északkeleti irányban található.



4. ábra: Fertőzöttségi tünetek alapján történő felmérés ültetvényeinek elhelyezkedése (forrás: saját ábra). Pirossal keretezve láthatók a kajszi ültetvények, zölddel keretezve a fenyves.

Az 1. vizsgált kajszii ültetvény, egy fenyveshez (vegyes fajösszetétel, jellemzően inkább erdei fenyő) közel helyezkedett el (az ültetvény egyik sarka szomszédos a fenyves egyik sarkával). A 3. vizsgált ültetvény messzebb esett a fenyvesektől. Mindkét ültetvényre jellemző volt a fák különböző kor és fajta összetétele. A korösszetétel tekintetében az ültetvényen belüli elhelyezkedésben volt különbség a két ültetvény között. Míg az első ültetvény esetében a különböző korú fák szórta helyezkedtek el (a korábban kipusztult fák helyére pótlások kerültek), addig a második ültetvény esetében a korábban kipusztult fák nem lettek újakkal pótolva 6 sor esetében, itt idősebb fák voltak. Az ültetvénynek a többi része teljesen ki lett művelve, majd újra telepítve, így az ezekben a sorokban lévő fák életkora egységesen 4 év körüli volt. Az ültetvény több sorában, ettől idősebb fák voltak.

Az első ültetvényben 300 fa és üres fahely, míg a második ültetvényben 1362 fa és üres fahely volt.

Az ültetvények esetében a sorok hosszát illetően is voltak különbség, amelyek a tábla alakjából adódtak. Az első ültetvényben, annak szabályos alakja miatt, a sorok egyforma hosszúak voltak. A második ültetvény esetén, a szabálytalan alakú tábla miatt, a sorok hossza (azaz, hogy hány kajszifa volt egy sorban) eltérő volt.

A felmérés során meghatároztuk a fertőzöttségi arányt (infection rate: I%) és a fertőzöttségi indexet (infection index: Ii) az alábbi skálaértékek alapján (2. táblázat.) az ültetvények minden egyes fája esetében. A fertőzöttségi arány kiszámításához, a felmért, fertőzési tüneteket mutató fák számát elosztottuk az ültetvényben lévő össz. fa darabszámmal (kivételt képezett, ha az ültetvényben nem csak kajszibarack fa volt, ilyen esetekben ezek darabszáma kimaradt a számítások során és csak a kajszifák számával dolgoztunk). A fertőzöttségi index (Ii) kiszámításához, az egyes skálarétekekhez tartozó fák számát megszoroztuk a skála értékével, amelybe soroltuk őket. Ezt követően, ezek összegét elosztottuk a felmért ültetvény össz. fa darabszámával. Így a kaptuk meg a fertőzöttségi index értékét.

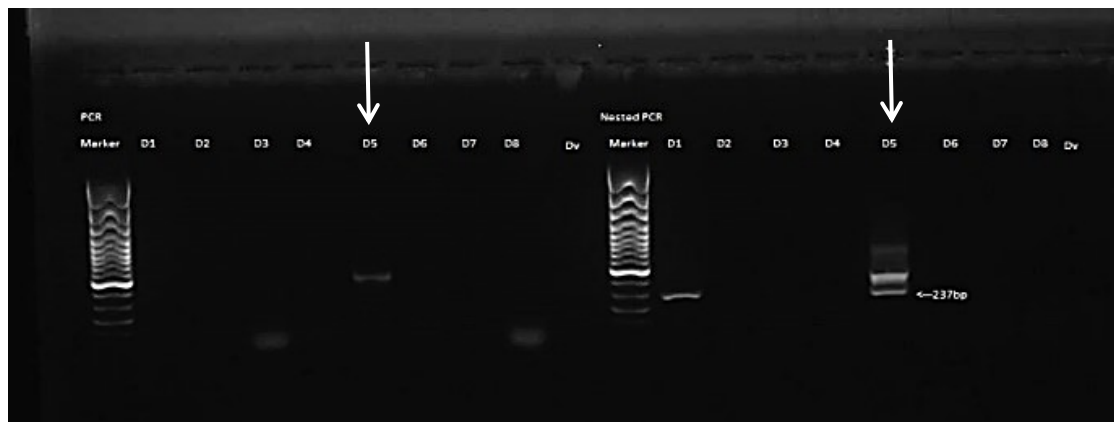
A felmérés során térképet készítettünk mindkét ültetvényről, amelyen színekkel jelöltük a talált tünetek erősségét.

3. táblázat: A fertőzöttségi index megállapításához használt skálaértékek és az azokat jelölő színek.

I	tünetmentes fa	egészségesnek tűnő fák	
II	kezdetleges tünet egy ágon	kanalásodó levelek, sárgulás	
III	kezdetleges tünet több ágon	kanalásodó levelek, sárgulás	
IV	egy elpusztult ág	száraz ág	
V	halott fa	kiszáradt fa, vagy kivágott fa helye	

3.2. Kajszibarackról származó ESFY fitoplazma izolátum szekvencia vizsgálata

Második célkitűzésem (2) kapcsán egy korábban, Boldogkőváralja térségében található kajszi ültetvényből (blokkazonosító: FNJKW920, az ültetvény megegyezik a tüneti felmérésben résztvevő 2. sorszámú ültetvényt), 2016.09.18-án gyűjtött kajszi mintával, amely PCR módszerrel igazoltan fertőzöttnek bizonyult (2016.10.03.-án végzett PCR és nested-PCR során D5-ös laborkódú minta. 5. ábra). A kajszi mintában vizsgáltuk a kórokozó 16S DNS részleges szekvenciáját.



5. ábra: A törzsvizsgálatra felhasznált minta korábbi fertőzöttséget igazoló gélfotója (balra fehér nyíllal jelölve a D5-ös minta első PCR reakciójáról készített gélfotó, jobbra ugyanazon minta nested PCR-ének gélfotója)

A kiindulási minta (D5 laborkód) a törzsről lehántott háncsszövetből származott, amiből Delladoyle tisztítási módszerrel (Ahrens-Seemüller, 1992. MLO enrichment method) nyertük ki a DNS-t:

1. A dörzsmozsarakat 20 percen keresztül 5%-os sósavban áztatjuk, majd desztillált vízzel kiöblítjük és jégen tartjuk.
2. A levélnyel, hánacs, floém és gyökér minták hánacs részéből 0,5-1 g tömegű növényi anyagot feldarabolunk, és rögtön hozzáöntünk 7 ml jégen hűtött 1xDellaporta oldatot, az oxidálódás elkerülésére, majd 10 percig állni hagyjuk. Ezt követően kvarchomokot hozzáadva gondosan eldörzsöljük.
3. Újabb 6 ml 1xDellaporta oldat hozzáadása után teljesen homogén állományúvá dörzsöljük.
4. A homogenizált anyagot hideg 15 ml-es centrifugacsőbe öntjük, majd 1000g-n (~3500 fordulat/perc) 4°C-on, 5 percig centrifugáljuk.
5. A centrifugálás után kapott elegyről a felülúszót óvatosan, hogy az elegy föl ne keveredjen, tiszta 15 ml-es centrifugacsőbe pipetázuk át. Ezt követően 12.000 fordulat/percen 4°C-on, 25 percig centrifugáljuk.
6. A centrifugálás során kapott üledéket 1,5 ml 60°C-ra előmelegített Doyle and Doyle (amelyhez 1 ml-énként az előmelegítés megkezdése előtt 2 µl merkaptóetanolt adunk) oldatba szuszpendáljuk, és 30 percig 60°C-on tartjuk.
7. Az így kapott mintát 2 db 1,5 ml-es Eppendorf csőbe osztjuk szét, és azonos mennyiségű kloroform/izoamil-alkohol (24:1 v/v) keveréket adunk hozzá, jól összerázzuk, majd 8000 fordulat/percen 8 percig centrifugáljuk.
8. Az így kapott felülúszót tiszta Eppendorf csőbe pipetázzuk, majd óvatosan 2/3-ad mennyiségű -20°C-os izopropanolt adunk hozzá, jól összerázzuk, majd 20 percen át 4°C-on, 12000 fordulat/percen centrifugáljuk.
9. A centrifugálás során kapott DNS-üledéket -20°C-os, 70%-os etanollal mossuk, majd 10 percig 4°C-on 12000 fordulat/percen centrifugáljuk.
10. A centrifugálás során kapott DNS-üledéket beszárítjuk, majd 50 µl steril desztillált vízben feloldjuk és -20°C-on tároljuk.

2xDellaporta oldat:

21,7 g $K_2HPO_4 \times 3H_2O$ (dikáliumhidrogénfoszfát)

4,1 g K_2HPO_4

100 g szacharóz

1,5 g BSA (Bovine Serum Albumin, marha szérum albumin)

20 g PVP-10 (polivinil-polipirrolidon)

500 ml desztillált vízben feloldva

Ebből 1x Dellaporta oldatot készítünk: 1:1 arányban desztillált víz és 2xDellaporta-oldat. Amelyhez közvetlenül a felhasználás előtt adjuk hozzá az aszkorbinsavat: 0,53 mg/100 ml és állítjuk be a pH-ját 7,6-ra.

Doyle and Doyle oldat:

12,5 g CTAB (cetil-trimetil-ammónium-bromid)

140 ml 5M NaCl (40,98 g)

20 ml 0,5M EDTA (3,72 g)

50 ml 1M TRIS (tris-hidroximetil-aminometán) (pH 8) (6,05 g)

5 g PVP-40 (polivinil-polipirrodilon)

Ezt kiegészítjük 500 ml-re desztillált vízzel, a pH-t 8,0-ra állítjuk be. Közvetlenül felhasználás előtt merkapto-etanolt (1ml/500ml) adunk az oldathoz.

A PCR termékek fP1/rP7 (1800bp) univerzális primer párral készültek. A PCR-reakcióhoz a fP1/rP7 primer esetében a Kapa 2G Robust inhibitorokat jól tűrő „B” pufferét használtuk. A fitoplazma DNS szakaszokat 35 ciklusban szaporítottuk fel a következő paraméterekkel: denaturáció: 95°C-on 15 másodpercig, annealing: 60°C-on 15 másodpercig és elongáció: 72°C-on 45 másodpercig. A 35 ciklus letelte után az elongáció 72°C-on további két percig folytatódott. A termékeket pJET (Thermo Fisher Scientific) plazmidba klónoztuk. A pozitív klónok mindkét szálát szekvenáltattuk a pJET 1.2 forward és reverse szekvenáló primerekkel (Macrogen Europe, Amsterdam, Netherlands). A kapott szekvenciát a GenBank adatbázissal a BLAST algoritmus szerint (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) hasonlítottuk össze.

3.3. Szilva levélbolha és más levélbolha fajok gyűjtése fenyőfélékről

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 (4. számú melléklet, 4. ábra).

A fenyők esetében arra is kíváncsi voltunk, mely más fajokkal együtt telel át a szilva levélbolha, ezért az erről a tápnövényről gyűjtött egyéb levélbolha fajokat is meghatároztunk.

A gyűjtéseket 2014 és 2020 között a téli hónapokban, teleszkópos nyéllel felszerelt rovarhálóval és egy átalakított D-Vac-kel végeztük (6. ábra). A rovarháló esetében a fenyőágra ráhúztuk a hálót, ezt követően jó erősen megmozgattuk az ágat. Az átalakított D-Vac csövével hasonlóan jártunk el az előző esethez, nagyon közel tettük a fa belsőbb ágaihoz. A gyűjtött levélbolhákat rovarszippantó segítségével tettük át felcímkézett (gyűjtési dátum, település neve, gyűjtés helyének koordinátája, növényfaj) 70%-os alkoholt tartalmazó Eppendorf csövekbe, amiben szállítottuk és tároltuk őket.



6. ábra: Gyűjtési eszközök fenyőkön. (forrás: saját fotók)

3.4. Levélbolhák gyűjtése a szilva levélbolha rajzási időszakában

Munkánk során *Prunus* fajokon (Boldogkőváralja térsége, Bekecs, Nagyvárad) gyűjtöttünk egyelés módszerrel levélbolhákat. A gyűjtéseket 2018-tól 2022-ig a vektor rajzásának idején végeztük.

A bekecsi ültetvényben és annak környékén kajsziról és kőkényről gyűjtöttünk levélbolhákat 2018.04.20.-án (4. számú táblázat).

4. Táblázat: Levélbolhák gyűjtési helyei a bekecsi mintaterületen

Növény amelyről gyűjtöttünk	GPS koordináták
Kökény	48°9'15.48"N 21°6'48.96"E
Kajsziarack	48°9'15.12"N 21°6'47.52"E, 48°9'14.40"N 21°6'46.44"E 48°9'14.76"N 21°6'46.08"E, 48°9'13.32"N 21°6'45.36"E 48°9'17.28"N 21°6'40"E, 48°9'17.28"N 21°6'41.40"E 48°9'17.28"N 21°6'41.76"E, 48°9'18.36"N 21°6'38.88"E 48°9'19.08"N 21°6'36.72"E, 48°9'19.8"N 21°6'36.36"E 48°9'19.08"N 21°6'36.36"E, 48°9'19.08"N 21°6'36.36"E 48°9'19.08."N 21°6'36.36"E, 48°9'19.08"N 21°6'36.36"E

A nagyváradi ültetvényt (47°06'54.10" N 21°54'26.60" E) 1958-ban telepítették (4. számú melléklet, 2. ábra), Magyar Kajszi, Calypso, és Umberto fajtákkal vörösszilva és mirabolán alanyon. A gyűjtést 2018.05.07.-én végeztük.

A boldogkőváralja térségében történő gyűjtések 2018-tól 2022-ig minden évben zajlottak a szilva levélbolha rajzásának idejében. Kökényről, kajsziarackról, mirabolán gyökérsarjra, vadszilváról, szilváról, valamint varjútövis-bengéről (5. számú táblázat). A gyűjtések nem csak ültetvényekben történtek, hanem az ültetvények közelében, útmentén lévő szegélyekben található bokros sávokban is. A ragacaslapos kísérlet (1. es sorszámú ültetvény évében, 2020-ban) a kísérlet helyszínén a korábbi évektől eltérően nem végeztünk egyelés módszerrel történő kézi levélbolha gyűjtést, annak érdekében, hogy a kísérlet lefolytatásába ne zavarjon bele. A többi gyűjtési évben ebben az ültetvényben is történt levélbolha gyűjtés.

5. Táblázat: Levélbolhák gyűjtési helyei a boldogkőváraljai mintaterületeken

Növény amelyről gyűjtöttünk	Év	GPS koordináták	Fenofázis
Kökény	2018	48°19'58.30"N 21°13'09.50"E, 48°20'31.30"N 21°13'45.70"E, 48°20'32.30"N 21°13'39.70"E, 48°20'46.40"N 21°12'53.50"E, 48°20'46.60"N 21°12'53.90"E, 48°20'51.50"N 21°12'54.30"E, 48°21'00.60"N 21°13'43.90"E, 48°21'00.70"N 21°13'42.80"E, 48°21'01.10"N 21°13'42.20"E, 48°21'01.20"N 21°13'45.90"E	BBCH-69 (szíromhullás)
	2019	48°20'30"N 21°13'42"E, 48°20'51"N 21°13'34"E, 48°20'52"N 21°13'26"E, 48°20'52"N 21°13'31"E, 48°20'52"N 21°13'34"E, 48°20'53"N 21°13'26"E, 48°20'53"N 21°13'27"E, 48°20'54"N 21°13'23"E, 48°20'54"N 21°13'27"E, 48°20'54"N 21°13'36"E, 48°20'55"N 21°13'20"E, 48°20'55"N 21°13'36"E, 48°20'55"N 21°13'37"E, 48°20'55"N 21°13'40"E, 48°20'55"N 21°13'41"E, 48°20'56"N 21°13'37"E, 48°20'57"N 21°13'37"E, 48°20'58"N 21°13'38"E, 48°20'58"N 21°13'41"E, 48°20'59"N 21°13'39"E, 48°21'02"N 21°13'42"E, 48°21'03"N 21°13'41"E, 48°21'03"N 21°13'43"E, 48°21'04"N 21°13'43"E, 48°21'05"N 21°13'39"E, 48°21'05"N 21°13'42"E, 48°21'06"N 21°13'42"E, 48°21'06"N 21°13'43"E, 48°21'06"N 21°13'44"E, 48°21'07"N 21°13'43"E, 48°21'08"N 21°13'44"E, 48°21'53"N 21°13'44"E	-

	2020	48°20'30"N 21°13'44"E, 48°20'30"N 21°13'42"E, 48°20'30"N 21°13'43"E, 48°20'31"N 21°13'44"E, 48°20'31"N 21°13'41"E, 48°20'31"N 21°13'42"E, 48°20'31"N 21°13'43"E, 48°20'31"N 21°13'45"E, 48°20'31"N 21°13'48"E, 48°20'32"N 21°13'46"E, 48°20'32"N 21°13'47"E, 48°20'32"N 21°13'47"E, 48°20'32"N 21°13'46"E, 48°20'32"N 21°13'47"E, 48°20'32"N 21°13'48"E, 48°20'33"N 21°13'46"E, 48°20'33"N 21°13'47"E, 48°20'33"N 21°13'48"E, 48°20'33"N 21°13'46"E, 48°20'33"N 21°13'47"E, 48°20'34"N 21°13'47"E, 48°20'34"N 21°13'47"E, 48°20'35"N 21°13'47"E, 48°20'35"N 21°13'47"E, 48°20'36"N 21°13'47"E, 48°20'36"N 21°13'48"E, 48°20'37"N 21°13'48"E, 48°20'37"N 21°13'49"E, 48°20'48"N 21°12'43"E, 48°20'51"N 21°13'44"E, 48°20'55"N 20°13'42"E, 48°20'56"N 21°13'38"E, 48°20'57"N 21°13'41"E, 48°20'57"N 21°13'37"E, 48°20'57"N 21°13'41"E, 48°20'59"N 21°13'37"E, 48°21'02"N 21°13'42"E, 48°21'02"N 21°13'42"E, 48°21'02"N 21°13'47"E, 48°21'03"N 21°13'41"E, 48°21'03"N 21°13'42"E, 48°21'03"N 21°13'41"E, 48°21'03"N 21°13'42"E, 48°21'04"N 21°13'42"E, 48°21'04"N 21°13'43"E, 48°21'05"N 21°13'43"E, 48°21'06"N 21°13'42"E, 48°21'06"N 21°13'43"E, 48°21'07"N 21°13'43"E, 48°21'07"N 21°13'45"E, 48°21'21"N 21°14'43"E	BBCH 55-59 (pirosbimbó) BBCH 60-61 (virágzás kezdete) BBCH-65 (fővirágzás) BBCH-69 (szíromhullás) BBCH 70-72 (kötődés)
	2021	48°20'29"N 21°13'41"E, 48°20'31"N 21°13'41"E, 48°20'31"N 21°13'42"E, 48°20'31"N 21°13'43"E, 48°20'31"N 21°13'47"E, 48°20'32"N 21°13'41"E, 48°20'32"N 21°13'46"E, 48°20'32"N 21°13'47"E, 48°20'33"N 21°13'47"E, 48°20'34"N 21°13'47"E, 48°20'35"N 21°13'47"E, 48°20'36"N 21°13'47"E, 48°20'36"N 21°13'48"E, 48°20'37"N 21°13'48"E, 48°20'37"N 21°13'49"E, 48°20'48"N 21°12'44"E, 48°20'50"N 21°13'45"E, 48°20'51"N 21°13'45"E, 48°20'54"N 21°13'23"E, 48°20'55"N 21°13'20"E, 48°20'57"N 21°13'38"E, 48°20'59"N 21°13'38"E, 48°21'02"N 21°13'42"E, 48°21'03"N 21°13'45"E	BBCH 60-61 (virágzás kezdete) BBCH-69 (szíromhullás) BBCH 70-72 (kötődés)
	2022	48°20'29"N 21°13'41"E, 48°20'31"N 21°13'41"E, 48°20'31"N 21°13'42"E, 48°20'32"N 21°13'42"E, 48°20'32"N 21°13'45"E, 48°20'32"N 21°13'47"E, 48°20'33"N 21°13'41"E, 48°20'48"N 21°12'43"E, 48°20'48"N 21°12'44"E, 48°20'49"N 21°12'43"E, 48°20'54"N 21°12'47"E, 48°20'54"N 21°12'52"E, 48°20'55"N 21°12'52"E, 48°20'56"N 21°13'37"E, 48°21'02"N 21°13'42"E, 48°21'03"N 21°13'40"E, 48°21'03"N 21°13'42"E, 48°21'06"N 21°13'43"E, 48°21'07"N 21°13'44"E	BBCH 01-03/51 (rügyduzzadás) BBCH 60-61 (virágzás kezdete) BBCH-65 (fővirágzás) BBCH-69 (szíromhullás) BBCH 70-72 (kötődés)
Kajszibarack	2018	48°20'30.90"N 21°13'45.00"E, 48°20'39.10"N 21°13'42.70"E, 48°20'48.10"N 21°12'42.10"E, 48°20'48.20"N 21°12'41.90"E, 48°20'49.10"N 21°12'40.10"E, 48°20'49.70"N 21°12'40.20"E, 48°20'50.30"N 21°12'46.40"E, 48°20'51.20"N 21°12'43.80"E, 48°20'51.30"N 21°12'45.90"E, 48°20'51.50"N 21°12'43.60"E, 48°20'51.60"N 21°12'45.60"E, 48°20'51.80"N 21°12'43.80"E, 48°20'51.80"N 21°12'46.00"E, 48°20'51.90"N 21°12'46.10"E, 48°20'54.30"N 21°13'36.80"E, 48°20'55.40"N 21°12'48.40"E, 48°20'59.20"N 21°13'45.40"E, 48°20'59.40"N 21°13'41.90"E, 48°20'59.50"N 21°13'46.30"E, 48°20'59.70"N 21°13'43.50"E, 48°20'59.70"N 21°13'44.50"E, 48°20'59.80"N 21°13'44.00"E, 48°20'59.90"N 21°13'43.50"E, 48°20'59.90"N 21°13'44.20"E, 48°20'60.00"N 21°13'44.50"E, 48°20'63.00"N 21°13'44.90"E, 48°21'00.60"N 21°13'44.00"E, 48°21'00.00"N 21°13'41.80"E, 48°21'00.00"N 21°13'43.00"E, 48°21'00.10"N 21°13'41.90"E, 48°21'00.10"N 21°13'42.20"E, 48°21'00.10"N 21°13'43.50"E, 48°21'00.10"N 21°13'44.10"E, 48°21'00.10"N 21°13'46.60"E, 48°21'00.20"N 21°13'42.60"E, 48°21'00.20"N 21°13'43.70"E, 48°21'00.30"N 21°13'43.60"E, 48°21'00.30"N 21°13'43.80"E, 48°21'00.30"N 21°13'46.40"E, 48°21'00.40"N 21°13'43.50"E, 48°21'00.50"N 21°13'44.40"E, 48°21'00.60"N 21°13'42.90"E, 48°21'00.60"N 21°13'44.00"E, 48°21'00.70"N 21°13'42.80"E, 48°21'00.70"N 21°13'44.00"E, 48°21'00.70"N 21°13'45.40"E, 48°21'00.80"N 21°13'42.20"E, 48°21'00.90"N 21°13'42.60"E, 48°21'00.90"N 21°13'43.20"E, 48°21'01.00"N 21°13'42.60"E, 48°21'01.00"N 21°13'43.20"E, 48°21'01.10"N 21°13'42.10"E, 48°21'01.10"N 21°13'44.00"E, 48°21'01.30"N 21°13'43.90"E, 48°21'01.20"N 21°13'42.60"E, 48°21'01.20"N 21°13'46.10"E, 48°21'01.40"N 21°13'45.00"E, 48°21'01.50"N 21°13'44.20"E, 48°21'01.60"N 21°13'42.80"E, 48°21'01.60"N 21°13'45.80"E, 48°21'01.80"N 21°13'45.30"E, 48°21'01.90"N 21°13'45.70"E	BBCH 70-72 (kötődés)
	2019	48°20'54"N 21°12'45"E	-
	2021	48°20'32"N 21°13'45"E	BBCH 70-72 (kötődés)
	2022	48°20'50"N 21°12'42"E, 48°20'50"N 21°12'44"E, 48°20'52"N 21°12'44"E, 48°20'54"N 21°12'43"E, 48°20'54"N 21°12'44"E, 48°20'54"N 21°12'46"E, 48°20'55"N 21°12'43"E, 48°20'55"N 21°12'44"E, 48°20'55"N 21°12'46"E, 48°20'55"N 21°12'47"E, 48°20'56"N 21°12'47"E	BBCH 55-59 (pirosbimbó) BBCH 60-65 (virágzás kezdete) BBCH 70-72 (kötődés)
	Mirabolán gyökérsarj	2018	48°20'55.50"N 21°12'48.50"E, 48°20'27.00"N 21°13'11.00"E, 48°21'01.20"N 21°13'45.90"E, 48°21'02.00"N 21°13'46.50"E

	2022	48°20'151"N 21°12'41"E, 48°20'50"N 21°12'41"E, 48°20'51"N 21°12'42"E, 48°20'52"N 21°12'42"E, 48°20'52"N 21°12'43"E, 48°20'53"N 21°12'43"E, 48°20'54"N 21°12'47"E, 48°20'54"N 21°12'43"E, 48°20'54"N 21°12'46"E, 48°20'54"N 21°12'47"E, 48°20'54"N 21°12'46"E, 48°20'55"N 21°12'43"E, 48°20'55"N 21°12'44"E, 48°20'55"N 21°12'45"E, 48°20'55"N 21°12'47"E, 48°20'55"N 21°13'48"E, 48°20'56"E 21°12'45"E, 48°20'56"N 21°12'45"E, 48°20'56"N 21°12'46"E, 48°20'56"N 21°12'46"N, 48°20'56"N 21°12'47"E, 48°20'57"N 21°12'46"E	-
Vadszilva	2018	48°20'20.00"N 21°12'52.20"E, 48°20'26.10"N 21°12'56.40"E, 48°20'28.70"N 21°12'58.50"E, 48°20'32.50"N 21°13'46.30"E, 48°20'54.10"N 21°13'25.10"E, 48°20'54.80"N 21°13'22.00"E, 48°20'55.20"N 21°13'20.80"E, 48°20'55.50"N 21°13'37.60"E, 48°20'56.30"N 21°13'21.00"E, 48°20'56.50"N 21°13'37.80"E, 48°20'56.60"N 21°13'37.90"E, 48°20'56.70"N 21°13'37.70"E, 48°21'04.60"NB 21°13'42.00"E	-
	2019	48°20'32"N 21°13'47"E, 48°21'04"N 21°13'42"E, 48°21'05"N 21°13'43"E	-
	2021	48°20'31"N 21°13'44"E, 48°20'32"N 21°13'46"E, 48°20'33"N 21°13'47"E, 48°20'36"N 21°13'48"E, 48°20'37"N 21°13'48"E, 48°20'37"N 21°13'49"E, 48°21'32"N 21°13'46"E	BBCH 69 (szíromhullás) BBCH 70-72 (kötődés)
Szilva	2018	48°20'33.00"N 21°13'47.70"E	-
	2021	48°20'32"N 21°13'47"E	BBCH-69 (szíromhullás)
	2022	48°20'31"N 21°13'42"E, 48°20'32"N 21°13'41"E, 48°20'32"N 21°13'46"E, 48°20'32"N 21°13'47"E, 48°20'33"N 21°13'45"E, 48°20'33"N 21°13'47"E, 48°20'37"N 21°13'49"E	BBCH 01-03/51 (rügyduzzadás) BBCH 60-61 (virágzás kezdete) BBCH 70-72 (kötődés)
Varjútövis-benge	2022	48°20'37.00"N 21°13'50.00"E	BBCH 01-03/51 (rügyduzzadás)

Magyarázat: ahol nem került lejegyzésre ilyen adat azt '-' jellel jelöltem.

A levélbolhák gyűjtése mindhárom település körzetében” egyelés módszerrel” történt; a tápnövényen meglátott levélbolhát egyenesen 1,5 vagy 2ml-es Eppendorf csőbe fogtuk meg, amely vagy 70%-os etanolt tartalmazott, molekuláris vizsgálatokhoz, vagy üres volt, amennyiben a rovarra tenyészet kialakításához volt szükség (7. ábra). Ezt követően laboratóriumba vagy a rovarhálókba kerültek az egyedek.

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 tápnövényéhez (pl. egy bokros szegélyben szinte összeérő növények).



7. ábra: Levélbolha gyűjtés a szilva levélbolha rajzásának időszakában (forrás: részben saját fotók)

3.5. Levélbolhák határozása

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 végeztem Olympus SZ40-es sztereo mikroszkóp alatt, a legnagyobb nagyításon (4x).

3.6. Szilva levélbolhák fertőzöttségének és biotípusának vizsgálata

A vizsgálatokhoz 2018-ban Boldogkőváralján gyűjtött szilva levélbolha egyedeket használtam, amelyeket kiegészítettem Nagyváradon és Bekecsen fogott egyedekkel is (a gyűjtött 159 szilva levélbolha egyedek adatait a 6. számú táblázatban mutatom be).

6. Táblázat: A fertőzöttségi és biotípus vizsgálatokban résztvevő szilva levélbolhák gyűjtési helyei és a növény, amelyről gyűjtöttük őket

Növény, amelyről a szilva levélbolhát gyűjtöttük	GPS koordináta	Laborkód
Vadszilva	48°20'56.30"N 21°13'21.00"E, 48°20'55.20"N 21°13'20.80"E, 48°20'26.10"N 21°12'56.40"E, 48°20'26.10"N 21°12'56.40"E, 48°20'28.70"N 21°12'58.50"E, 48°20'20.00"N 21°12'52.20"E, 48°20'54.10"N 21°13'25.10"E, 48°20'54.80"N 21°13'22.00"E, 48°20'56.70"N 21°13'37.70"E, 48°20'56.50"N 21°13'37.80"E, 48°20'56.60"N 21°13'37.90"E, 48°20'55.50"N 21°13'37.60"E, 48°21'04.60"NB 21°13'42.00"E, 48°20'32.50"N 21°13'46.30"E	25, 26, 97, 98, 99, 100, 113, 114, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 244, 263
Szilva	48°20'33.00N 21°13'47.70"E	116
Kajszibarack	47°06'54.10"N 21°54'26.60"E, 48°20'30.90"N 21°13'45.00"E, 48°20'39.10"N 21°13'42.70"E, 48°20'48.10"N 21°12'42.10"E, 48°20'48.20"N 21°12'41.90"E, 48°20'49.10"N 21°12'40.10"E, 48°20'49.70"N 21°12'40.20"E, 48°20'50.30"N 21°12'46.40"E, 48°20'51.20"N 21°12'43.80"E, 48°20'51.30"N 21°12'45.90"E, 48°20'51.50"N 21°12'43.60"E, 48°20'51.60"N 21°12'45.60"E, 48°20'51.80"N 21°12'43.80"E, 48°20'51.80"N 21°12'46.00"E, 48°20'51.90"N 21°12'46.10"E, 48°20'54.30"N 21°13'36.80"E, 48°20'55.40"N 21°12'48.40"E, 48°20'59.20"N 21°13'45.40"E, 48°20'59.40"N 21°13'41.90"E, 48°20'59.50"N 21°13'46.30"E, 48°20'59.70"N 21°13'43.50"E, 48°20'59.70"N 21°13'44.50"E, 48°20'59.80"N 21°13'44.00"E, 48°20'59.90"N 21°13'43.50"E, 48°20'59.90"N 21°13'44.20"E, 48°20'60.00"N 21°13'44.50"E, 48°20'63.00"N 21°13'44.90"E, 48°21'00.60"N 21°13'44.00"E, 48°21'00.00"N 21°13'41.80"E, 48°21'00.00"N 21°13'43.00"E, 48°21'00.10"N 21°13'41.90"E, 48°21'00.10"N 21°13'42.20"E, 48°21'00.10"N 21°13'43.50"E, 48°21'00.10"N 21°13'44.10"E, 48°21'00.10"N 21°13'46.60"E, 48°21'00.20"N 21°13'42.60"E, 48°21'00.20"N 21°13'43.70"E, 48°21'00.30"N 21°13'43.80"E, 48°21'00.30"N 21°13'46.40"E, 48°21'00.40"N 21°13'43.50"E, 48°21'00.50"N 21°13'44.40"E, 48°21'00.60"N 21°13'42.90"E, 48°21'00.60"N 21°13'44.00"E, 48°21'00.70"N 21°13'42.80"E, 48°21'00.70"N 21°13'44.00"E, 48°21'00.70"N 21°13'45.40"E, 48°21'00.80"N 21°13'42.20"E, 48°21'00.90"N 21°13'42.60"E, 48°21'00.90"N 21°13'43.20"E, 48°21'01.00"N 21°13'42.30"E, 48°21'01.00"N 21°13'42.60"E, 48°21'01.00"N 21°13'43.20"E, 48°21'01.10"N 21°13'42.10"E, 48°21'01.10"N 21°13'44.00"E, 48°21'01.20"N 21°13'42.60"E, 48°21'01.20"N 21°13'46.10"E, 48°21'01.30"N 21°13'43.90"E, 48°21'01.40"N 21°13'45.00"E, 48°21'01.50"N 21°13'44.20"E, 48°21'01.60"N 21°13'42.80"E, 48°21'01.60"N 21°13'45.80"E, 48°21'01.80"N 21°13'45.30"E, 48°21'01.90"N 21°13'45.70"E, 48°9'13.32"N 21°6'45.36"E, 48°9'14.40"N 21°6'46.44"E, 48°9'14.76"N 21°6'46.08"E, 48°9'15.12"N 21°6'47.52"E, 48°9'17.28"N 21°6'41.40"E, 48°9'17.28"N 21°6'41.76"E, 48°9'18.36"N 21°6'38.88"E, 48°9'19.08"N 21°6'36.36"E, 48°9'19.08"N 21°6'36.72"E	3, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 51, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 96, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 225, 226, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 236, 237, 238, 242, 243, 248, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 259, 260, 261

Kökény	48°9'15.48"N 21°6'48.96"E, 48°20'46.60"N 21°12'53.90"E, 48°20'51.50"N 21°12'54.30"E, 48°19'58.30"N 21°13'09.50"E, 48°20'32.30"N 21°13'39.70"E, 48°21'01.20"N 21°13'45.90"E, 48°21'01.10"N 21°13'42.20"E, 48°21'01.10"N 21°13'42.20"E, 48°20'46.40"N 21°12'53.50"E, 48°21'00.60"N 21°13'43.90"E, 48°21'00.70"N 21°13'42.80"E	7, 27, 28, 29, 112, 133, 210, 214, 216, 217, 239, 240, 241, 247, 249
Mirabolán gyökérsarj	48°20'55.50"N 21°12'48.50"E, 48°20'27.00"N 21°13'11.00"E, 48°21'01.20"N 21°13'45.90"E, 48°21'02.00"N 21°13'46.50"E	111, 115, 126, 246

A gyűjtött levélbolhák DNS-ét egyesével vontuk ki. 24 levélbolha DNS-ét egyedileg vizsgáltuk meg, ezek Nagyváradról (1-5-ig laborkódúak) és Bekecsről (6-24-ig laborkódúak) származtak. A vizsgálat során, a boldogkőváraljai gyűjtésű levélbolhák esetében a nagy egyedszám miatt szükségessé vált a csoportképzés. Ezért a kivont DNS mennyiséget megfeleztük, az egyik felét csoportképzéshez használtuk, a másik felét, pedig a későbbi vizsgálatokra félretettük. A csoportképzéshez öt levélbolha kivont DNS-éből összevegyített csoportokat alkottunk (7. számú táblázat).

7. Táblázat: A boldogkőváraljai mintaterületeken gyűjtött szilva levélbolhákból fertőzőtési vizsgálatához alkotott csoportokhoz tartozó levélbolha DNS-ek laborkódjai

5 levélbolha DNS-ből álló csoportok elnevezése	A csoportot alkotó levélbolha DNS-ek laborkódjai
BCP I	25, 26, 27, 28, 29
BCP II	30, 31, 32, 33, 34
BCP III	35, 37, 38, 39, 40
BCP IV	41, 42, 43, 44, 45
BCP V	46, 47, 49, 51, 82
BCP VI	83, 84, 85, 87, 88
BCP VII	96, 97, 98, 99, 100
BCP VIII	101, 102, 103, 104, 105
BCP IX	106, 107, 108, 109, 110
BCP X	111, 112, 113, 114, 115
BCP XI	116, 117, 118, 119, 120
BCP XII	121, 122, 123, 124, 125
BCP XIII	126, 127, 128, 129, 130
BCP XIV	131, 132, 133, 134, 135
BCP XV	136, 137, 138, 139, 140
BCP XVI	141, 142, 145, 168, 170
BCP XVII	171, 172, 173, 174, 175
BCP XVIII	176, 177, 178, 179, 180
BCP XIX	181, 182, 183, 184, 185
BCP XX	186, 187, 188, 189, 190
BCP XXI	191, 192, 193, 194, 195
BCP XXII	196, 197, 198, 199, 200
BCP XXIII	210, 214, 216, 217, 218
BCP XXIV	219, 220, 221, 222, 224
BCP XXV	225, 227, 228, 229, 230
BCP XXVI	231, 232, 233, 234, 236
BCP XXVII	237, 238, 239, 240, 241
BCP XXVIII	242, 243, 244, 246, 247
BCP XXIX	248, 249, 250, 251, 252
BCP XXX	253, 254, 255, 256, 257
BCP XXXI	258, 260, 261, 263
LCP I	52, 53, 54, 55, 56
LCP II	57, 58, 59, 60, 61
LCP III	62, 63, 64, 65, 66
LCP IV	67, 68, 69, 70, 71
LCP V	72, 73, 74, 75, 76
LCP VI	77, 78, 79, 80, 81

LCP VII	86, 89, 90, 91, 92
LCP VIII	93, 94, 95
NCP I	36, 48, 50, 143, 144
NCP II	146, 147, 148, 149, 150
NCP III	151, 152, 153, 154, 155
NCP IV	156, 157, 158, 159, 160
NCP V	161, 162, 163, 164, 165
NCP VI	166, 167, 169, 201, 202
NCP VII	203, 204, 205, 206, 207
NCP VIII	208, 209, 211, 212, 213
NCP IX	215, 223, 226, 235, 245
NCP X	259, 262, 264, 265

A csoportokat megvizsgálva, azon csoportok esetében, amelyek fertőzöttnek bizonyultak a csoportot bontottuk. Majd a fertőzöttnek bizonyult csoportokat alkotó levélbolhák DNS mintáit egyesével ellenőriztük. A negatív eredményt adó csoportokat nem bontottuk tovább. Az azt alkotó levélbolhákat nem fertőzöttnek értékeltük.

3.6.1. Fertőzöttség vizsgálata

A DNS kivonást a vektorok DNS kivonása esetén alkalmazott általános kivonási módszerrel végeztük:

1. 200 µl (vagy 500 µl) CTAB (cetil-trimetil-ammónium-bromid) puffert 60°C-ra előmelegítettük.
2. Dörzsmozsarakat 20 percen keresztül 5%-os sósavban áztattuk, majd desztillált vízzel kiöblítettük a sterilizáláshoz és jégen tartottuk őket.
3. A rovar a sterilizált dörzsmozsárban folyékony nitrogén segítségével homogenizáltuk, majd az előkészített puffer segítségével centrifuga csőbe mostuk, és 30 percig 60°C-os vízfürdőben inkubáltuk.
4. A vízfürdő után 12 000 fordulat/percen (1 vagy) 3 percig szobahőmérsékleten centrifugáltuk, ezt követően a felülúszó elegyet (500 µl) leszívtuk és tiszta Eppendorf csőbe tettük át. Ehhez egységnyi (500 µl) kloroform:izoamilalkohol (24:1 v/v) keveréket adunk.
5. 3 perc óvatos rázogatós után az elegyet (12000 vagy) 8 000 fordulat/percen 8 percig szobahőmérsékleten centrifugáltuk (ennél a lépésnél fontos, hogy a centrifuga megállításánál ne legyen fékezve, hogy az elegy ne keveredjen fel).
6. A felülúszót átettük tiszta Eppendorf csőbe és egységnyi izopropanolt (-20°C) adtunk hozzá. Néhány másodpercnyi rázogatós után 13 000 fordulat/percen 20 percig, 4°C-on centrifugáltuk.

7. A kapott felülúszót előtöttük és a pellethez hozzáadtunk 300 µl 70%-os etanolt (-20°C), majd néhány perces rázogatást követően 10000 fordulat/percen 10 percig 4°C-on centrifugáltuk.
8. A kapott felülúszót leöntöttük, a kapott DNS pelletet vákuum alatt vagy szobahőmérsékleten szárítottuk be. Az etanoltól már mentes, száraz pelletet (nincs illata) 50/100 µl TE pufferben vagy desztillált vízben oldottuk vissza és 4°C-ra (ha még aznap vizsgáljuk) vagy -20°C-ra tettük (ha hosszabb időre kell) tárolni.

A fertőzőtségi vizsgálathoz univerzális primerpárokat használtunk. Az első PCR-hez R16F2n/R16R2 (1241 bp) a nested PCR-hez fU5/rU3 (876 bp) primerpárt alkalmaztunk.

A PCR program paraméterei az első PCR esetén: denaturáció: 94°C-on 1 percig, annealing: 55°C-on 1perc 15 másodpercig, elongáció: 72°C-on 2 percig. 35 ciklus letelte után az elongáció 72°C-on további 10 percig folytatódott. A PCR program paraméterei a nested PCR esetében: denaturáció: 95°C-on 1 percig, annealing: 55°C-on 1 percig, elongáció: 72°C-on 1 percig. 34 ciklus letelte után az elongáció 72°C-on további 5 percig folytatódott.

A PCR termékeket GelRed-et tartalmazó 1%-os agaróz gélben futtattuk meg 25 percen keresztül, 100V-os feszültség mellett, és a mintázatot UV fény alatt tettük láthatóvá. Marker méret létraként Fast Ruler TM Middle Range DNA Ladder-t használtunk.

3.6.2. Biotípus vizsgálata

A biotípus vizsgálathoz az előzőekben a vektorok DNS kivonása esetén alkalmazott általános kivonási módszerrel kivont DNS-t használtuk.

A biotípus vizsgálat során a PCR-hez a CpA425R (293bp), a CpB315R (177bp) és a Cp135F primereket (ezek a rovar ITS régióban vannak) használtuk az alábbi program paraméterekkel: denaturáció: 94°C-on 5 percig, annealing: 65°C-on 0,33 percig, elongáció: 72°C-on 0,5 percig. A 30 ciklus letelte után az elongáció további 0,5 percig folytatódott.

A PCR termékeket GelRed-et tartalmazó 2%-os agaróz gélben futtattuk meg 25 percen keresztül, 100V-os feszültség mellett, és a mintázatot UV fény alatt tettük láthatóvá. Marker méret létraként Fast Ruler TM Middle Range DNA Ladder-t használtunk.

3.7. Ragacslapos kísérlet

Kísérlet tervezés: A kísérlet 2020-ban, Boldogkőváralja közelében (48°21'00.8" N 21°13'44.3" E, blokkazonosító: FRDYWN20) egy kajszzi (*Prunus armeniaca* L.) ültetvényben lett beállítva (fajtaösszetételt az anyag és módszer részben található 2. számú táblázat tartalmazza). 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.) 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*16 cm) (CSALOMON[®], ATK, Növényvédelmi Intézet, Budapest) színes ragacslapokból négy különböző színt és egy kontrollt (sárgát, fluoreszcens sárgát/sárgászöldet, pirosat, fehéret, és átlátszót kontrollként) (8. ábra) 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 darab mindegyik típusból. Az ismétlések száma 10 (minden típusból 10 sorban szerepelt egy-egy), így a kihelyezett csapdák száma összesen 50 db 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 típusból egy darab) történő megfigyelést végeztünk a rajzás megkezdődésének ellenőrzésére (a korábbi évek gyűjtési tapasztalatai alapján a rajzás kezdetének várható időpontja előtt). A csapdázási időszak kezdete 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). A növény fejlettségi fázisait a BBCH skálaértékeivel jelöltük:

- BBCH 55-59: Pirosbimbós állapot

- BBCH 65: Fővirágzás fenológiai állapot (a virágoknak legalább az 50 %-a nyitva van, és az első szirmok már kezdenek hullani)
- BBCH 69: Sziromhullás állapota (az összes virág hullatja a szirmait)
- BBCH 70-72: Gyümölcskötődés fenológiai állapot
- BBCH 74-80: Gyümölcsnövekedés fenológiai állapot

Amikor a csapdák állapota szükségessé tette (nem megfelelően ragadt a belekerült por, levél stb. miatt), mindegyiket egyszerre cseréltük le és minden lecserélt csapdatípus helyére vele azonos lett rögzítve a korábbi helyére. Így a ragacslapok cseréje csak a megfelelő állapotfenntartás miatt történt, ezért az adatok értékelésekor ezekre úgy tekintünk, mintha 10 ragacslap lett volna kint minden egyes típusból a vizsgálat időszakában. 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. A ragacslapok 2020. 06. 06.-án kerültek végleges leszedésre.

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 kajsziparackon is (Lethmayer et al. 2011; Jarauscz et al. 2009), ezért a talált nőtény egyedeket *C. melanoneura* fajként azonosítottuk.

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.



8. ábra: A kísérlet során használt színes ragacslapok (forrás: saját fotók)

Statisztikai módszerek: A statisztikai elemzéseket hasonló módszerrel végeztük, mint Tholt és munkatársai (2017). Annak, eldöntésére, hogy a színek hatással vannak-e a levélbolha fogások számára, összesítettük a tíz ismétlésben szereplő 5 csapdatípus fogásszámait ismétlésenként és színenként az egyes fajokra a teljes vizsgálati periódus és az IM periódus alatt. Az adatsorok eloszlását minden külön teszt előtt 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 adattranszformáció nélkül illesztettük. Amikor a fogások teljes számát minden szín esetében fajon belül hasonlítottuk össze, páronkénti tesztek végeztünk az „EMmeans” R csomagban található Tukey-módosított P-értékekkel (Searle et al. 2012). A sárga csapdákból, a *C. pruni* és *C. melanoneura* összesített számát négyzetgyök transzformáció után, a fehér csapdákból pedig logaritmikusan transzformáció után, GLS modell 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 ragacs lapok eredményessége a *C. pruni* és a *C. melanoneura* esetében, GLS modell segítségével hasonlítottuk össze a két faj fogásszámait ezeken a színeken.

Korábbi adatok és 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, amikor a csapdák 10 ismétlésben kihelyezésre kerültek, 2020.04.15.-ig – ami a megfigyelési időszak 20. napja). A fentiekhez hasonlóan összesítettük a fogásszámokat a sárga és fehér ragacs lapokon, 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.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Kajszi ültetvények fertőzöttségi tünetek alapján történő felmérése (1. célkitűzés)

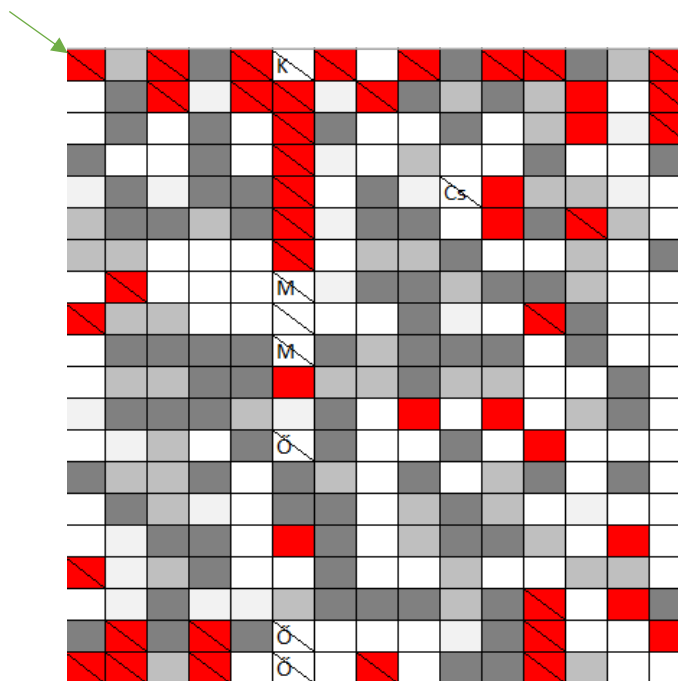
Az első, fenyveshez közelebb eső (az egyik sarkuknál a két terület sarkai csak pár méter távolságra vannak egymástól) felmért kajszi ültetvényben, eredetileg 300 fa volt. Ebből 7 fa nem kajszibarack (1 cseresznye, 1 körte, 2 mandula és 3 őszibarack fa) volt. Ez az ültetvényben lévő fák 2.33%-át tette ki.

92 I. skálaértékű fát (tünetmentes), 23 II. skálaértékűt (kezdetleges kanalasodás és sárgulás tünetek egy ágon), 47 III. skálaértékűt (kezdetleges kanalasodás és sárgulás tünetek több ágon), 82 IV. skálaértékűt (egy elhalt ág) és 49 V. skálaértékű (kiszáradt, elpusztult fa vagy fa hely) találtunk (8. táblázat).

8. Táblázat: Fertőzöttségi skálaértékek alakulása a tünetek alapján felmért első ültetvényben

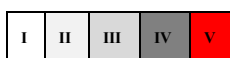
Tünetskála kategória	A skála értékhez tartozó fák száma
I	92
II	23
III	47
IV	82
V	49

Az ültetvény fertőzöttségi indexe 2,9 volt. A tüneti felmérés után, az ültetvény 300 fájából 201 fa mutatott fertőzés tüneteket. Ami azt jelenti, hogy a fák 68,60%-a fertőzött lehet a kórokozóval. A terület felmérési eredményét bemutató színezett fertőzöttség tüneti térkép az 9. ábrán látható.



9. ábra: Színezett fertőzöttségi térkép az első ültetvényről.

Minden egyes négyzet egy-egy fát jelöl az ültetvényben. Azok a négyzetek, amelyekben betű jelzések vannak, más gyümölcsfajt takarnak. (K: körte, M: mandula, Ó: őszibarack, Cs: cseresznye). Az ábra bal felső sarkába mutató zöld színű nyíllal, az ültetvénynek azon sarka van jelölve, amely részen a fenyvessel határos.



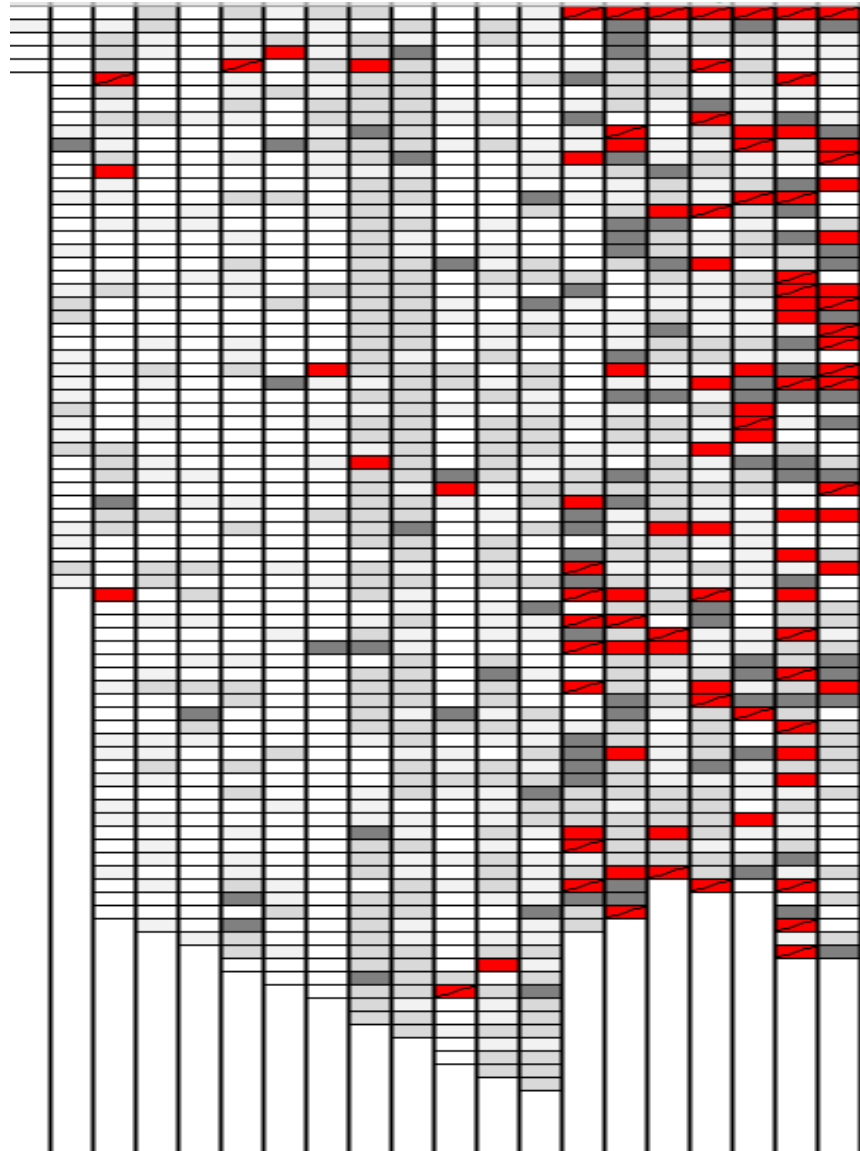
A második ültetvény esetében (amelyik távolabb esik a fenyvestől), eredetileg 1362 hely volt.

509 I. skálaértékhez tartozó (tünetmentes), 306 II. skálaértékhez tartozó, 359 III. skálaértékhez tartozó, 93 IV. skálaértékhez tartozó és 95 V. skálaértékhez tartozó (elpusztult) fát találtunk a felmérés során (9. táblázat).

9. Táblázat: Fertőzöttségi skálaértékek alakulása a tünetek alapján felmért második ültetvényben

Tünetek skála kategória	A skála értékhez tartozó fák száma
I	509
II	306
III	359
IV	93
V	95

Az ültetvény fertőzöttségi indexe 2,052 volt. A tüneti felmérés során összesen 853 tüneteket mutató fát találtunk. Az ültetvény fáinak 62,6%-a mutat fertőzés tüneteket. A felmérésről készült színes térkép a 10. ábrán látható.



10. ábra: Színezett fertőzöttségi térkép a második ültetvényről.
Minden egyes négyzet egy-egy fát jelöl az ültetvényben.

I	II	III	IV	V
---	----	-----	----	---

4.2. Kajsziarackról származó ESFY fitoplazma izolátum szekvencia vizsgálata (2. célkitűzés)

A második célkitűzésemhez kapcsolódó szekvenciavizsgálat eredményeként megállapítottuk, hogy a vizsgált kajsziában található izolátum az ESFY-G2 törzssel mutatott legnagyobb hasonlóságot.

A minta a PCR során egyértelmű pozitív eredményt adott. A szekvenálás nagyon jó minőségben összesen 1784bp-ig készült el mindkét irányból.

AGAGTTTGATCCTGGCTCAGGA TGAACGCTGGCGGCGTGCTTAATACATGC
AAGTCGAACGGAACTTTTAGTTTCAGTGGCGAACGGGTGAGTAACACGTA
AGTAACCTGCCTCTCAGACGAGGATAACAGTTGGAAACGACTGCTAAGACT
GGATATGAAGTTTTGAGGCATCTCGAACTTTTAAAAGACCCGCAAGGGTA
TGCTGAGAGATGGGCTTGCGGCACATTAGTTAGTTGGTAAGGTAATGGCTT
ACCAA AACTATGATGTGTAGCTGGACTGAGAGGTTGAACGGCCACATTGGG
ACTGAGATACGGCCAACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAAGGAATTTTCGG
CAATGGAGGAACTCTGACCGAGCAACGCCGCGTGAACGATGAAGTATTTA
GGTACGTAAAGTTCTTTTATTAAAGAAGAAAAAATGATGGAAAAATCATT
TGACGGTATTTAATGAATAAGCCCCGGCTAACTATGTGCCAGCAGCTGCGG
TAATACATGGGGGGCAAGCGTTATCCGGATTTATTGGGCGTAAAGGGTGCG
TAGGCGGTTAAATAAGTCTATGGTATAAGTTCAACGCTTAACGTTGTGATGC
TATAGAACTGTTTGACTAGAGTTGGATAGAGGCAAGTGGAAATTCATGTG
TAGCGGTAAAATGCGTAAATATATGGAGGAACACCAGTAGCGAAGGCGGCT
TGCTAGGTCTTAACTGACGCTGAGGCACGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGGA
TTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAAACGATGAGTACTAAGTGTGGGTT
AAACCAGTG TGAAGTTAACACATTAAGTACTCCGCCTGAGTAGTACGTAC
GCAAGTATGAACTTAAAGGAATTGACGGGACTCCGCACAAGCGGTGGATC
ATGTTGTTTAAATTCGAAGATACACAAAAACCTTACCAGGTCTTGACATACT
CTGCAAAGCTATAGAAATATAGTGGAGGTTATCAGGGATACAGGTGGTGCA
TGGTTGTCGTCAGCTCGTGTGTCGTGAGATGTTGGGTTAAGTCCCGCAACGAGC
GCAACCCTTATCACTAGTTACCATCATTTAGTTGGGCACTTTAGTGAGACTG
CCAATGATAAATTGGAGGAAGGTGGGGATTACGTCAAATCATCATGCCCT
TATGACCTGGGCTACAAACGTGATACAATGGCTGTTACAAAGAGTAGCTGA
AACGTGAGTTTTTAGCAAATCTCAAAAAACAGTCTCAGTTCGGATTGAAG

TCTGCAACTCGACTTCATGAAGTCGGAATCGCTAGTAATCGCGAATCAGCAT
GTCGTGGTGAATACGTTCTCGGGGTTTGTACACACCGCCCATCAAACCACGA
AAGTTGACAATACCCAAAACCAGTAGCCTAACTTGCAAAAAGAGGGAACTGT
CTAAGGTAGGGTTGATGATTGGGGTTAAGTCGTAACAAGGTATCCCTACCG
GAAGGTGGGGATGGATCACCTCCTTTCTAAGGAAAATATCATCTTCAGTTGT
GAAAGACTTAAAAAAGTTTTTTATTTTTTAAGATAAAAATCAATAATGGCT
TGGGCCTATAGCTCAGTTGGTTGAGACACACGCCTGATAAGCGTGAGGTCG
ATGGTTCGAGTCCATTTAGGCCACCAAATATTTATTTTTAAAAAACAAGC
TCTTTGAAAAGTAGATAAATTAAGGTTAGAAGAATTAAGAAATTAAGGGC
GCACAGTGGATGCCTTGGCACTAAGAGCCGATGAAGGACG
1773 bp

Kék: fP1/rP7 primerek, **zöld:** Egy-egy bázis eltérést találtunk az adatbázishoz képest.

99,6% egyezést találtunk a '*Candidatus* Phytoplasma prunorum' ESFY-G2 törzsével (AJ542545.1) a 16S rRNS gén, tRNS-*Ile* gén és 23S rRNS gén 1784 bp hosszú szakaszán.

A szekvenálás eredményeként megbizonyosodtunk arról, hogy a '*Ca.* Phytoplasma prunorum' kórokozó ESFY-G2-es törzsét találtuk meg a kajszifában.

4.3. Szilva levélbolha és más levélbolha fajok gyűjtése fenyőfélékről (3. célkitűzés)

Fenyőfélékről 2014 és 2020 között, összesen 1600 levélbolhát gyűjtöttünk, amelyből mindössze 25 egyed volt szilva levélbolha. Ezeket lucfenyőkön (*Picea abies* L.) és Douglas fenyőkön (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) találtuk.

Öt gyűjtött egyedet a határozóbélyegek sérülése miatt nem lehetett meghatározni.

A gyűjtés során 20 különböző levélbolha fajt találtunk. 18 eltérő település közelében. A gyűjtött fajok 3 családba (Psyllidae, Aphalaridae és Triozidae) sorolhatók.

A gyűjtést a következő növényeken végeztük: lucfenyő (*Picea abies*), erdei fenyő (*Pinus sylvestris* L.), Szerbluc (*Picea omorika* Pančić), Nordmann fenyő (*Abies nordmanniana* Steven), mamutfenyő (*Sequoiadendron giganteum* Lindl.), atlasz cédrus (*Cedrus atlantica* Endl.), közönséges tiszafa (*Taxus baccata* L.), Douglas fenyő (*Pseudotsuga menziesii*), feketefenyő (*Pinus nigra* J. F. Arnold), ezüstfenyő (*Picea pungens* f. *glauca* Engelm.), fenyves elegyes, boróka (*Juniperus sabina* L.), és Leyland ciprus (x *Cupressocypariss leylandii*).

Az említett növényeken a következő levélbolha fajokat találtuk: *Aphalara avicularis* (Ossiannilsson, 1981), *Aphalara calthae* (Linnaeus, 1761), *Aphalara polygona* (Foerster, 1848), *Bactericera albiventris* (Foerster, 1848), *Bactericera curvatinervis* (Foerster, 1848), *Bactericera femoralis* (Foerster, 1848), *Cacopsylla crataegi* (Schrank, 1801), *Cacopsylla melanoneura* (Foerster, 1848). Továbbá a *Cacopsylla peregrina* (Foerster, 1848), *Cacopsylla pruni* (Scopoli, 1763), *Cacopsylla pyricola* (Foerster, 1848), *Cacopsylla pyrisuga* (Foerster, 1848), *Cacopsylla rhamnocola* (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) fajokat.

A gyűjtés során voltak olyan egyedek, melyek fenyő elegyes (5 tús és luc fajok társulása) területeken lettek gyűjtve: *T. remota* (Martonvásár, egy egyed; és négy egyed Sós-kúton), valamint *C. melanoneura* (Soroksárról egy egyed, és Budakesziről három egyed). A különböző fenyőféléken gyűjtött levélbolha fajokat (a vegyes fajösszetételű területeken gyűjtöttek kivételével) a 10. számú táblázat foglalja össze.

10. táblázat: 2014 és 2020 közt gyűjtött levélbolha fajok áttelelő helyei

Növényfaj	Gyűjtés helye (tengerszint feletti magasság)	Gyűjtött fajok (egyedszám)	Gyűjtés időpontja	Gyűjtés módszere	GPS koordináták
Szerbluc	Budakeszi arborétum (290 m)	<i>C. melanoneura</i> (3), <i>T. remota</i> (7), <i>B. albiventris</i> (1)	2020.02.05	D-Vac	N47.525943 E18.873417
	Alsótekeres (167 m)	<i>A. avicularis</i> (1), <i>A. polygona</i> (5)	2017.02.27	háló	N46.956295 E18.187529
Nordmann fenyő	Alsótekeres (167 m)	<i>B. albiventris</i> (2), <i>C. melanoneura</i> (1), <i>T. remota</i> (2)	2017.02.27	háló	N46.956295 E18.187529
Boróka	Alsótekeres (167 m)	<i>T. remota</i> (4), <i>T. urticae</i> (1)	2017.02.27	háló	N46.956295 E18.187529
	Somogytúr (180 m)	<i>C. melanoneura</i> (1)	2015 március eleje	háló	N46.724453 E17.797446
	Soroksár (109 m)	<i>T. remota</i> (1)	2018.01.19	háló	N47.40053 E19.15433
Ezüstfenyő	Alsótekeres (167 m)	<i>B. albiventris</i> (1), <i>C. melanoneura</i> (1), <i>T. urticae</i> (1), <i>T. remota</i> (7)	2017.02.27	háló	N46.956295 E18.187529

Lucfenyő	Balatonvilágos (144 m)	<i>A. avicularis</i> (1), <i>B. albiventris</i> (3), <i>C. melanoneura</i> (2), <i>T. remota</i> (22), <i>T. urticae</i> (6)	2017.02.27	háló	N46.97982 E18.165774
	Budakeszi arborétum (290 m)	<i>B. albiventris</i> (3), <i>C. pyricola</i> (1), <i>T. remota</i> (16), <i>T. urticae</i> (1)	2020.02.05	D-Vac	N47.525943 E18.873417
	Fenyőfő (275 m)	<i>B. albiventris</i> (1), <i>C. melanoneura</i> (5), <i>T. urticae</i> (82)	2017.01.19	háló	N47.354385 E17.762146
	Eszter forrás völgye, Gyöngyöspata közelében (250 m)	<i>B. albiventris</i> (4), <i>C. melanoneura</i> (1), C. pruni (2), <i>T. remota</i> (12), <i>T. rhamnii</i> (1), <i>T. urticae</i> (4)	2020.02.25	D-Vac, háló	N47.839356 E.19.727127
	Júlia-major (316 m)	<i>A. polygoni</i> (10), <i>B. albiventris</i> (1), <i>C. crataegi</i> (1), <i>C. melanoneura</i> (4), <i>T. urticae</i> (8), <i>T. remota</i> (87)	2015.12.20	háló	N47.54786 E18.93470
	Martonvásár (120 m)	<i>T. remota</i> (1)	2015 február	háló	47°19'14"N 18°46'53"E
	Mátra (680 m)	<i>A. calthae</i> (6), <i>B. albiventris</i> (8), <i>B. curviventris</i> (1), <i>B. femoralis</i> (1), <i>C. crataegi</i> (4), <i>C. melanoneura</i> (18), <i>C. peregrina</i> (4), C. pruni (12), <i>C. pyrisuga</i> (4), <i>C. rhamnifolia</i> (2), <i>T. apicalis</i> (2), <i>T. remota</i> (104), <i>T. rotundata</i> (1), <i>T. rhamnii</i> (2), <i>T. urticae</i> (10)	2019.03.04	D-Vac, háló	N47.82830 E19.96375
		<i>A. avicularis</i> (2), <i>A. calthae</i> (1), <i>B. albiventris</i> (12), <i>C. crataegi</i> (5), <i>C. melanoneura</i> (108), C. pruni (8), <i>C. pyrisuga</i> (1), <i>T. remota</i> (199), <i>T. urticae</i> (22)	2020.02.20	D-Vac, háló	N47.82830 E19.96375
	Nagykovácsi (310 m)	<i>T. remota</i> (7)	2015.12.20	háló	N47.545278 E18.934167
	Nagyszakácsi (136 m)	<i>C. melanoneura</i> (1), C. pruni (1)	2020.03.13	háló	N46.4897 E17.3956
	Piliscsaba (290 m)	<i>B. albiventris</i> (1), <i>A. calthae</i> (1)	2020.02.29	háló	N47.617277 E18.891953
	Somogytúr (180 m)	<i>T. urticae</i> (1)	2015 március eleje	háló	N46.724453 E17.797446
	Soroksár (109 m)	<i>A. polygoni</i> (1), <i>T. remota</i> (1)	2018.01.19	háló	N47.40053 E19.15433
Sóskút (140 m)	<i>B. albiventris</i> (1), <i>T. urticae</i> (1), <i>T. remota</i> (4)	2015 téli hónapok	háló	N47.439378 E18.849831	
Leyland ciprus	Balatonvilágos (144 m)	<i>T. urticae</i> (4), <i>T. remota</i> (5)	2017.02.27	háló	N46.97982 E18.165774
	Budakeszi arborétum (290 m)	<i>T. urticae</i> (1)	2020.02.05	D-Vac	N47.525943 E18.873417
Erdei fenyő	Balatonvilágos (144 m)	<i>A. polygoni</i> (1), <i>B. albiventris</i> (1), <i>C. melanoneura</i> (1), <i>T. remota</i> (9)	2017.02.27	háló	N46.97982 E18.165774
	Boldogkővára (230 m)	<i>A. avicularis</i> (1), <i>A. polygoni</i> (3), <i>T. remota</i> (4)	2017.03.10	háló	48°21'26"N 21°14'19"E
	Budakeszi arborétum (290 m)	<i>A. avicularis</i> (1), <i>B. albiventris</i> (2), <i>C. melanoneura</i> (7), <i>T. remota</i> (18)	2020.02.05	D-Vac	N47.525943 E18.873417
	Kecskemét (130 m)	<i>B. albiventris</i> (12), <i>T. remota</i> (31), <i>T. urticae</i> (2)	2018.02.05	háló	N46.938928 E19.569771
	Martonvásár (120 m)	<i>T. remota</i> (1)	2014 január	háló	47°19'14"N 18°46'53"E
	Mátra (680 m)	<i>B. albiventris</i> (2), <i>C. melanoneura</i> (4), <i>T. remota</i> (141), <i>T. urticae</i> (5)	2019.03.04	D-Vac, háló	N47.89482 E19.86206
		<i>A. avicularis</i> (1), <i>A. polygoni</i> (1), <i>B. albiventris</i> (34), <i>C. crataegi</i> (2), <i>C. melanoneura</i> (6), <i>T. neglecta</i> (1), <i>T. remota</i> (34), <i>T. urticae</i> (2)	2020.02.25	D-Vac, háló	N47.90099 E19.94519
	Páty (265 m)	<i>B. albiventris</i> (8), <i>C. crataegi</i> (1), <i>T. remota</i> (17), <i>T. urticae</i> (1)	2016 január	háló	N47.507691 E18.850542
	Somogytúr (180 m)	<i>A. polygoni</i> (1), <i>C. melanoneura</i> (2), <i>T. urticae</i> (1), <i>T. remota</i> (44)	2015 március eleje	háló	N46.724453 E17.797446
	Sóskút (140 m)	<i>T. urticae</i> (2)	2016 téli hónapok	háló	N47.439378 E18.849831
		<i>A. polygoni</i> (1), <i>B. albiventris</i> (1), <i>C. melanoneura</i> (3), <i>T. remota</i> (23), <i>T. urticae</i> (2)	2018 téli hónapok	háló	N47.439378 E18.849831
		<i>C. melanoneura</i> (1), <i>T. urticae</i> (2), <i>T. remota</i> (9)	2019 téli hónapok	háló	N47.439378 E18.849831
	Verpelét (190 m)	<i>A. polygoni</i> (2), <i>B. albiventris</i> (5), <i>C. melanoneura</i> (14), <i>C. crataegi</i> (2), <i>C. saliceti</i> (3), <i>T. remota</i> (88), <i>T. urticae</i> (2)	2018 január	háló	N47.801022 E20.196172

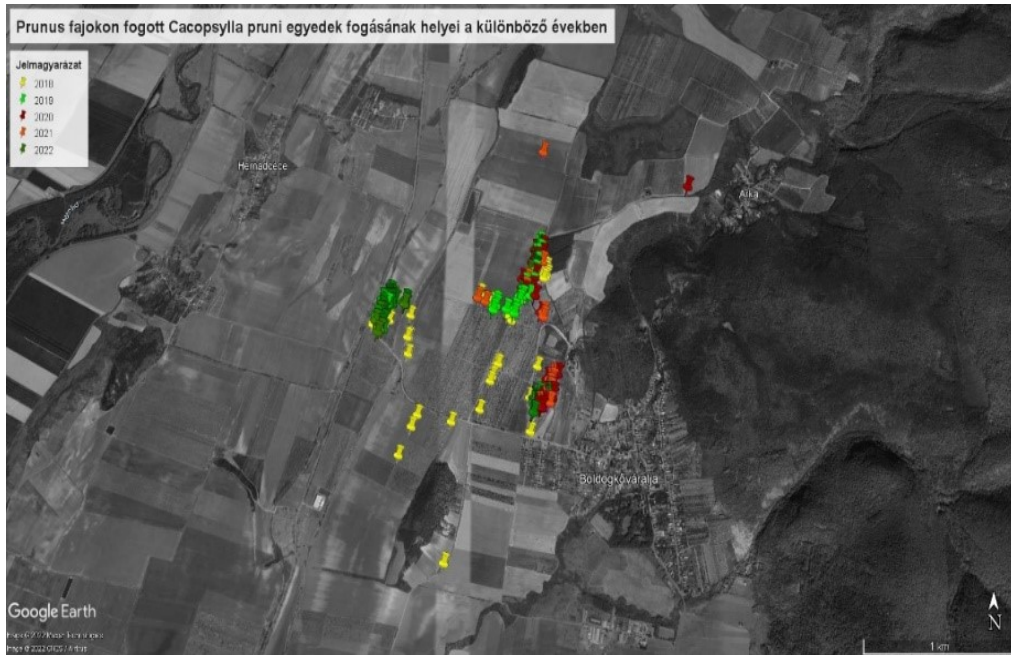
Douglas-fenyő	Budakeszi arborétum (290 m)	<i>A. avicularis</i> (1), <i>A. calthae</i> (1), <i>A. polygoni</i> (1), <i>B. albiventris</i> (2), <i>C. melanoneura</i> (5), <i>C. pruni</i> (2), <i>T. remota</i> (28), <i>T. urticae</i> (1)	2020.02.25	D-Vac	N47.525943 E18.873417
Mamut fenyő	Budakeszi arborétum (290 m)	<i>C. melanoneura</i> (1)	2020.02.25	D-Vac	N47.525943 E18.873417
Atlasz cédrus	Budakeszi arborétum (290 m)	<i>T. remota</i> (1)	2020.02.25	D-Vac	N47.525943 E18.873417
Fekete fenyő	Mátra (680 m)	<i>C. crataegi</i> (2), <i>C. melanoneura</i> (24), <i>C. pyricola</i> (2), <i>C. rhamnicola</i> (2), <i>T. remota</i> (40)	2019.03.04	D-Vac, háló	N47.89583 E19.95316
	Soroksár (109 m)	<i>A. polygoni</i> (1), <i>B. albiventris</i> (1), <i>C. melanoneura</i> (2), <i>T. urticae</i> (3), <i>T. remota</i> (8)	2018.01.19	háló	N47.40053 E19.15433
Tiszafa	Júlia-major (316 m)	<i>T. urticae</i> (1)	2015.12.20	háló	N47.54786 E18.93470

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 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.

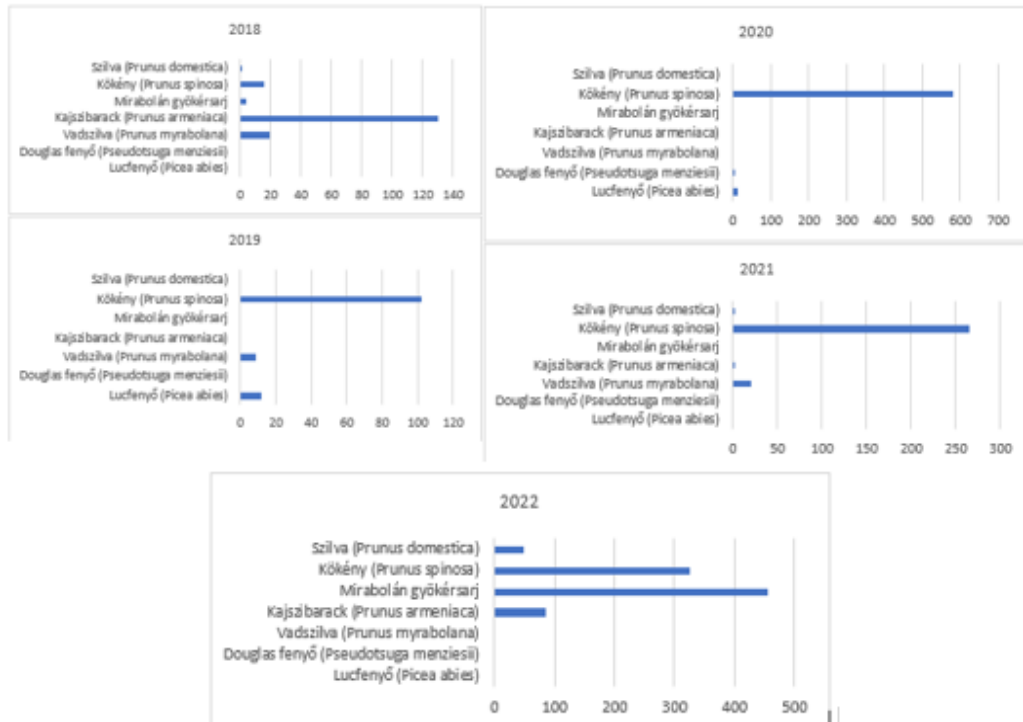
4.4. Levélbolhák gyűjtése a szilva levélbolha rajzásának időszakában (4. célkitűzés)

Szilva levélbolha gyűjtése *Prunus* fajokon: 2018 és 2022 között összesen 2063 *Cacopsylla pruni* egyedét gyűjtöttünk *Prunus* fajokról (vadszilva, kajszibarack – *Prunus armeniaca*, mirabolán gyökérsarj, kökény – *Prunus spinosa*, és szilva – *Prunus domestica*) (11. ábra).



11. ábra: *Prunus* fajokon gyűjtött *Cacopsylla pruni* egyedek fogásainak helyei a különböző években (forrás: saját ábra).
 Citromsárga: 2018, világoszöld: 2019, piros: 2020, narancssárga: 2021, sötétzöld: 2022.

A gyűjtött szilva levélbolhák növényeken belüli számszerű megoszlását az évek tükrében a 12. ábra szemlélteti.



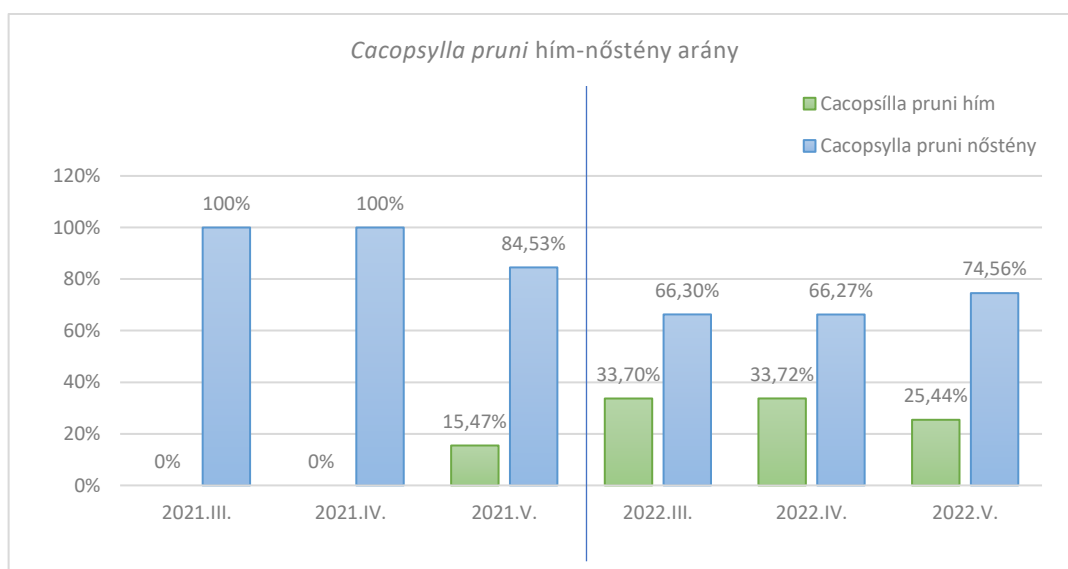
12. ábra: *Cacopsylla pruni* egyedszámának megoszlása növényenként az egyes években

A szilva levélbolha tápnövényein az ivararányok megoszlását a 2021-es és 2022-es rajzás során az 13. ábra szemlélteti.

Az ivararányok a vizsgált területen 2021-ben és 2022-ben is némileg eltérően alakultak a Mergenthaler Emese és munkatársai (2017) által tapasztaltaktól.

A 2021-es évben, március és április hónapokban csak nőstényeket tudtam gyűjteni. Ezt az évet a rajzás időszakában extrém időjárás jellemezte – márciusban 0,6°C-kal volt alacsonyabb a havi középhőmérséklet, a sok évi átlagnál, míg áprilisban 2,9°C-kal, májusban pedig 2,1°C-kal (OMSZ). Ennek köszönhetően, az egész rajzás során kisebb egyedszámmal (291 gyűjtött egyed) voltak jelen a szilva levélbolhák, mint az ezt követő, a rajzási időszakban normális évjáratnak mondható 2022-es évben (914 gyűjtött egyed).

A 2022-es évben némileg kiegyenlítődtebb arányokat tapasztaltam, mint amit a fentebb említett munka során találtak.



13. ábra: *Cacopsylla pruni* ivar arányának megoszlása a 2021-es és 2022-es rajzás során havonkénti bontásban

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. A rajzási megfigyelések során készült fotók a tápnövény fenofázisoknak megfelelően rendezve a 3. számú mellékletben láthatók.

Egyéb levélbolha fajok a vektor rajzásának időszakában: *Prunus* fajokról a következő egyéb levélbolha fajokat gyűjtöttem: *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 tápnövényein a *Cacopsylla rhamnicola* (Scott, 1876) (14. ábra) fajt találtam varjútövis-bengén (*Rhamnus cathartica*).



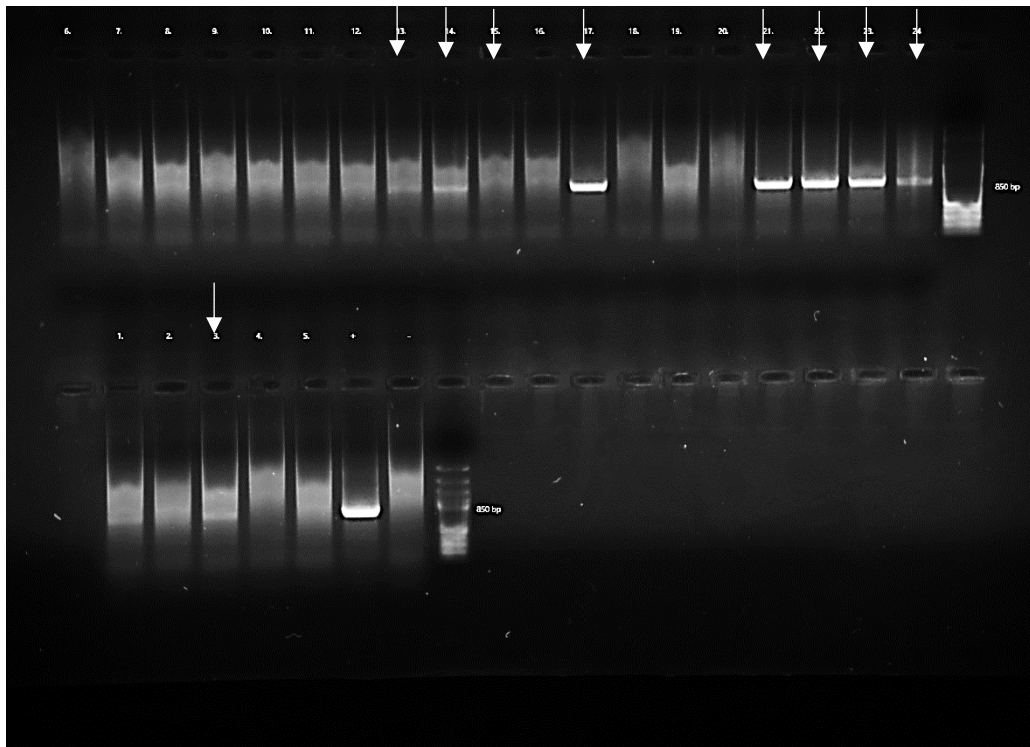
14. ábra: *Cacopsylla rhamnicola* varjútövis-bengén (*Rhamnus cathartica*) (forrás: saját fotók)

4.5. Szilva levélbolhák fertőzöttségének és biotípusának vizsgálata (5. célkitűzés)

4.5.1. Fertőzöttség vizsgálata (2018-ban)

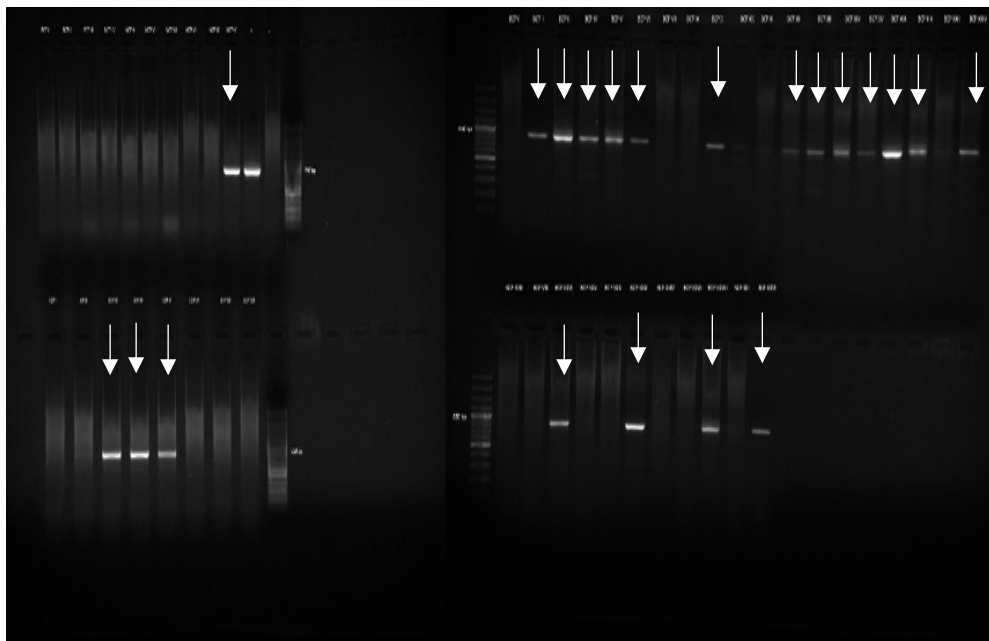
A fertőzöttség vizsgálat során megállapítottuk, hogy a gyűjtött 155 szilva levélbolha imágó közül 95 egyed fertőzött a kórokozóval (15. és 16. ábra, 17. ábra, 11. táblázat).

Az egyedileg vizsgált levélbolha egyedek (1-24 laborkód) esetén, a nagyváradi minták közül (1-5 laborkódúak) 1 bizonyult fertőzöttnek. A bekecsi minták esetében (6-24 laborkódúak), a 15 egyedből 7 egyed bizonyult fertőzöttnek (15. ábra).



15. ábra: Az 1-24 laborkódú szilva levélbolha egyedek fertőzöttségi vizsgálatának gélfotója. A fehér nyilak a pozitív eredményt mutató mintákat jelölik.

A Boldogkőváralja térségéből gyűjtött levélbolhák csoportos vizsgálata során pozitív eredményt adó csoportok gélfotóját a 16. ábrán és a 11. számú táblázatban mutatom be.

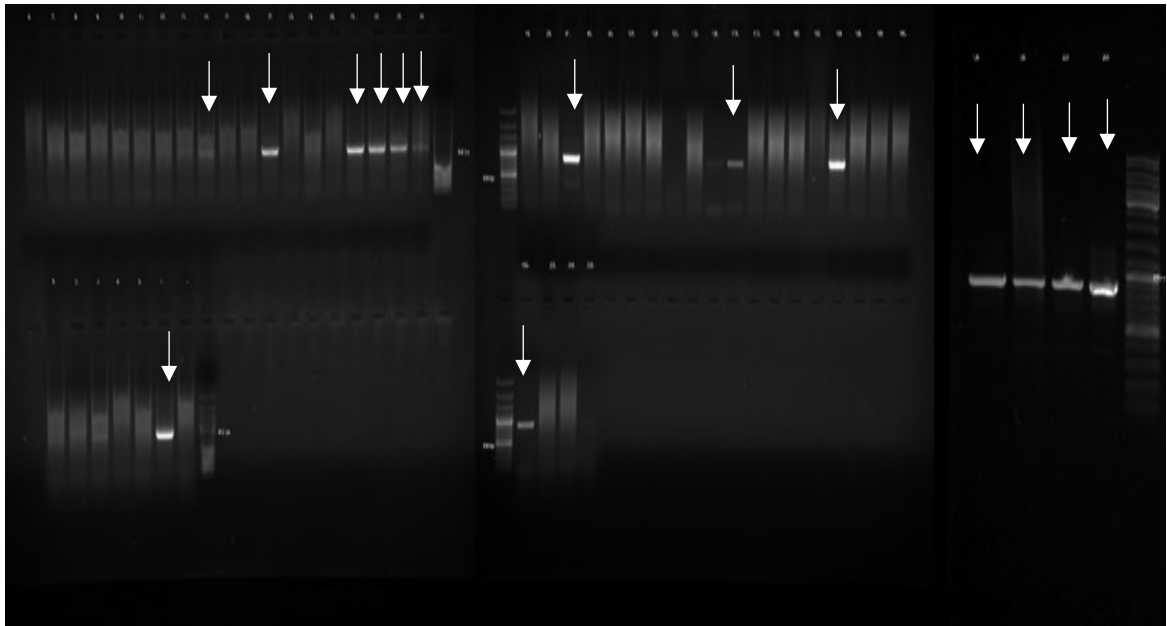


16. ábra: A gyűjtött szilva levélbolha egyedek fertőzöttség vizsgálatának csoportosított („bulk”) PCR tesztek gélképei. A fehér nyilak a pozitív eredményt mutató csoportokat jelölik.

11. Táblázat: A csoportos fertőzöttségi DNS vizsgálat eredményei

Levélbolha DNS csoportok	Csoportos PCR vizsgálatok eredménye
BCP I	-
BCP II	+
BCP III	+
BCP IV	+
BCP V	+
BCP VI	+
BCP VII	+
BCP VIII	-
BCP IX	-
BCP X	-
BCP XI	+
BCP XII	+
BCP XIII	+
BCP XIV	+
BCP XV	+
BCP XVI	+
BCP XVII	+
BCP XVIII	+
BCP XIX	+
BCP XX	+
BCP XXI	+
BCP XXII	+
BCP XXIII	+
BCP XXIV	+
BCP XXV	-
BCP XXVI	+
BCP XXVII	-
BCP XXVII	-
BCP XXIX	+
BCP XXX	-
BCP XXXI	+
LCP I	-
LCP II	+
LCP III	+
LCP IV	+
LCP V	+
LCP VI	+
LCP VII	-
LCP VIII	-
NCP I	-
NCP II	-
NCP III	-
NCP IV	-
NCP V	-
NCP VI	-
NCP VII	-
NCP VIII	-
NCP IX	-
NCP X	+

A fertőzöttnek bizonyult csoportok bontását és az őket alkotó levélbolhák DNS-ének egyedi vizsgálatát követően (17. ábra) 87 fertőzött szilva levélbolha (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. A fertőzött egyedek laborkódjait a 12. számú táblázat tartalmazza.



17. ábra: A csoportosított PCR teszteken pozitív eredményt adott csoportok bontását követő egyedi szilva levélbolha fertőzöttség PCR vizsgálatának gélképei. A fehér nyilak a pozitív eredményt mutató mintákat jelölik.

Így a vektor bekecsi fertőzöttségi aránya 46,67%, a boldogkőváraljai pedig 67,44%.

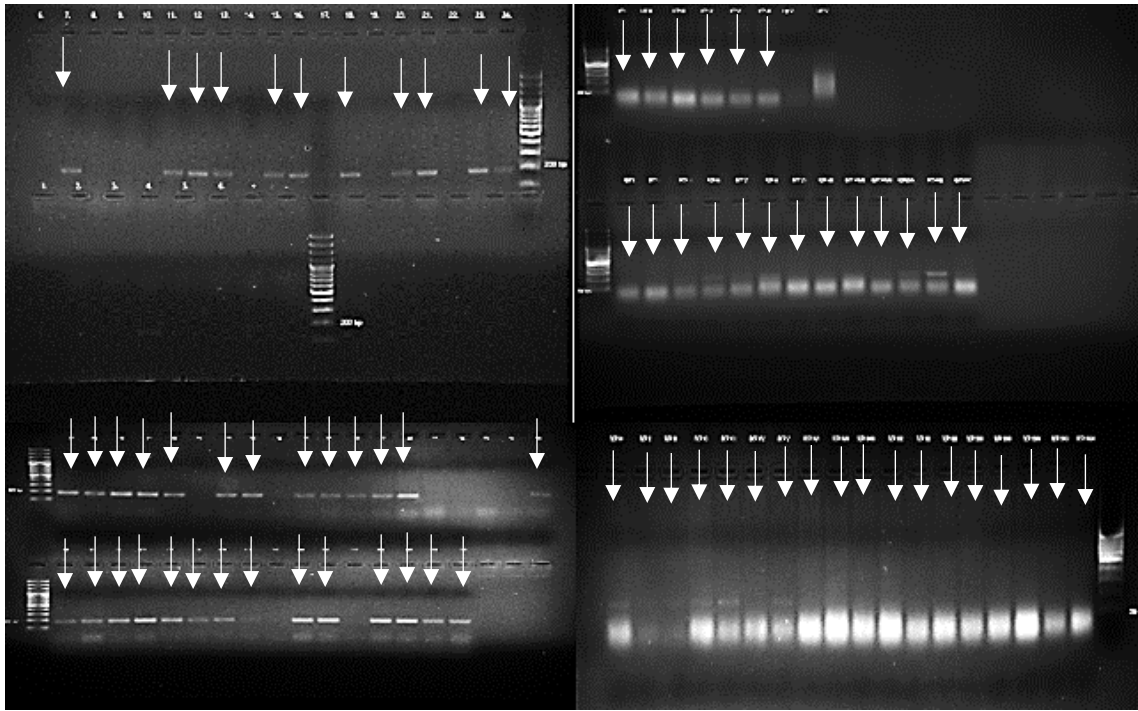
12. táblázat: 2018-ban gyűjtött fertőzött *Cacopsylla pruni* egyedek az egyes mintaterületeken

Település	Hím	Nőstény
	fertőzött	fertőzött
Nagyvárad	-	1 (3)
Bekecs	3 (14, 17, 22)	4 (13, 21, 23, 24)
Boldogkőváralja	16 (30, 35, 38, 44, 118, 122, 128, 133, 137, 172, 176, 190, 191, 192, 194, 197)	70 (31, 32, 33, 34, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 51, 83, 84, 85, 87, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 123, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 134, 135, 138, 139, 140, 141, 142, 145, 168, 170, 171, 175, 177, 179, 180, 181, 183, 184, 185, 186, 187, 193, 196, 198, 199, 200, 228, 229, 230, 242, 243, 244, 246, 247, 249, 250, 251, 252, 259, 260, 261, 263)

Magyarázat: a fertőzött egyedszámok mögötti zárójelben sorolom fel az egyedekhez tartozó laborkódokat.

4.5.2. Biotípus vizsgálata (2018-ban)

A biotípus vizsgálat eredményeként megállapítottuk, hogy mindhárom település esetében (Nagyvárad, Bekecs, Boldogkőváralja), a gyűjtött levélbolhák mindegyike a B biotípushoz tartozott (18. ábra).



18. ábra: A gyűjtött szilva levélbolha egyedek biotípus vizsgálatának gélképei

4.6. Ragacslapos kísérlet (6. célkitűzés)

2020 során a szilva levélbolha ragacslapos csapdázása 11 héten keresztül folyt, márciustól júniusig, kajszifákon. 1517 levélbolha került azonosításra a *Psyllidae* családból (13. táblázat).

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

Csapdák színe	<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%

A kísérlet során különböző felületeken találok *Cacopsylla pruni* egyedekkel, amelyeket a 19. ábrán szemléltetek.

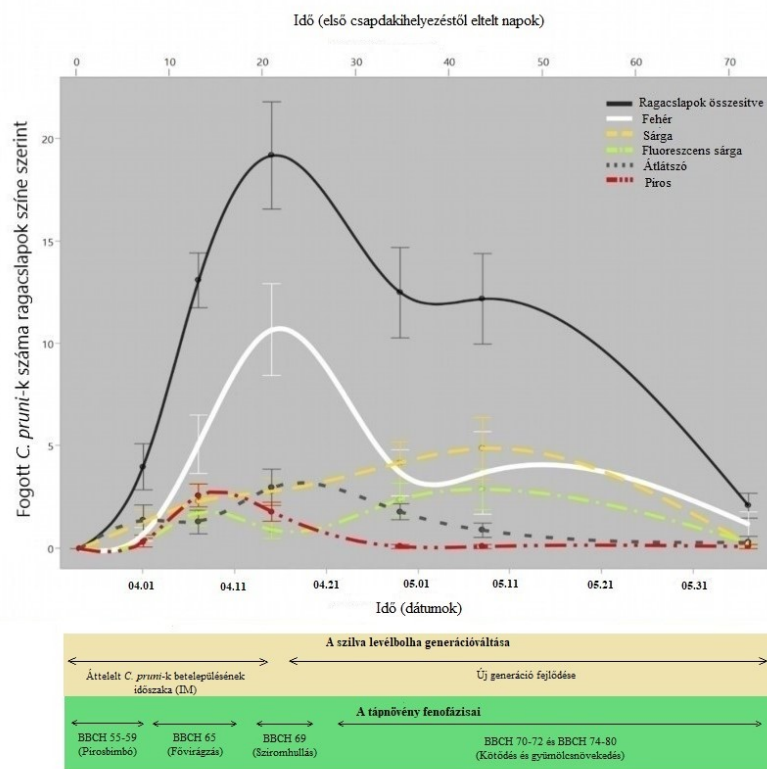


19. ábra: *Cacopsylla pruni* különböző felületeken, a kísérlet során (Balra: fehér színű ragacslapon, középen: fehér színű nejlonszatyron, amiben a ragacslapok szállítva voltak, jobbra: a szemüvegem) (forrás: saját fotók)

Az egyedek többsége, a *Cacopsylla* génuszhoz tartozott, míg a második legnagyobb csoport a *Triozidae* volt, mindössze 33 fogott egyeddel. Más rovarcsoportok, vagy példányok nem-célzott fogásai nem voltak jelentős számban.

Az első áttelelő *C. pruni* imágókat 2020.03.29.-én fogtuk (21. ábra). A csapdázási időszak során az első megjelent új generációhoz tartozó *C. pruni* imágó 2020.05.16.-án jelent meg. A csapdába a vizsgálati időszak végéig összesen 9 ilyen egyed ragadt. Ezek az új generációhoz tartozó imágók nem szerepelnek a *C. pruni* betelepülő, már áttelelt egyedeire vonatkozó egyedszámai között az elemzésben.

A szilva levélbolha betelepülési időszakának a csúcsa április közepén (22. nap a 20. ábrán) tetőzött.



20. 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).

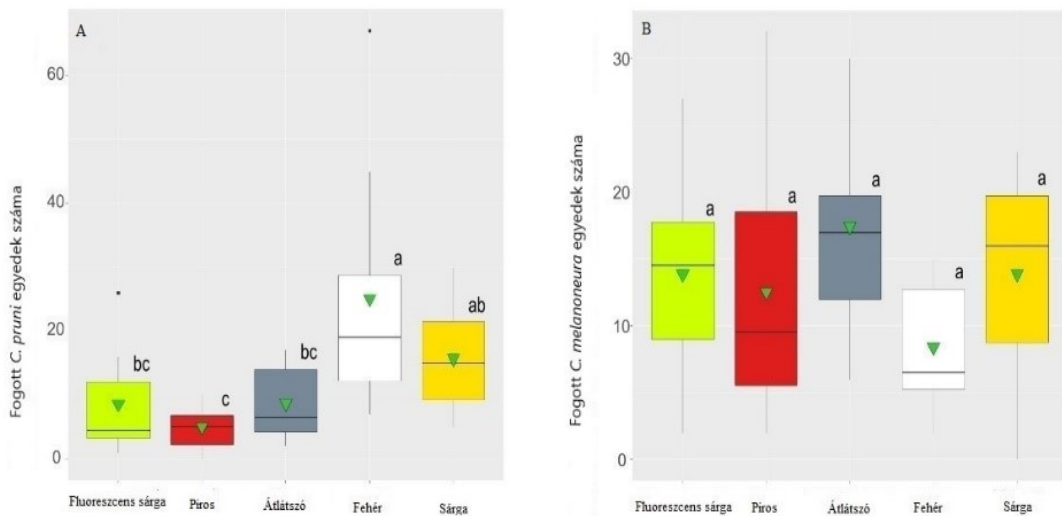
A fogásokat összesítettük az összes szín összes ismétlés esetében (fekete vonal), a színeken belül (színes vonalak) a csapdacseré periódusaira, és az átlagot 10 ismétlésből számítottuk ki. Az alsó dobozok a *C. pruni* és a kajsziabarack fejlődési fázisait mutatják a vizsgálati időszak során és helyszínén, a növényeken végzett terepi megfigyelések alapján. A pontok olyan átlagokat jelölnek, amelyekben a hibasávok szabványos hibaként szerepelnek. A spline folyamatosan illeszkedik. Az alsó, x-tengely a dátumokat, a felső a kísérlet kezdete óta eltelt napokat jelöli.

A hímek és nőtények számában, a *C. pruni* esetén nem volt különbség (300 egyedből álló minta alapján a szilvalevélbolhák 56%-a volt nőstény), fiatal egyedek (lárva/nimfa) a csapdákból 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 különbségeket mutatott az egyes színek között (21/A ábra).

A fehér színű csapdák fogták a legtöbb szilvalevélbolhát. Páronkénti összehasonlításban, a fehér csapdák szignifikánsan többet fogtak, mint a piros, az átlátszó és a fluoreszcens sárga csapdák. A sárga csapdáknak csak a piros csapdákénál volt szignifikánsan magasabb a fogási eredménye (14. 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 tekintetében (21/A ábra).

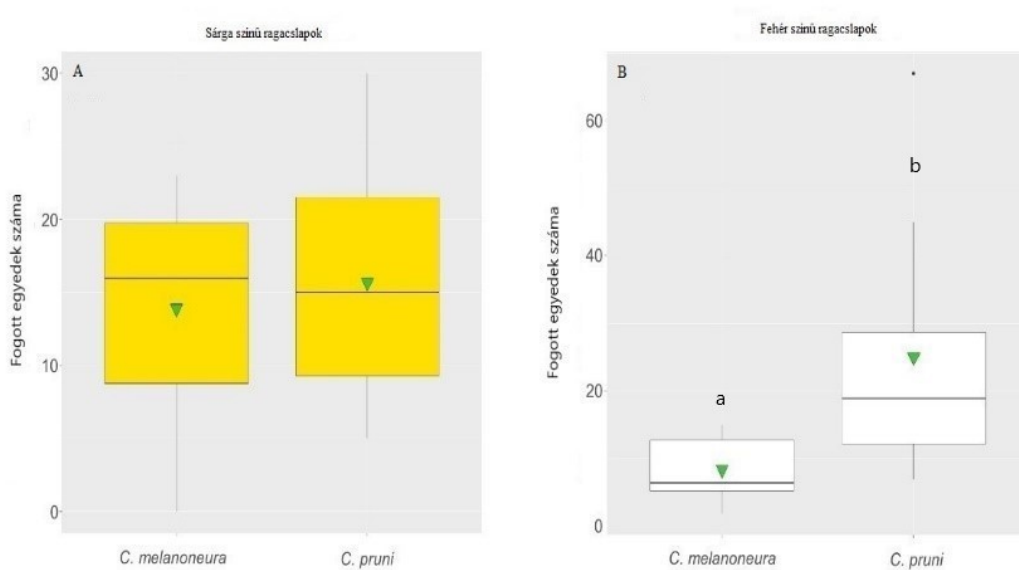


21. ábra: A kajsziültetvényben előforduló, két leggyakoribb *Cacopsylla* faj: *C. pruni* (A) és *C. melanoneura* (B) színpreferenciája. A grafikonok az egyes színes ragacsapok (Y-tengely) fogásainak átlagos számát mutatják a teljes megfigyelési időszak alatt. Az X-tengelyen láthatók a csapdák színei. 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.

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

Többszörös összehasonlítások								
Megfigyelési időszak	Tárgy	Összehasonlított változók		Modell	Adat transzformációk	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	Adat transzformációk	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 kajsi 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 csapda esetében. Ennél a fajnál, a csapdaszínek nem befolyásolták a fogási eredményeket (21/B ábra; 14. 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* (22/B ábra), szemben a sárga színű csapda fogási arányaival, amelyben több *C. melanoneura* volt, mint *C. pruni* (22/A ábra, 14. táblázat).



22. ábra: A sárga (A) és fehér (B) színű ragacslapok fogási hatékonyságának összehasonlítása a teljes vizsgálati időszakban *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 zömmel ezek végezték, és a kísérleti időszakban az ültetvény környékén több méhcsalád is volt.

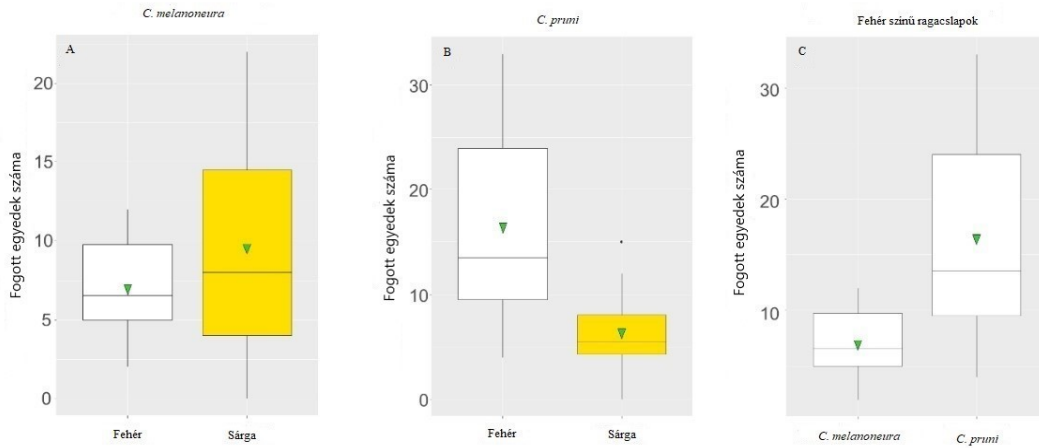
A *C. pruni* tekintetében a fehér és sárga színű csapdák fogásai közötti különbség nem volt állandó a teljes felmérés során (20. ábra, 14. táblázat).

A fehér színű csapdák a megfigyelési időszak első 3 hetében (betelepülési időszak, IM) lényegesen több egyedet fogtak, mint a sárga színű csapdák. A sárga csapdák nagyobb egyedszámban fogtak április közepe után, mint az azt megelőző időszakban.

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), amivel egy időben a szomszédos kökények virágszirmai látszódní kezdtek (BBCH 58), majd csökkenni kezdett, amikor mindkét növény (kajszi és kökény) virágzási időszaka a vége felé közeledett (BBCH 69-70) (20. ábra).

A sárga színű ragacslapok hatékonysága a fehér színűekhez képest a lomb növekedési időszakában, azaz a szíromhullástól kezdődően tetőzött.

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 csapdázásához (23. ábra; 14. táblázat).



23. 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 ragacsapon (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.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Kajszi ültetvények fertőzöttségi tünetek alapján történő felmérése (1): a vizsgált kajszi ültetvényekben a fertőzöttségi tünetek alapján megbetegedett fák aránya (68,60 % az első, és 62,6% a második ültetvény esetén) kicsivel alacsonyabbak, mint az ebben a térségben a korábban végzett tüneti felmérések során talált arányok (77%) (Tarcali et al. 2010; Tarcali et al. 2022).

A kórokozó törzs vizsgálata (2): A kórokozó törzs vizsgálata során az izolátumunk a 'Candidatus Phytoplasma prunorum' ESFY-G2-es virulens törzsével mutatta a legnagyobb hasonlóságot. Ezt a törzset Dossenheimben (Németország) írták le (Seemüller – Schneider, 2004). Az ESFY-G2-es törzset megtalálták továbbá kajszibarack esetén Spanyolországban (Torres et al. 2010), cseresznye esetében Lengyelországban (Cielińska – Smolarek, 2019) és szilva esetében Iránban (Allahverdi et al. 2014) (4. számú melléklet 3. ábrája). A tény, hogy izolátumunk egy virulens törzzsel mutatott nagyfokú hasonlóságot, még inkább rávilágít a terjedés megelőzésének fontosságára.

Levélbolha gyűjtések fenyőféléken (3): Hiányzó ismeretek voltak arról, hogy a szilva levélbolha (*Cacopsylla pruni*) hol és mely más levélbolha fajokkal együtt telet át hazánkban. Vizsgálatunk eredményeként a szilva levélbolha hazai téli tápnövényeként a lucfenyőt (*Picea abies*), és a Douglas fenyőt (*Pseudotsuga menziesii*) (hazánkban nem őshonos fafaj) találtuk meg, ami részben (Douglas fenyő kivételével) megegyezik a mások által talált fajokkal (Ossiannilsson, 1992; Hodkinson, 2009). A hazai fenyőkön történő levélbolha gyűjtések során tapasztalt alacsony szilva levélbolha egyedszám összecseng azzal a megfigyeléssel, miszerint a faj aero-plankton (Greenslade et al. 2021) és tavasszal messzebről települ be az ültetvényekre, mint azt korábban feltételezték (Thébaud et al. 2009). A hazai leírt 80 levélbolha faj (Kontschán et al., 2020) közül 20 fajt találtunk meg fenyőféléken. Mivel a gyűjtési módszerek még nem elég kiforrottak, ahhoz, hogy az egyes fafajok telelésben betöltött pontos szerepét értékelhessük további vizsgálatok szükségesek.

Szilva levélbolha és más levélbolha fajok gyűjtése *Prunus* fajokon a vektor rajzásának idejében (4): 2018 és 2022 között, egyelés módszerrel 2063 szilva levélbolha egyedét gyűjtöttünk. Szintén a szilva levélbolha tápnövényein, annak rajzási időszakában

kökényen, kajsziarackon, szilván és mirabolán gyökérsarjakon *Cacopsylla melanoneura* és kajsziarackon, valamint szilván *Cacopsylla crataegi* fajokat gyűjtöttünk. A levélbolha gyűjtések során a szilva levélbolha rajzásával egy időben a *C. rhamnicola* fajt is megtaláltuk, amely előfordulásáról korábban csak Budapest (Józsefváros) (Ripka, 1997) és Mesteriről (Ripka, 2009) voltak említések.

A szilva levélbolha fitoplazma fertőzöttségének és biotípusának vizsgálata (5): A vizsgálataink során tapasztalt szilva levélbolha fertőzöttségi arány meglepően magasnak tűnik néhány korábbi publikált hazai és külföldi tapasztalatokhoz képest: Egyes területeken 15% körüli Franciaországban, de országos átlagban csak 3%-os (Yvon et al. 2004), Törökországban ennél magasabb, 23% körüli (Serçe et al. 2011). Hazánkban a franciaországi fertőzöttebb területekhez hasonlóan 15% körül alakult a fertőzöttségi arány (Mergenthaler et al. 2017). A vizsgált területeken ezek az arányok jóval magasabbak voltak, mint a fentebb említett területeken tapasztalt fertőzöttségi arányok. Boldogkőváralja térségében 67,4%, amely azonban hasonló a korábban ebben a térségben tapasztalt 77%-nak, a Bekecs térségében vizsgált területen 46,67% ami azonban elmarad a korábban itt tapasztalt 75-80%-os fertőzöttségi aránytól (Tarcali et al. 2010, Tarcali et al. 2022). A térség a Zempléni-hegység nyugati lábánál, a Hernád völgyének peremén fekvő település. A falu egy olyan északi és keleti irányban, körben hegyekkel körülvett és kisebb dombokkal övezett katlanban fekszik, amely délnyugati irányból nyitott. A területen sok kajszi ültetvény található. A magas fertőzöttségi arányt magyarázhatja, a katlanban lévő elhelyezkedés, és az azt körülvevő hegyek/dombok, mint természetes földrajzi határ jelenléte.

A biotípus vizsgálat során kapott eredmények (csak B biotípushoz tartozó *C. pruni* egyedeket találtunk) megegyeznek a Mergenthaler Emese és munkatársainak (2017) vizsgálata során találtakkal. Ez az eredmény összecseng az Oetl – Schlink (2015) által találtakkal is, akik Szerbia, Csehország, Észak-Olaszország, és Németország területén, valamint Törökországban szintén csak a B biotípushoz tartozó egyedeket találtak. Franciaországban mára mindkét (A és B) biotípus elterjedt (Sauvion et al. 2021) (4. számú melléklet, 5. ábra).

Ragacslos kísérlet (6): Kísérletünk során a fehér színű csapdák jobban vonzották a szilva levélbolhát, mint a sárga vagy más színűek, különösen a betelepülési időszakban, amikor az áttelelt imágók megjelentek az ültetvényben.

A fitofág rovarok gazdanövényváltását környezeti változók és táplálkozásukat befolyásoló tényezők szabályozzák, például a gazdanövény fenofázisa (Gallinger – Gross 2020). A tápnövények fiziognómiája és ökológiai alkalmazkodása az említett klimatikus tényezők, különösen a hőmérséklet és a páratartalom rendelkezésre állása révén szelektív nyomást közvetítenek a levélbolhákra (Hodkinson, 2009). Így a gazdanövényekkel való fenológiai szinkron kulcsfontosságú a levélbolhák hosszú távú alkalmazkodása szempontjából. Ilyen típusú szinkronizációra, ami a levélbolhák színpreferenciájának változásán keresztül nyilvánul meg a gazdanövény fenológiai fázisával párhuzamosan, a *C. pyricola* (Kryson – Horton 1991; Hroton – Lewis 1997; Cooper et al. 2012), és három eukaliptusszal táplálkozó levélbolha faj esetén (Farnier – Steinbauer 2016) is van példa.

Kísérletünk során *C. pruni* akkor jelent meg a legnagyobb egyedszámban a fehér színű csapdákbán, amikor *Prunus* gazdanövényei a virágzás fenofázisában voltak. Ebben az időszakban három uralkodó szín van a tájon: a gazdanövény virágszirmainak a színe, ami általában fehér, a zöld növényzet, ami a talajt borítja, valamint a fa kéreg és a föld sötét barna árnyalatú színei, amikről úgy vélik, hogy a fitofág rovarok számára elkerülendő (Kostal – Finch, 1994). Ezek közül a kontrasztos színek közül a fehér jelzi a *Prunus* fajok, mint tápnövények elérhetőségét a *C. pruni* számára.

A levélbolhákról régóta ismert az aero-planktonként való viselkedésük (White, 1970a; Greenslade et al. 2021). Kísérleti eredményeink is arra engednek következtetni, hogy a fehér színpreferencia segíti őket a virágzó tápnövényfoltok megtalálásában. A színpreferencia a virágzást követően, amikor a fehér szín „kimerül” (csökken), megváltozhat. Ekkor a fehér szín már nem jelzi a gazdanövényeket. Eredményeink alapján úgy gondoljuk, ettől a szakasztól kezdődően, a levélbolha számára sokkal előnyösebb, ha a frissen megjelenő növényi részek zöld színét részesíti előnyben. A növény fenológiai változásának bekövetkezése a levélbolha viselkedésében is hirtelen változást idézhet elő (20. ábra). Mivel a rovarok gyakran a legbőségesebb táplálékforrást részesítik előnyben (Nobre et al. 2016), a zöld biomassza megjelenése során a fehér preferenciáról a zöldre való átállás megfelel az indukált gazdanövény fenológiának, ami a fenológiai szinkronizációt szolgálhatja a levélbolha és gazdanövénye között. Eredményeink azt mutatják, hogy a virágzást követően (betelepülési időszak), a fehér szín hatékonysága a sárga csapdák hatékonysági szintjére csökkent vissza.

A vizsgálati eredményeink nem csak arra mutatnak rá, hogy a fehér szín hatékonyabb, hanem hogy a vegetációs időszak előrehaladtával változik a faj színpreferenciája, amely összhangban áll a tápnövénye fenológiai stádiumával is. A szilva levélbolha ilyen jellegű

fenológiai szinkronizációja szelektív előnyt jelenthet a faj számára, hasonlóképpen, mint az eukaliptusz levélbolhák esetében megfigyelték (Farnier – Steinbauer, 2016; Farnier et al. 2014). Ezeket az újonnan megismert viselkedési szokásokat érdemes beépíteni az ellene történő védekezési stratégia kidolgozásának folyamatába.

A *Cacopsylla melanoneura* esetében nem találtunk egyértelmű színpreferenciát, ez arra utalhat, hogy a faj csak sodródik a kajszi fák között és valószínűleg betéved az ültetvényre a szomszédos galagonyabokrokról, ahogyan azt mások is megjegyezték az osztrák gyümölcsösök esetében (Lethmayer et al. 2011). A *C. melanoneura* a hegyvidéki területekről átvándorol a síkvidéki területek túlevelűire, ami azt is jelenti, hogy közelebb keres tápnövényt. A rovar többnyire kémiai jelek alapján keres, nem pedig vizuális ingerekre támaszkodva, ahogyan ezt korábban bemutatták (Mayer – Gross, 2007). Kísérleti eredményeink szintén ezt támasztják alá, hiszen nem találtunk a *C. melanoneura* esetében egyértelmű színpreferenciát.

A *C. pruni* nagy valószínűséggel másként vándorol (Thébaud et al. 2009; Jarausch – Jarausch 2014), a téli tápnövényéről egyenesen a nyári tápnövényére repül aeroplanktonként (Greenslade et al. 2021). Ebben az esetben a leszállási hely keresése a lehetséges gazdanövényekre, vizuális jelek alapján történhet. Az ilyen területeken való landolást követően a *C. pruni* gazdanövény szelekcióját valószínűleg vizuális jelek és illatanyagok is befolyásolják (Gallinger et al. 2019). Ez magyarázhatja a *C. pruni* színpreferenciáját és annak időbeni változását.

A kajszisban beállított kísérlet során tapasztalt magas *Cacopsylla melanoneura* arány, számunkra meglepő volt. Erre magyarázattal szolgálhat azonban, hogy a kísérleti helyszín közelében gyakori volt a faj tápnövénye (*Crataegus monogyna*), és a faj kajszibarackon is előfordul (Lethmayer et al. 2011; Jarausch et al. 2009).

Bár a *C. melanoneura* és a *C. affinis* nőtények morfológiailag nem különböztethetőek meg, mivel a hímek között csak *C. melanoneura* fajt találtunk, és ez a faj gyakoribb hazánkban (Kontschán et al. 2022), mint a *C. affinis* (Horváth, 1897), ezért a nőtényeket *C. melanoneura* fajként azonosítottuk – hasonlóan, mint Rapisarda és munkatársai (2022) jártak el. Úgy gondoljuk, kis esély van rá, hogy tévesen *C. melanoneura* fajként *C. affinis* nőténnyel lett volna dolgunk a vizsgálat során.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1.

Megállapítottuk, hogy a felmért boldogkőváraíjai kajszii 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 kajszii 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 Cielśnińska – 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 (Boldogkőváraíja esetében 67,4 %, Bekecs térségében pedig 46,67 %), hasonlóké vagy kicsivel alatta maradnak, mint az ugyanezen térségekben korábban tapasztalt arányok (Boldogkőváraíja 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.

7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

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.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A csonthéjasok európai sárgulását (European stone fruit yellows, ESFY) okozó 'Candidatus Phytoplasma prunorum' kórokozó ellen még nem ismert gyógyító hatású kezelés. A betegség nagy gazdasági károkat okoz számos csonthéjas ültetvényben, különösen a kajszis és a japánszilva esetében (Desviges – Cornaggia, 1982; Dosba et al. 1991; Marcone et al. 1996), amelyek a legérzékenyebbek a betegségre (Carraro – Osler, 2003). A hazai kajszis termőültetvények közt számos olyan van, amelyekben a fertőzött fák aránya eléri a 70%-ot (Tarcali et al. 2014). A betegség terjedése ellen kulcs fontosságú a kórokozó ültetvénybe jutásának a megelőzése. Ennek egyik eszköze a vektor faj (szilva levélbolha – *Cacopsylla pruni* Scopoli, 1763) elleni védekezés. A megfelelő vektor elleni védekezési lehetőségek kidolgozásához elengedhetetlen a faj viselkedésének és biológiájának, valamint a kórokozó biológiájának pontos ismerete. Így célul tűzttem ki ezen ismeretek bővítését.

Munkánk során, a szilva levélbolha és a kórokozó mélyebb megismerésére törekedtem.

Vizsgáltuk az ültetvények fertőzési tüneteket mutató fáinak arányát (1) két különböző boldogkőváraljai kajszis ültetvényben.

A kórokozóval kapcsolatban nem ismertük, hogy a kísérleti területen pontosan, mely törzs van jelen, és az virulens törzs-e. Ezért a kísérleti területen megvizsgáltunk egy fertőzött kajszis fában található izolátumot (2), melynek során kiderült, hogy az izolátum igen nagyfokú hasonlóságot mutatott az ESFY-G2-es virulens törzssel.

Harmadik célkitűzésünk (3) kapcsán megtaláltuk a vektort luc és Douglas fenyőféléken a téli időszakban, valamint további 20 levélbolha fajt különböző fenyőféléken, melyek közül 14 fajról korábban nem volt ilyen jellegű adatközlés a hazai szakirodalomban.

Célul tűztük ki a vektor *C. pruni* gyűjtését *Prunus* fajokon, a vektor tápnövényein előforduló más levélbolha fajok azonosítását, továbbá olyan levélbolha fajokat is, amelyek tápnövénye ugyan más, azonban a vektor rajzási időszakával egy időben van jelen a térségben (4). A Boldogkőváralja térségében lévő kajszisokban 2018 és 2022 között figyelemmel kísértük a levélbolha rajzását *Prunus* fajokon. Feljegyeztük a vektor életsiklusának főbb időpontjait (pl. első imágó megjelenése tavasszal, tojásrakás időpontja, lárvák néhány fejlődési stádiumának megjelenése stb.), amelyek mind segíthetnek a faj viselkedésének jobb megértésében. *Prunus* fajokon a vektor mellett, a

C. melanoneura és a *C. crataegi* fajokat azonosítottuk, illetve a vektor rajzásának időszakában a *Cacopsylla rhamnii* fajt is varjútövis-bengén, ami ritkábban fordul elő hazánkban.

Vizsgáltuk a szilva levélbolha fertőzöttségi arányát, és biotípusát is a térségben (5). Ennek eredményeként, magasabb fertőzöttségi arányt találtunk (Bekecsi térség 46,67%, míg Boldogkőváralja térségében 67,4%), mint az egyes térségekben a korábbi hazai tapasztalatok (15%) (Mergenthaler et al. 2017) mutatják, azonban az általunk vizsgált térségben korábban tapasztalt fertőzöttségi arányokhoz képest (Bekecs térségében 75-80%-ot találtak, míg Boldogkőváralja térségében 77%-ot) (Tarcali et al. 2010; Tarcali et al. 2022). Ezek a hazai fertőzöttségi arányok a nemzetközileg tapasztaltakhoz képest (15% Franciaország egyes területein, de országos átlagban csak 3% körüli) (Yvon et al. 2004) még inkább fontossá teszik a betegség és a vektor terjedésének megakadályozását. A vizsgált szilva levélbolha egyedek mindegyike a B biotípushoz tartozott.

A korábbi tapasztalatok alapján a szakirodalomban javasolt sárga színű csapda, nem minden esetben működött megfelelő hatékonysággal a *C. pruni* fogás során (Bodnár et al. 2017). Feltételeztük, hogy van valamilyen másik szín, amelyet a faj jobban preferál, mint a sárgát (6). Ennek megvizsgálására *C. pruni* négy különböző színre és egy átlátszó kontrollra adott válaszreakcióit vizsgáltuk a rajzási időszaka során kajszi ültetvényben. A négy szín és egy kontroll (sárga, sárgászöld, fehér, piros, és átlátszó, mint kontroll) közül a vizsgálatok során kiderült, hogy a rovar a fehér szín vonzza a legjobban. Nem csak hatékonyabb a sárgánál, hanem korábban jelzi a faj jelenlétét. Így alkalmas arra, hogy a faj rajzását kövessük vele, és segítségével megfelelő védekezési időpontot találjunk ellene, ami az integrált szemléletű növényvédelem során fontos szempont. A fehér ragacs lap, mivel nem fogott hasznos szervezeteket, ökológiai ültetvényekbe is javasolható.

A kórokozó terjedése elleni küzdelemben, a megfelelő vektor elleni védekezési időpont megállapításához, segítségére lehet a kajszi termesztőknek a munkánk során megfigyelt vektorhoz kötődő viselkedési formák és életsiklus szakaszok, valamint a fehér, mint hatékonyabb csapdázási szín megtalálása.

9. SUMMARY

There is no known curative treatment against the pathogen '*Candidatus* Phytoplasma prunorum' which is causing the European stone fruit yellows (ESFY) disease. This disease causes enormous losses in many stone fruit plantations especially in apricot and Japanese plum (Desviges – Cornaggia, 1982; Dosba et al. 1991; Marcone et al. 1996), which are susceptible species (Carraro – Osler, 2003).

There are many Hungarian apricot plantations, where the rate of infected trees can be as high as 70% (Tarcali et al. 2014).

To avoid the spread of the disease, the prevention of the pathogen reaching the plantation is a key element. One method is the protection against the vector (plum psyllid – *Cacopsylla pruni* Scopoli, 1763). To develop a reasonable protection method against the disease spreading, it is important to know the behaviour and biology of the vector, and to know the biology of the pathogen as well. Thus, our aim was to broaden our knowledge on this important information.

During our work, we aspired to deeper understanding of the biology and the behaviour of the vector, the plum psyllid and the pathogen.

Two apricot orchards in the region of Boldogkőváralja were examined (1) to measure the ratio of trees that showed phytoplasma infection symptoms.

The exact strain identity of the pathogen (and its virulent or avirulent nature) was not known in the plantation. Thus, we examined the infected apricot tree in the experimental area, to find out the strain of the pathogen (2). As a result of this examination, we identified that our isolate showed the highest similarity to the ESFY-G2 strain, which has virulent nature.

As third goal (3), we collected the vector on spruce and Douglas fir in the winter period, and also catch in addition 20 jumping plant lice species on different fir trees. 14 from the 20 species there were no such kind data published earlier in the Hungarian literatures.

Our aim was, to collect the vector on *Prunus* species, and also to collect and identify other psyllid species occurring on the host plants, or which occurred on other plant species but in the migration period of *C. pruni* (4). Thus, we collected and tracked the plum psyllid (*Cacopsylla pruni*, vector of the pathogen) in the region of Boldogkőváralja between 2018 and 2022 on its host plants. During our examination, we recorded dates as

the main points of the life cycle of the vector species (such as the appearance of the first overwintered adults in the orchard, the day of egg laying, or days of the appearance of some nymphal stages), which are helpful in the understanding of the behaviour of this psyllid. Additionally, to the vector, we detected *C. melanoneura* and *C. crataegi* on *Prunus* species. As a complement, we detected also *Cacopsylla rhamnicola* at the period of the vector's migration time, on European buckthorn (*Rhamnus cathartica*), which is a rare species in our country.

Biotype and the infection range of the plum psyllid were also examined (5). As a result, we found higher infection ratio (46.67% at the region of Bekecs, and 67.4% at the region of Boldogkőváralja) of the species than the earlier experiences in parts of our country (15%) (Mergenthaler et al. 2017). Although our results are a little lower than the earlier ones on the same regions (75-80% at the region of Bekecs, and 77% at the region of Boldogkőváralja) (Tarcali et al. 2010, Tarcali et al. 2022). These Hungarian data (according to the international infection ratios (15% at parts of French, but the country-wide average is only 3%) (Yvon et al. 2004) make more important to avoid the spreading of the vector and the disease. All of the examined plum psyllid specimens belonged to biotype B.

Based on previous experience, the yellow-coloured traps suggested by literature to capture *C. pruni*, has no proper effectiveness in every case (Bodnár et al. 2017). So, we assumed, that there is another colour which is more preferred by the plum psyllid than the yellow one (6). To examine this hypothesis, we set up an experiment with four different colours and a control in apricot orchard to find out the response of the vector to them in the migration period. Based on our results, white colour from the four examined and a control (yellow, fluorescent yellows, red, white and transparent as control) was preferred the most by *C. pruni*. This colour is not only more effective than yellow, but also indicate earlier the appearance of the species. Thus, it is competent to monitor the migration period of the vector, and to find the correspondent time for protection against the plum psyllid. This reasonable timing is important in the integrated plant protection. The fact that white colour did not catch any useful insects, is also the advantage of this trap, thus we suggest its use in organic orchards as well.

In this fight against the spread of the pathogen, our results (understanding the behaviour and know the life cycle of the vector, to finding the proper protection time or the use of white colour as a trapping method) could be helpful to the apricot growers.

10. IRODALOM

- Ahrens, U. – Seemüller, E.: 1992. Detection of DNA on plant pathogenic mycoplasmalike organisms by polymerase chain reaction that amplifies a sequence of the 16S rRNA gene. *Phytopathology*. 82: 828-832.
- Allahverdi, T. – Raihmian, H. – Babaeizad, V.: 2014. Association of *Candidatus Phytoplasma Prunorum* with Plum Yellow Leaf Stunt in Iran. *Iran. J. Plant Path.* 50(2): 99.
- Andrianjaka-Camps, Z. N. – Retailleau, A. – Christen, D.: 2018. Influence of apricot genotypes and their volatile profiles on their attractiveness to the European stone fruit yellows vector *Cacopsylla pruni*. *Acta Horticulturae*. 1214: 235-238.
- Anneck, D. P. – Cilliers, C. J.: 1963. The citrus psylla, *Trioza erythrae* (Del Guercio), and its parasites in South Africa. *South African Journal of Agricultural Science* 6: 187-192.
- Baric, S. – Kerschbamer, C. – Vigl, J. – Dalla Via, J.: 2008. Translocation of apple proliferation phytoplasma via natural root grafts—a case study. *European Journal of Plant Pathology*. 121: 207-211.
- Ben Khalifa, M. – Fakhfakh, H.: 2011. First report of *Candidatus Phytoplasma prunorum* infecting almond in Tunisia. *Phytoparasitica*. 39: 411.
- Bertaccini, A. – Arocha-Rosete, Y. – Contaldo, N. – Duduk, B. – Fiore, N. – Montano, H. G. – Kube, M. – Kuo, C-H. – Martini, M. – Oshima, K. – Quaglino, F. – Schneider, B. – Wei, W. – Zamorano, A.: 2022. Revision of the 'Candidatus Phytoplasma' species description guidelines. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 72(4).
- Bertaccini, A. – Fiore, N. – Zamorano, A. – Tiwari, A. K. – Rao, G. P.: 2019. Molecular and Serological Approaches in Detection of Phytoplasmas in Plants and Insects. Chapter 7. In: A. Bertaccini et al. (eds.), *Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria-III*.
- Bertaccini, A. – Lee, I.-M.: 2018. Phytoplasma: an update. In: *Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria-I. Characterization and Epidemiology of Phytoplasma-Associated Diseases*. Chapter 1. Ed. Rao G. P. – Bertaccini A. – Fiore N. – Liefting L. W. Springer. Singapore. 1-29.
- 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.

- Bolyki B.: 2009. Kajszi tudósítás Boldogkőváraljáról. *Agroinform.* 18: 25.
- Bonfils, J. – Lauriaut, F. – Leclant, F.: 1976. Leafhopper fauna of apricot orchard in southern France. Observation on the biology of a presumed vector of chlorotic leafroll, *Fieberiella florii* Stal. Transmission trials. *Acta Horticulturae.* 67: 137-140.
- 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.
- Bukovinszky, T. – Potting, R. P. J. – Clough, Y. – van Letheren, J. C. – Vet, L. E. M.: 2005. The role of pre- and post-alighting detection mechanisms in the responses to patch size by specialist herbivores. *Oikos.* 109: 435-446.
- Burckhardt, D. – Lauterer, P.: 2009. Taxonomy of Psyllids (Hemiptera, Psylloidea) associated with apple and stone fruits in Central and Southern Europe. *Mitteilungen Der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft Bulletin De La Société Entomologique.* 82: 253-257.
- Burckhardt, D. – Ouvard, D. – Percy, D. M.: 2021. An updated classification of the jumping plant-lice (Hemiptera: Psylloidea) integrated molecular and morphological evidence. *European Journal of Taxonomy.* 736: 137–182.
- Burckhardt, D. – Querioz, D. L.: 2020. Neotropical jumping plant-lice (Hemiptera: Psylloidea) associated with plants of the tribe Detarieae (Leguminosae, Detarioideae). *Zootaxa.* 4733(1): 1 – 73.
- Burckhardt, D.: 2010. Pictorial key of Central European *Cacopsylla* species associated with Rosaceae. <http://www.psyllidkey.com/index.html>
- Carraro, L. – Ermacora, P. – Loi, N. – Osler, R.: 2004(c). The recovery phenomenon in apple proliferation-infected apple trees. *Journal of Plant Pathology.* 86(2): 141-146.
- Carraro, L. – Ferrini, F. – Ermacora, P. – Loi, N.: 2002. Role of wild *Prunus* species in the epidemiology of European stone fruit yellows. *Plant Pathology.* 51: 513-517.
- Carraro, L. – Ferrini, F. – Labonne, G. – Ermacora, P. – Loi, N.: 2004(b). Transmission of European stone fruit yellows phytoplasma to *Prunus* species by using vector and graft transmission. *Acta Horticulturae.* 657: 449-453.
- Carraro, L. – Ferrini, F. – Labonne, G. – Ermacora, P. – Loi, N.: 2004(a). Seasonal infectivity of *Cacopsylla pruni*, vector of European stone fruit yellows phytoplasma. *Annals of Applied Biology* 144: 191-195.

- Carraro, L. – Loi, N. – Ermacora, P.: 2001. Transmission characteristics of the European stone fruit yellows phytoplasma and its vector *Cacopsylla pruni*. *European Journal of Plant Pathology*. 107: 695-700.
- 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. – Loi, N. – Favali, M. A.: 1991. Transmission characteristics of the phyllody agent by dodder. *Journal of Phytopathology*. 133: 15-22.
- 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 Mediterraneenes Serie B. 45: 113-117.
- Catling, H. D.: 1969(a). The bionomics of the South African citrus psylla, *Trioza erythraea* (Del Guercio) Homoptera: Psyllidae). 1. The influence of the flushing rhythm of citrus and factors which regulate flushing. *Journal of Entomological Society of Southern Africa* 32: 191-208.
- Chabrolin, C.: 1924. Quelques maladies des arbres fruitiers de la Vallée du Rhône. *Annales des épiphyties*. 10: 265-333.
- Chapman, G. B. – Buerkle, E. J. – Barrows, E. M. – Davis, R. E. – Dally, E. L.: 2001. A light and transmission electron microscope study of a black locust tree, *Robinia pseudoacacia* (Fabaceae), affected by witches'-broom, and classification of the associated phytoplasma. *Journal of Phytopathology*. 149(10): 589-597.
- Chen, K. H. – Credi, R. – Loi, N. – Maixner, M. – Chen, T. A.: 1994. Identification and grouping of mycoplasma like organisms associated with grapevine yellows and clover phyllody diseases based on immunological and molecular analysis. *Applied and Environmental Microbiology*. 60(6): 1905-1913.
- Chiyskowski, L. N.: 1991. Vector-pathogen-host plant relationships of clover phyllody micoplasma like organism and the vector leafhopper *Paraphlepsius irroratus*. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 13: 11-18.
- Choi, Y. H. – Tapias, E. C. – Kim, H. K. – Lefeber, A. W. – Erkelens, C. – Verhoeven, J. T. – Brzin, J. – Zel, J. – Verpoorte, R.: 2004. Metabolic discrimination of *Catharanthus roseus* leaves infected by phytoplasma using ¹H-NMR spectroscopy and multivariate data analysis. *Plant Physiology*. 135: 2398-2410.

- Christensen, N. M. – Axelsen, K. B. – Nicolaisen, M. – Schulz, A.: 2005. Phytoplasmas and their interactions with hosts. *Trends in Plant Science* 10: 526-535,
- Cieślińska, M. – Smolarek, T.: 2019. Multilocus sequence analysis of phytoplasmas detected in cherry trees in Poland. *Zemdirbyste-Agriculture*. 106(1): 73-80.
- Clark, L. R.: 1962. The general biology of *Cardiaspina albitextura* (Psyllidae) and its abundance in relation to weather and parasitism. *Australian Journal of Zoology* 10: 537-586.
- Clark, L. R.: 1963(a). On the density and distribution of newly-established nymphs of *Cardiaspina albitextura* (Psyllidae) at times of high abundance. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*. 88: 67-73.
- Clark, L. R.: 1963(d). The influence of predation by *Syrphus* sp. on the numbers of *Cardiaspina albitextura* (Psyllidae). *Australian Journal of Zoology* 11: 470-487.
- 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.
- Cooper, W. R. – Puterka, G. J. – Glenn, D. M.: 2010. Relative attractiveness of color traps to pear psylla in relation to seasonal changes in pear phenology. *The Canadian Entomologist*. 142: 188-191.
- Cooper, W.- R. – Puterka, G. J. – Glenn, D. M.: 2012. Relative attractiveness of colour traps to pear psylla in relation to seasonal changes in pear phenology. *The Canadian Entomologist*. 142: 188-191.
- Cornaggia, D. – Genit, P. – Boyé, R. – Desvignes, J. C.: 1995. A new phytoplasma disease of apricot trees: the peach vein clearing. *acta Horticulturae*. 386: 448-453.
- Czibulyás P. – Koncz L. – Péntes B.: 2018. A kajsziültvényekben előforduló levélbolhák és szerepük a '*Candidatus* Phytoplasma prunorum' kórokozó terjesztésében. 64. Növényvédelmi Tudományos Napok. <http://www.magyarovenyvedelmitarsasag.hu/64NTN/NTN64Kiadvany.pdf>
- Danet, J. L. – Balakshiyeva, G. – Cimerman, A. – Sauvion, N. – Marie-Jeanne, V. – Labonne, G. – Laviña, A. – Batlle, A. – Križanac, I. – Škorić, D. – Ermacora, P. – Serçe, U. – Çaglayan, K. – Jarausch, W. – Foissac, X.: 2011. Multilocus sequence analysis reveals the genetic diversity of European stone fruit tree phytoplasmas and supports the existence of inter-species recombination. 157: 438-450.

- Davis, D. L. – Clark, M. F.: 1994. Maintenance of mycoplasma-like organisms occurring in *Pyrus* species by micropropagation and their elimination by tetracycline therapy. *Plant Pathology*. 43: 819-823.
- Deng, S. – Hiruki, C.: 1990. Enhanced detection of a plant pathogenic mycoplasma-like organism by polymerase chain reaction. *Proceedings of the Japan Academy. Series B*. 66: 140-144.
- Deng, S. J. – Hiruki, C.: 1991. Amplification of 16S ribosomal-RNA genes from culturable and nonculturable mollicutes. *Journal of Microbiological Methods*. 14(1): 53-61.
- Dér Zs.: 2005. Kertészeti növények kabóca együtteseinek és szerepük a fitoplazmák terjesztésében. (Doktori értekezés) Budapesti Corvinus Egyetem. Kertészettudományi Kar Rovartani Tanszék. Budapest.
- Dermastia, M. – Bertaccini, A. – Constavle, F. – Mehle, N.: 2017. Grapevine Yellowing Diseases and Their Phytoplasma Agents: Biology and Detection. Cham: Springer Briefs in Agriculture.
- 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.
- Doi, Y. – Teranka, M. – Yora, K. – Asuyama, H.: 1967. Mycoplasma or PLT group-like microorganisms found in the phloem elements of plants infected with mulberry dwarf, potato 'witches' broom', aster yellows, or Paulownia 'witches' broom'. *Annals of Phytopathological Society of Japan*. 33: 259-266.
- Dong, Y. – Deng, M. – Zhao, Z. – Fan, G.: 2016. Quantitative proteomic and transcriptomic study on autotetraploid paulownia and its diploid parent reveal key metabolic processes associated with paulownia autotetraploidization *Front. Plant Sci*. 7: 892.
- 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.
- Douglas, S. M.: 1993. Cytology, histology and histochemistry of MLO infection in tree fruits. *Handbook of Cytology, Histology and Histochemistry of Fruit Tree Diseases*, CRC Press, 253-279.
- 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.

- Ermacora, P. – Loi, N. – Ferrini, F. – Loschi, A. – Martini, M. – Osler, R. – Carraro, L.: 2010. Hypo- and hypers-virulence in apricot trees infected by European sooty fruit yellows. *Julius-Kühn-Archiv*. 427:197.
- Ermacora, P. – Osler, R.: 2019. Symptoms of Phytoplasma Diseases. In: Musetti, R. – Pagliari, L. (eds.) *Phytoplasmas, Methods and Protocols*. Humana Press. New York.
- Errampalli, D. – Fletcher, J. – Claypool, P. L.: 1991. Incidence of yellows in carrot and lettuce and characterization of mycoplasma like organism isolates in Oklahoma. *Plant Disease*. 75: 579-584.
- Errea, P. – Aguelo, V. – Hormaza, J. I.: 2002. Seasonal variations in detection and transmission of pear decline phytoplasma. *Journal of Plant Pathology*. 150: 439-443.
- Evert, R. F.: 1960. Phloem structure in *Pyrus communis* L. and its seasonal changes. *University of California Publications in Botany*. 32: 127-194.
- Evert, R. F.: 1963. The cambium and seasonal development of the phloem in *Pyrus malus*. *American Journal of Botany*. 50(2): 149-159.
- Fan, G. – Cao, X. – Niu, S. – Deng, M. – Zhao, Z. – Dong, Y.: 2015(a). Transcriptome, microRNA and degradome analyses of the gene expression of paulownia with phytoplasma. *BMC Genomics* 16: 896.
- Fan, G. – Niu, S. – Xu, T. – Deng, M. – Zhao, Z. – Wang, Y. – Cao, L. – Wang, Z.: 2015(b). Plant-pathogen interaction-related microRNAs and their targets provide indicators of phytoplasma infection in *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei*. *PLoS ONE*: 10.e0145090.
- Fan, G. – Xu, F. – Deng, M. – Zhao, Z. – Niu, S.: 2015(c). Phenylpropanoid metabolism hormone biosynthesis and signal transduction-related genes play crucial roles in the resistance of *Paulownia fortunei* to paulownia witches' broom phytoplasma infection. *Genes Genomics* 37: 913-929.
- FAO: 2019. Apricots. In: *Crops and livestock products*. FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> hozzáférés dátuma: 2023. 03. 17. 9:19)
- Farnier, K. – Dyer, A. G. – Steinbauer, M. J.: 2014. Related but not alike: not all Hemiptera are attracted to yellow. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2: 1-12.
- Farnier, K. – Dyer, A. G. – Tayloer, G. S. – Peters, R. A. – Steinbauer, M.J.: 2015. Visual acuity trade-offs and microhabitat-driven adaptation of searching behaviour in psyllids (Hemiptera: Psylloidea: Aphalaridae). *Journal of Experimental Biology*. 218: 1564-1571.

- Farnier, K. – Steinbauer, M. J.: 2016. Elevated anthocyanins protect young Eucalyptus leaves from high irradiance but also indicate foliar nutritional quality to visually attuned psyllids. *Ecological Entomology*. 41: 168-181.
- Florance, E. R. – Cameron, H. R.: 1978. Three dimensional structure and morphology of mycoplasma-like bodies associated with albino disease of *Prunus avium*. *Phytopathology*. 68: 75-80.
- Gai, Y. P. – Han, X. J. – Li, Y. Q. – Yuan, C. Z. – Mo, Y. Y. – Guo, F. Y. – Liu, Q.-X. – Ji, X.-L.: 2014. Metabolomic analysis reveals the potential metabolites and pathogenesis involved in mulberry yellow dwarf disease. *Plant Cell Environ.* 37: 1474-1490.
- Gai, Y.-P. – Zhao, H.-N. – Zhao, Y.-N. – Zhu, B.S. – Yuan, S.-S. – Li, S. – Guo, F.-Y. – Ji, X.-L.: 2018. MiRNA-seq-based profiles of miRNAs in mulberry phloem sap provide insight into the pathogenic mechanisms of mulberry yellow dwarf disease. *Sci. Reo.* 8: 812.
- Gallinger, J. – Gross, J.: 2018. Unraveling the host plant alternation of *Cacopsylla pruni* – adults but not nymphs can survive on conifers due to phloem/xylem composition. *Frontiers in Plant Science*. 9: 484.
- Gallinger, J. – Gross, J.: 2020. Phloem Metabolites of *Prunus* sp. rather than infection with *Candidatus* Phytoplasma prunorum influence feeding behavior of *Cacopsylla pruni* nymphs. *J. Chem. Ecol.* 46: 756-770.
- Gallinger, J. – Jarausch, B. – Jarausch, W. – Gross, J.: 2020. Host plant preferences and detection of host plant volatiles of the migrating psyllid species *Cacopsylla pruni*, the vector of European Stone Fruit Yellows. *Journal of Pest Science*. 93: 461-475.
- Gazel, M. – Caglayan, K. – Serce, C. U. – Son, L.: 2009. Evaluations of apricot trees infected by *Candidatus* Phytoplasma prunorum for horticultural characteristics. *Romanian Biotechnological Letters*. 14(1): 4123-4129.
- Godfrey, K. E. – Galindo, C. – Patt, J.M. – Luque-Williams, M.: 2013. Evaluation of color and scent attractants used to trap and detect Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae) in urban environments. *Fla. Entomol.* 96: 1406-1416.
- Goidanich, G.: 1934(a). Ricerche sul deperimento dei susini. *Boll. Staz. Pat. Veg. Roma*. 14: 339-381.
- Goidanich, G.: 1934(b). La leptonecrosi dei ciliegi e degli albicocchi. *Boll. Staz. Veg. Roma*. 14:531-540.

- Görg, L. M. – Eilenberg, J. – Jensen, A. B. – Jensen, A. H. – Gross, J.: 2021. Pathogenicity against hemipteran vector insects of a novel insect pathogenic fungus from Entomophthorales (*Pandora* sp. nov. inedit.) with potential for biological control. *Journal of Invertebrate Pathology*. 183: 107621.
- Graham, B. – Bormann, F.: 1966. Natural root grafts. *The Botanical Review*. 3(32): 255-292.
- Greenslade, A. F. C. – Chapman, J. W. – Reynolds, D. R.: 2021. High-altitude migration of Psylloidea (Hemiptera) over England. *Entomologist's Gazette*. 72: 189-198.
- Gross, J. – Makonen, N.: 2005. Plant odours influence the host finding behaviour of apple psyllids (*Cacopsylla picta*; *C. melanoneura*). *IOBC WPRS Bull*. 28: 351-355.
- Gundersen, D. E. – Lee, I.-M. – Rehner, S. A. – Davis, R. E. – Kingsbury, D. T.: 1994. Phylogeny of mycoplasma-like organisms (phytoplasmas), a basis for their classification. *Journal of Bacteriology*. 176: 5244-5254.
- Haggis, G. H. – Sinha, R. C.: 1978. Scanning electron microscopy of mycoplasma like organisms after freeze fracture of plant tissue affected with clover phyllody and aster yellows. *Phytopathology*. 68: 677-680.
- Hall, D. G. – Sétamou, M. – Mizell, R. F. III.: 2010. A comparison of sticky traps for monitoring Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama). *Crop Prot*. 29: 1341-1346.
- Hebert, P. D. N. – Cywinska, A. – Ball, S. L. – deWaard, J. R.: 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of Biological Sciences*. 270: 313-321.
- Hirumi, H. – Maramarosch, K.: 1973. Ultrastructure of the aster yellows agent; mycoplasma-like bodies in sieve tube elements of *Nicotiana rustica*. *Annals of New York Academy of Sciences*. 225: 201-222.
- 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.
- Hodkinson, I. D.: 1974. The biology of the Psylloidea (Homoptera) a review. *Bulletin of Entomological Research*. 64: 325-339.
- Hodkinson, I. D.: 2009. Life cycle variation and adaptation in jumping plant lice (Insecta: Hemiptera:Psylloidea): a global synthesis. *Journal of Natural History*. 43: 65-179.

- 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.
- Horton, D. R. – Lewis, T. M.: 1997. Quantitative relationship between sticky trap catch and beat tray counts of pear psylla (Homoptera: Psylloidea): Seasonal, sex, and morphotypic effects. *Journal of Economic Entomology.* 90: 170-177.
- Horváth Cs.: 2010. Mitől pusztul a kajszó? *Kertészet és Szőlészet.* 31: 12-14.
- Horváth G.: 1885. A Magyarországi Psyllidákról. *Mathematikai s Természettudományi Közlemények,* 21: 291-320.
- Horváth G.: 1897. Ordo. Hemiptera. In: *A Magyar Birodalom Állatvilága (Fauna Regni Hungariae).* III. Arthropoda. (Insecta. Hemiptera) Királyi Magyar Természettudományi Társulat. Budapest
- Hu, J. – Jiang, J. – Wang, N.: 2017. Control of citrus huanglongbing via trunk injection of plant defense activators and antibiotics. *Phytopathology.* 108(2): 186-195.
- IRPCM: 2004. 'Candidatus Phytoplasma', a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonise plant phloem and insects. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology.* 54: 1243-1255.
- Ishii, T. – Doi, Y. – Yora, K. – Asuyama, H.: 1967. Suppressive effects of antibiotics of tetracycline group on symptom development of mulberry dwarf disease. *Annals of Phytopathological Society of Japan.* 33: 267-275.
- Ishii, T.: 1965. Dwarf disease of mulberry tree, *Annals of Phytopathological Society of Japan.* 31: 139-144.
- 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.
- Jarausch, B. – Jarausch, W.: 2014. Establishment of permanent rearing of *Cacopsylla picta* (Hemiptera: Psylloidea), the main vector of 'Candidatus Phytoplasma mali' in Germany. *Journal of Pest Science.* 87: 459-467.
- Jarausch, B. – Mühlentz, I. – Beck, A. – Lampe, I. – Hrazer, U. – Jarausch, W.: 2008. Epidemiology of European stone fruit yellows in Germany. *Acta Horticulturae.* 781: 417-422.
- Jarausch, B. – Tedeschi, R. – Sauvion, N. – Gross, J. – Jarausch, W.: 2019. Psyllid Vectors. (Chapter 3) In: Bertaccini, A. – Weintraub, P. G. – Rao, G. P. – Mori, N.

- (eds.): *Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria – II. Transmission and Management of Phytoplasma – Associated Diseases*. Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Jarausch, W. – Danet, J. L. – Labonne, G. – Dosba, F. – Broquaire, J.M. – Saillard, C – Garnier, M.: 2001(a). Mapping the spread of apricot chlorotic leaf roll (ACLR) in southern France and implication of *Cacopsylla pruni* as a vector of European stone fruit yellows (ESFY) phytoplasmas. *Plant Pathology*. 50(6): 782-790.
- Jarausch, W. – Eyquard, J. – Lansac, M. – Mohns, M. – Dosba, F.: 2000. Susceptibility and tolerance of new French *Prunus domestica* cultivars to European stone fruit yellows phytoplasmas. *Journal of Phytopathology*. 7-8(148): 489-493.
- Jarausch, W. – Jarausch-Wehrheim, B. – Danet, J. L. – Broquaire, J. M. – Dosba, F. – Saillard, C. – Garnier, M.: 2001(b). Detection and identification of European stone fruit yellows and other phytoplasmas in wild plants in the surroundings of chlorotic leaf roll-affected orchards in southern France. *European Journal of Plant Pathology*. 107: 209-217.
- Jarausch, W. – Saillard, C. – Dosba, F. – Bové, J.-M.: 1994. Differentiation of mycoplasma-like organisms (MLOs) in European fruit trees by PCR using specific primers derived from the sequence of a chromosomal fragment of the apple proliferation MLO. *Applied and Environmental Microbiology*. 60: 2916-2923.
- Jensen, D. D.: 1957. Parasites of the Psyllidae. *Hilgardia*. 27: 71-99.
- Kálmán A.: 2019. Kajszi fitoplazma, Lepres Luca Annamária – Kajszi barack ültetvény növényvédelmi felmérése nyomán. <https://agraragazat.hu/hir/kajszi-fitoplazma/>
- Kelber, A. – Vorobyev, M. – Ososrio, D.: 2003. Animal colour vision – behavioural tests and physiological concepts. *Biol. Rev.* 78: 81-118.
- Kirkpatrick, B. C. – Harrison, N. A. – Lee, I.-M. – Neimark, H. – Sears, B. B.: 1995. Isolation of mycoplasma-like organism DNA from plant and insect hosts. In: Razin, S. – Tully, J. D. (eds.) *Molecular and diagnostic procedures in Mycoplasma*. Vol. I. Academic Press, San Diego, CA.
- Kirkpatrick, B. C. – Stenger, D. C. – Morris, T. J. – Purcell, A. H.: 1987. Cloning and detection of DNA from a nonculturable plant pathogenic mycoplasma-like organism. *Science (Washington)*, 238(4824): 197–200.
- Kison, H. – Seemüller, E.: 2001. Differences in strain virulence of the European stone fruit yellows phytoplasma and susceptibility of stone fruit trees on various rootstocks to this pathogen. *Journal of Phytopathology*. 149: 533–541.

- Kiss E. –Mergenthaler E. – Kiss B. – Viczián O.: 2015. A csonthéjasok európai sárgulása (ESFY) magyarországi terjedésének háttérben álló okok. In: Horváth J., Haltrich A., Molnár J. (szerk.) 61. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest. 2015. február 17–18.
- Klement Z. – Rozsnyay D. S. – Visnyovszky, E.: 1972. Apoplexy of apricots. I. Bacterial die-back and the development of the disease. *Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 7: 3–12.
- Kollar, A. – Seemüller, E.: 1989. Base composition of the DNA of mycoplasma-like organisms associated with various plant diseases. *Journal of Phytopathology*. 141: 395–401.
- Kontschán J. – Bodnár D. – Ripka G.: 2022. Új adatok a hazai levélbolhák (Insecta: Psylloidea) előfordulásához III. *Növényvédelem*. 83[N.S.58] (9): 394-397.
- Kontschán J. – Kiss E. – Ripka G.: (2020). Új adatok levélbolhák (Insecta: Psylloidea) hazai előfordulásaihoz. *Növényvédelem*. 81(5): 197 – 202.
- Kontschán J. – Ripka G. – Kiss B.: 2021. Jumping plant lice (Hemiptera, Psylloidea) in rest stops of Hungarian highways. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. 56(1): 69–79.
- Kostal, V. – Finch, S.: 1994. Influence of Background on Host-plant Selection and Subsequent Oviposition by the Cabbage Root Fly (*Delia radicum*). *Entomologia Experimentalis Et Applicata*. 70: 153-163.
- Kövics Gy.: 2009. Növénykórtani vademecum. Magyar-Angol, Angol-Magyar Szakkifejezési szótár. A Növényvédelem Oktatásának Fejlesztéséért Közhasznú Alapítvány (NOFKA) kiadása. Debrecen.
- 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.
- KSH.: 2019. Kajszi. In: A fontosabb gyümölcsfélék termesztése és felhasználása. (https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0025.html hozzáférés dátuma: 2022.10.05. 10:21).

- KSH.: 2022. Kajszi. In: A fontosabb gyümölcsfélék termesztése és felhasználása. (https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0025.html hozzáférés dátuma: 2023.03.16. 14:00).
- Kunkel, L. O.: 1926. Studies on aster yellows. *American Journal of Botany*. 13: 646-705.
- Kuroli, G.: 1970. Antibiotikus védekezési kísérletek eredményei a sztolburbetegséggel fertőzött paradicsomnövényeken. A növényvédelem korszerű kérdései. 4:19-30.
- Kuske, C. R. – Kirkpatrick, B. C.: 1992. Phylogenetic relationships between the western aster yellows and a mycoplasma-like organism and other prokaryotes established by 16S rRNA gene sequence. *International Journal of Systematic and Evolutionary Bacteriology*. 42: 226-233.
- Labonne, G. – Lichou, J.: 2004. Data on the life cycle of *Cacopsylla pruni*, psyllid vector of European stone fruit yellows (ESFY) phytoplasma in France. *Acta Horticulturae*. 657: 465-470.
- Lal, K. B.: 1934. Insect parasites of Psyllidae. *Parasitology*. 26: 325-334.
- Lauterer, P.: 1999. Results of investigation on *Hemiptera* in Moravia, made by Moravian Museum (Psylloidea 2). *Acta Musei Moraviae Science Biologicae (BRNO)* 84: 71-151.
- Lee, I.-M. – Davis, R. E. – Hsu, H.-T.: 1993(b). Differentiation of strains in the aster yellows mycoplasma-like organisms strain cluster by serological assay with monoclonal antibodies. *Plant Disease*. 77: 815-817.
- Lee, I.-M. – Davis, R. E.: 1992. Mycoplasmas which infect plants and insects. In: *Mycoplasmas – Molecular Biology and Pathogenesis*. Eds. Maniloff, J. – McElhaney, R. N. – Finch, L. R. – Baseman, J. B., American Society for Microbiology, Washington DC, United States of America, 379-390.
- Lee, I.-M. – Davis, R.-E. – Gundersen-Rindal, D. E.: 2000. Phytoplasma: phytopathogenic mollicutes. *Annual Review of Microbiology*. 54: 221-225.
- Lee, I.-M. – Gundersen-Rindal, D. E. – Davis, R. – Bartoszky, I. M.: 1998. Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analysis of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 48: 1153-1169.
- Lee, I.-M. – Hammond, R. W. – Davis, R. E. – Gundersen, D. E.: 1993(a). Universal application and analysis of pathogen 16S rDNA for classification and identification of mycoplasma-like organisms. *Phytopathology*. 83: 834-842.

- Lepres L. A. – Mergenthaler E. – Viczián O. – Tóth F.: 2018. A szilva levélbolha (*Cacopsylla pruni* Scopoli, 1763) jelenlétének felmérése és a *Ca. Phytoplasma prunorum* kórokozóval való fertőzöttségének vizsgálata egy heves megyei kajszibarack ültetvényben. *Növényvédelem*. 79(54):5., 197-203
- 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.
- Li, W. W. – Liu, L.-Q. – Zhang, Q.-P. – Zhou, W.-Q. – Fan, G.-Q. Liao, K.: 2021. Phylogeography of *Prunus ameniaca* L. revealed by chloroplast DNA and nuclear ribosomal sequences. *Scientific reports*. 11(1): 13623.
- Lim, P. O. – Sears, B. B. – Klomparens, K. L.: 1992. Membrane properties of plant-pathogenic mycoplasma-like organism. *Journal of Bacteriology*. 174(3): 682-686.
- Lim, P. O. – Sears, B. B.: 1989. 16Sr RNA sequence indicates that plant-pathogenic mycoplasma-like organisms are evolutionary distinct from animal mycoplasmas. *Journal of Bacteriology*. 171: 5901-5906.
- Liu, S. – Cornille, A. – Decroocq, S. – Tricon, D. – Chague, A. – Eyquard, J.-P. – Liu, W.-S. – Giraud, T.: 2019. The complex evolutionary history of apricots: species divergence, gene flow and multiple domestication events. *Molecular Ecology*. 28(24): 5299-5314.
- Lobato, I. M. – O’Sullivan, C. K.: 2018. Recombinase polymerase amplification: basics, applications and recent advances. *Trend in Analytical Chemistry*. 98: 19-35.
- Lorenz, K.-H. – Dosba, E. – Poggi-Pollini, C. – Llácer, G. – Seemüller, E.: 1994. Phytoplasma diseases of *Prunus* species in Europe are caused by genetically similar organisms. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*. 101: 567-575.
- Maier, C. – Bachinger, K. – Mörtel, J. – Engel, C. – Czipin, L. – Riedle-Bauer, M.: 2013. European stone fruit yellows: A Mark, Release and Recapture Experiment Tracking the Dispersal of its Vector *Cacopsylla pruni* (Hemiptera: Psylloidea) in Model Apricot Orchard and Epidemiological Studies in lower Austria. *Journal of Phytopathology*. 161: 713-722.
- Makarova, O. – Contaldo, N. – Paltrinieri, S. – Kawube, G. – Bertaccini, A. – Nicolaisen, M.: 2012. DNA barcoding for identification of 'Candidate Phytoplasmas' using a fragment of the elongation factor Tu gene. *Plos One*. 7: e52092.
- Marcone, C. – Hergenhahn, F. – Ragozzino, A. – Seemüller, E.: 1999. Dodder transmission of pear decline, European stone fruit yellows, rubus stunt, picris

- echioides yellows and cotton phyllody phytoplasmas to periwinkle. *Journal of Plant Pathology*. 147: 187-182.
- Marcone, C. – Jarausch, B. – Jarausch, W.: 2010. 'Candidatus Phytoplasma prunorum', the casual agent of European stone fruit yellows: an overview. *Journal of Plant Pathology*. 92(1): 19-34.
- 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.
- Marcone, C. – Ragozzino, A. – Seemüller, E.: 1997. Detection and identification of phytoplasmas in yellow-diseased weeds in Italy. *Plant Pathology*. 46: 530-532.
- Marie-Jeanne, V. – Bonnot, F. – Thébaud, G. – Peccoud, J. – Labonne, G. – Sauvion, N.: 2020. Multi-scale spatial genetic structure of the vector-borne pathogen 'Candidatus Phytoplasma prunorum' in orchards and in wild habitats. *Scientific Reports*, 10:5002.
- Marwitz, R. – Petzold, H.: 1978. Examination of mycoplasma-like organisms in yellow diseased plants by scanning electron microscope. 3rd Int. Congress of Plant Pathol. München 16-23 Aug.
- Mayer, J. C. – Gross, J.: 2007. Different host plant odours influence migration behaviour of *Cacopsylla melanoneura* (Förster), an insect vector of the apple proliferation phytoplasma. *Pome Fruit Arthropods IOBC/wprs Bulletin*. 30(4): 177-184.
- McCullough, C. – Nottingham, L.: 2022. Field assay of the Timing of Insect Growth Regulator Application for Control of Pear Psylla in Pears. *Arthropod Management Tests*. 47(1): 1
- Mehle, N. – Dreo, T. – Ravnikar, M.: 2014. Quantitative analysis of „flavescence dorée” phytoplasma with droplet digital PCR. *Phytopathogenic Mollicutes*. 4(1): 9-15.
- Meier, U.(eds.): 2018. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. Federal BBCH monograph. Quedlinburg: Open Agrar Repository.
- Mergenthaler E. – Fodor J. – Kiss E. – Bodnár D. – Kiss B. – Viczián O.: 2020. Biological and molecular evidence for the transmission of aster yellows phytoplasma to French marigold (*Tagetes patula*) by the flatid planthopper *Metcalfa pruinosa*. *Annals of Applied Biology*. 176(3): 249-256.
- 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.: 2004. Fitoplazmás megbetegedések Magyarországon: Korszerű diagnosztikai módszerek fejlesztése. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem. Kertészttudományi kar. MTA Növényvédelmi Intézete. (Doktori értekezés) pp. 163.
- Mifsud, D. – Cocquemot, C. – Mühlethaler, R. – Wilson, M. – Streito, J.-C.: 2010. Other Hemiptera Sternorrhyncha (Aleyrodidae, Phylloxeroidea, and Psylloidea) and Hemiptera Auchenorrhyncha. Chapter 9.4. In: Roques A. et al. (Eds.) Alien terrestrial arthropods of Europe. *BioRisk*. 4(1): 511-552.
- Miyazaki, A. – Shigaki, T. – Koinuma, H. – Iwabuchi, N. – Rauka, G.B. – Kembu, A. – Saul, J. – Watanabe, K. – Nijo, T. – Maejima, K. – Yamaji, Y. – Namba, S.: 2018. 'Candidatus Phytoplasma noviguineense' a novel taxon associated with Borgia coconut syndrome and banana wilt disease on the island of New Guinea. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 68: 170-175.
- Morvan, G. – Castelain, C.: 1965. Recherche d'indicateurs pour les virus liés à l'enroulement chlorotique de l'abricotier. *Zastita Bilja*. 85: 419-425.
- Morvan, G. – Giannotti, J. – Marchaux, G.: 1973. Untersuchungen über die Ätiologie des chlorotischen Blatrolls des Aprikosenbaums: Nachweis von Mykoplasmen. *Phytopathologische Zeitung*. 16: 33-38.
- Morvan, G.: 1977. Apricot Chlorotic Leaf Roll. *EPPO Bulletin* 7(1): 37-55.
- Murray, R. G. E. – Schleifer, K.H.: 1994. Taxonomic notes: a proposal for recording the properties of putative taxa of prokaryotes. *International Journal of Systematic and Evolutionary Bacteriology* 44(1): 174-176.
- Musetti, R. – Di Toppi, L. S. – Martini, M. – Ferrini, F. – Loschi, A. – Favali, M. A. – Osler, R.: 2005. Hydrogen peroxide localization and antioxidant status in the recovery of apricot plants from European stone fruit yellows. *European Journal of Plant Pathology*. 112:53-61.
- Nagy, G. – Péntes, B.: 2017. A kajszi növényvédelmi technológiája. *Növényvédelem*. 78(53):4: 152-181.
- Namba, S. – Kato, S. – Iwanami, S. – Oyaziu, H. – Tsuchizaki, T.: 1993(a). Detection and differentiation of plant-pathogenic mycoplasma-like organisms using polymerase chain reaction. *Phytopathology*. 83(7): 786-791.
- Namba, S. – Oyaziu, H. – Kato, S. – Iwanami, S. – Tsuchizaki, T.: 1993(b). Phylogenetic diversity of phytopathogenic mycoplasma-like organisms. *International Journal of Systematic and Evolutionary Bacteriology*. 43: 461-467.

- Nečas, T. – Mašková, V. – Krška, B.: 2008. The possibility of ESFY transmission through flowers and seeds. *Acta Horticulturae*. 781: 443-448.
- Nickel, J. L. – Shimizu, J. T. – Wong, T. T. Y.: 1965. Studies on natural control of pear psylla in California. *Journal of Economic Entomology*. 58: 970-976.
- Nicolaisen, M. – Bertaccini, A.: 2007. An oligonucleotide microarray-based assay for identification of phytoplasm 16S ribosomal groups. *Plant Pathology*. 56: 332-336.
- Nobre, P. A. – Bergamini, L. L. – Lewinsohn, T. M. – Jorge, L. R. – Almeida-Neto, M.: 2016. Host-Plant Specialization Mediate the Influence of Plant Abundance on Host Use by Flower Head-Feeding Insects. *Environ. Entomol.* 45: 171-177.
- Notomi, T. – Okayama, H. – Masubuchi, H. – Yonekawa, T. – Watanabe, K. – Amino, N. – Hase, T.: 2000. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Research*. 28(12): e63.
- Oettl, S. – Schlink, K.: 2015. Molecular identification of two vector species, *Cacopsylla melanoneura* and *Cacopsylla picta* (Hemiptera: Psyllidae), of Apple Proliferation Disease and further common Psyllids of Northern Italy. *Journal of Economic Entomology*. 108: 2174-2183.
- OMSZ: Éghajlat-Magyarország éghajlata-Elmúlt évek időjárása-Hőmérséklet: https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/
- Oshima, K. – Kakizawa, S. – Nishigawa, H. – Jung, H. Y. – Wei, W. – Suzuki, S. – Arashida, R. – Nakata, D. – Miyata, S. – Ugaki, M. – Namba, S.: 2004. Reductive evolution suggested from the complete genome sequence of a plant-pathogenic phytoplasma. *Nature Genetics*. 36: 27-29.
- Oshima, K. – Nishida, H.: 2007. Phylogenetic relationships among mycoplasmas based on the whole genomic information. *Journal of Molecular Evolution*. 65: 249-258,
- Osler, R. – Borselli, S. – Ermacora, P. – Ferrini, F. – Loschi, A. – Martini, M. – Moruzzi, S. – Musetti, R. – Giannini, S. – Serra, S. – Loi, N.: 2016. Transmissible tolerance to European stone fruit yellows (ESFY) in apricot: cross-protection or a plant mediated process? 44: 203-211.
- Ossiannilsson, F.: 1992. The Psyllodea (Hemiptera) of Fennoscandia and Denmark.
- Ott P. G. – Mergenthaler E. – Viczián O. – Bodnár D.: 2019. Az ESFY kutatás története. *Növényvédelem*. 80[N.S. 55.]:7. 304-310.
- Paleskić, C. – Bachinger, K. – Brader, G. – Kickenweiz, M. – Engel, C. – Wurm, L. – Czypin, L. – Riedle-Bauer, M.: 2017. Cage and field experiments as basis for the

- development of control strategies against *Cacopsylla pruni*, the vector of European stone fruit yellows. *Annals of Applied Biology*. 170(3): 1-12.
- Peccaud, J. – Labonne, G. – Sauvion, N.: 2013. Molecular test to assign individuals within the *Cacopsylla pruni* complex. *Plos One*: e72.
- Pérez B. – Szalay L.: 2003. *Kajszai. Gazdakönyvtár. Mezőgazda kiadó. Budapest.*
- Pérez B.: 2019. A kajszai növényvédelmének kulcsfontosságú elemei. In: *Kevesebb hatóanyag, új károsítók – a gyümölcsök növényvédelmének időszerű kérdései.* <https://fruitweb.hu/kevesebb-hatoanyag-uj-karositok-a-gyumolcsosok-novenyvedelmenek-idoszeru-kerdesei/>
- Perring, T. M. – Greunhagen, N. M. – Farrar, C. A.: 1999. Management of plant viral diseases through chemical control of insect vectors. *Annual Review of Entomology*. 44: 457-481.
- Pinheiro, J. – Bates, D. – Team, R. C. nlme.: 2022. *Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-157.*
- Ploaie, P. G.: 1981. Mycoplasma-like organisms and plant diseases in Europe. *Plant Diseases and Vectors. Acad. Press.* pp.61-104.
- Poggi-Pollini, C. – Bianchi, L. – Forno, F. – Franchini, S. – Giunchedi, L. – Gobber, M. – Mattedi, L. – Miorelli, P. – Pignatta, D. – Profaiser, D.: 2007. Investigation on European stone fruit yellows in experimental apricot orchards in the province of Trento (Italy). *Bulletin of Insectology*. 60: 323-324
- Poggi-Pollini, C. – Bisanni, R. – Glunchedi, L.: 2001. Occurrence of European stone fruit yellows phytoplasma (ESFYF) infection in peach orchards in Northern–Central Italy. *Journal of Phytopathology*. 149(11-12): 725-730.
- Poggi–Pollini. C. – Forno, F. – Franchini, S. – Gobber, M. – Lanzoni, C. –Mattedi, L. – Miorelli, P. – Profaiser, D. – Ratti, C.: 2009. Detection and distribution of European stone fruit yellows in apricot cv. Bergeron and epidemiological studies in the province of Trento (Italy). *Proceedings of the 21st International Conference on Virus and other Graft Transmissible Disease of Fruit Crops. Neustadt.* 79-80.
- Rapisarda, C. – Weigand, A. M. – Braun, P. – Eickermann, M.: 2022. First systematic inventory of the jumping plant lice of Luxemburg (Hemiptera, Sternorrhyncha, Psylloidea). *Biodiversity Data Journal*. 10:e77571.
- Rasmy, A. M. – MacPhee, A. W.: 1970. Studies on pear psylla in Nova Scotia. *The Canadian Entomologist*. 102: 586-591.

- Richards, A. G. – Brooks, M. A.: 1958. Internal symbiosis in insects. Annual Review of Entomology. 3: 37-56.
- Riedle–Bauer, M. – Bauer, H. – Mörtel, J.: 2011. Effects of possible repellents on feeding and survival of *Cacopsylla pruni* (Scopoli). Bulletin of Insectology (Supplement). 64: S263-S264.
- Ripka G. – Kiss B.: 2008. További adatok a hazai parlagfűállományokban előforduló levélbolha-fajok (Hemiptera: Psylloidea) ismeretéhez. Növényvédelem. 44(6):257-261.
- Ripka G.: 1997. Újabb adatok a díszfa- és díszcserje fajok levélbolha-faunájának ismeretéhez (Homoptera, Psylloidea). Növényvédelem. 33:269-273.
- Ripka G.: 2010. Levélbolhák. Agroinform kiadó. Budapest,
- Ripka, G.: 2009. Additional data to the aphid and psyllid fauna of Hungary (Hemiptera: Sternorrhyncha). Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica. 44: 397-417.
- Rizvi, S. A. H. – Ling, S. – Tian, F. – Liu, J. – Zeng, X.: 2018. Interference mechanism of *Sophora alapecuroides* L. alkaloids extract on host finding and selection of the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psylloidea). Environmental Science and Pollution Research. 26: 1548-1557.
- 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.
- Rozsnyay Zs. – Klement Z.: 1973. Apoplexy of apricots. II. Cytospora die-back and the simultaneous infection of *Pseudomonas syringae* and *Cytospora cincta* on apricots. Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae. 8: 57-69.
- Rozsnyay Zs.D.: 1977. Cytospora canker and dieback of apricots. EPPO Bulletin 7(1): 69-80.
- 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.
- Salazar, I. – Javasinghe, U.: 2001. disease caused by phytoplasmas in potato. International Potato Center (CIP). Techniques in Plant Virology. Training Manual. Lima, Peru.

- Sauvion, N. – Darnis, M.: 2022. Reconstruction des scénarios évolutifs d'introduction et d'expansion en Europe des psylles du complexe *Cacopsylla pruni*. Systématique, phylogénie et taxonomie. hal-03772001.
- Sauvion, N. – Lachenaud, O. – Genson, G. – Rasplus, J.-Y. – Labonne, G.: 2007. Are there several biotypes of *Cacopsylla pruni*? Bulletin of Insectology. 60(2): 185-186.
- Sauvion, N. – Peccoud, J. – Meynard, C. N. – Ouvard, D.: 2021. Occurrence data for the two cryptic species of *Cacopsylla pruni* (Hemiptera: Psylloidea). Biodiversity Data journal. 9: e68860.
- Sawayanagi, T. – Horikoshi, N. – Kanehira, T. – Sinohara, M. – Bertaccini, A. – Cousin, M.-T. – Hiruki, C. – Namba, S.: 1999. 'Candidatus Phytoplasma japonicum', a new phytoplasma taxon associated with Japanese *Hydrangea* phyllody. International Journal of Systematic and Evolutionary Bacteriology. 49: 1275-1285.
- Schilberszky K.: 1913. A kajszi-barackfák úgynevezett „gutaütéséről”. Természettudományi Közlöny 45(575): 340.
- Schilberszky K.: 1934. A csonthéjas-termésű gyümölcsfák gutaütésének okairól. Kísérletügyi Közlemények. 37: 96-110.
- Scopoli, G. A.: 1763. 414. *Chermes pruni*. In: Entomologia Carniolica: exhibens insecta Carnioliae indigena et distributa in ordines, genera, species, varietates Methodo Lineana. Iannis Trattner, Vindobonae: 1-35, 1-420; 1.
- 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.
- Seemüller, E. – Foster, A.: 1995. European stone fruit yellows. In: Ogawa, J. M. – Zehr, E. I. – Bird, G. W. – Ritchie, D. F. – Uriu, K. – Uyemoto, J. K. (eds.) Compendium of Stone fruit diseases. APS Press, St. Paul, MN, USA.
- Seemüller, E. - Schaper, U., - Zimbelmann, F.: 1984. Seasonal variation in the colonization patterns of mycoplasma-like organisms associated with apple proliferation and pear decline. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. 91(4): 371-382.
- Seemüller, E. – Schneider, B.: 2004. 'Candidatus Phytoplasma mali', 'Candidatus Phytoplasma pyri' and 'Candidatus Phytoplasma prunorum', the causal agents of apple proliferation, pear decline and European stone fruit yellows, respectively. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 54(4): 1217-1226.

- Seemüller, E. – Stolz, H. – Kison, H.: 1998. Persistence of European stone fruit yellows phytoplasma in areal parts of *Prunus* taxa during the dormant season. *Journal of Phytopathology*. 146: 407-410.
- Serçe, C. U. – Yvon, M. – Kaya, K. – Gazel, M. – Cengiz, F. C. – Çağlayan, K. – Sauvion, N.: 2011. Survey on the presence of *Cacopsylla pruni* in Turkey: preliminary results. *Bulletin of Insectology*. 64(Supplement): S145-S146.
- Shi, S. – Li, J. – Sun, J. – Yu, J. – Zhou, S.: 2013. Phylogeny and classification of *Prunus* sensu lato (Rosaceae). *Journal of Integrative Plant Biology*. 55(11): 1069-1079.
- Shigeyuki, K. – Yasuko, Y.: 2015. The role of genome sequencing in phytoplasma research. *Phytopathog. Mollic*. 5: 19-24.
- Sundin, G. W. – Wang, N.: 2018. Antibiotic resistance in plant-pathogenic bacteria. *Annual Review of Phytopathology*. 56: 161-180.
- Surányi D.: 2003. A kajszi jelentősége, termesztésének története és helyzete. In: Péntes B.–Szalay L. (Szerk.) *Kajszi*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Süle S. – Viczián O. – Péntes B.: 1997. A kajszi fitoplazmás pusztulása. *Kertészet és Szőlészet*. 45: 8-11.
- Süle S.: 2012. Mitől pusztul a kajszi? *Mezőhír*. 9: 64-66.
- Süle S.: 2014. Kajszipusztulás és az ellene való védekezés. *Növényvédelem*. 50:1. 23-26
- Szalay L.: 2004. *Kajszi*. In: PAPP J. (Szerk.): *A gyümölcsök termesztése*. Budapest, Mezőgazda Kiadó.
- Szirmai J.: 1956. Új vírusbetegség hazánkban. *Agrártudomány*. 8: 351-354.
- Tan, Y. – Li, Q. – Zhao, Y. – Wei, H. – Wang, J. – Baker, C. J. – Liu, Q. – Wei, W.: 2021. Integration of metabolomics and existing omics data reveals new insights into phytoplasma-induced metabolic reprogramming in host plants. *PLoS ONE*. 16: e0246203.
- Tarcali G. – Kiss E. – Kövics Gy. – Süle S. – Irinyi L. – Kiss L.: 2010. Kajszi ültetvények fitoplazmás pusztulása ('*Ca. Phytoplasma prunorum*') Borsod-Abaúj-Zemplén megyében. *Agrártudományi Közlemények* 39:34-41.
- Tarcali G. – Kövics Gy. – Bíró Gy. – Mergenthaler E. – Bodnár D.: 2022. A csonthéjasok fitoplazmás megbetegedésének hazai helyzete. In: Tarcali G. – Kövics Gy. – Radócz L. (eds.) *Növényorvos Képzés Debrecenben*. Debrecen, Printart-Press Kft.
- Tarcali G. – Kövics Gy. – Kiss E.: 2014. Occurrence of Stone Fruit Yellows Phytoplasma Disease (*Candidatus Phytoplasma prunorum*) in Hungary and Central Europe. In: 103

- Kharwar, N. S. – Upaghyay, R. S. – Dubey, N. K. – Raghuwanshi, R. eds.: Microbial Diversity and Biotechnology in Food Security. New Delhi. Springer India.
- Tarcali G. – Szalai B. – Csüllög K. – Szalardi T. – Bodnár D.: 2020. Investigations of Phytoplasma diseases on apricot and grapevines in Hungary and central Europe [In: H. K., Chourasia; Krishnendu, Acharya; Vivek, Kumar Singh (szerk.) Precision Agriculture and Sustainable Crop Production New Delhi, India: Today and Tomorrow's Printers and Publishers].
- 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.
- Tedeschi, R. – Ferrato, V. – Rossi, J. – Alma, A.: 2006. Possible phytoplasma transovarial transmission in the psyllids *Cacopsylla melanoneura* and *Cacopsylla pruni*. *Plant Pathology*. 55: 18-24.
- Tedeschi, R. – Lauterer, P. – Brusetti, L. – Tota, F. – Alberto, A.: 2009. Composition, abundance and phytoplasma infection in the hawthorn psyllid fauna of northwestern Italy. *European Journal of Plant Pathology*. 123: 301-310.
- 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.
- Thébaud, G. – Sauvion, N. – Chadæuf, J. – Duflis, A. – Labonne, G.: 2006. Identifying risk factors for European stone fruit yellows from a survey. *Phytopathology*. 96: 890-899.
- Thébaud, M. I. – Labonne, G. – Alary, R.: 2008. European stone fruit yellows: consequences of the life cycle of the vector and the Multiplication of the Phytoplasma in the Insect on the Epidemiology of the Disease. *Acta Horticulturae*. 781: 423-428.
- Tholt, G. – Kis, A. – Medzihradzky, A. – Szita, É. – Tóth, Z. – Havelda, Z. – Samu, F.: 2017. Could vectors' fear of predators reduce the spread of plant diseases? *Scientific Reports*. 8: 8705
- Tibenszkyné Kiss Emese: 2015. Eltérő virulenciájú fitoplazma törzsek kölcsönhatásának szerepe a keresztvédtetés kialakulásában. Budapesti Corvinus Egyetem.

- Kertészettudományi Kar. Budapest. MTA ATK Növényvédelmi Intézet. (Doktori értekezés)
- Torres, E. – Martín, M.P. – Paltrinieri, S. – Vila, A. – Masalles, R. – Bertaccinia, A.: 2004. Spreading of ESFY Phytoplasmas in Stone Fruit in Catalonia (Spain). *J. Phytopathology*. 152: 432-437.
- Varabieda, W. – Sika, G. – Cieślińska, M.: 2018. *Cacopsylla pruni* in Poland and its significance of 'Candidatus Phytoplasma prunorum'. *Zemdirbyste–Agriculture*. 105(2): 177–182.
- Varga, K. – Kolber, M. – Martini, M.: 2000. Phytoplasmas identification in Hungarian grapevines by two nested-PCR systems. Extended Abstract of XIIIth Meeting of the International Council for the Study of Viruses and Virus-like Diseases of the Grapevine (ICVG). Adelaide. Australia. 12-17 March
- Viczián O. – Kiss B. – Kiss E – Orosz Sz. – Juhász A. L. – Mergenthaler E.: 2017. Mit tudunk a 'Candidatus Phytoplasma prunorum' fitoplazma terjedéséről ma és mit gondolunk ugyanerről? *Növényvédelem*. 78(53): 12. 525-531
- 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.
- Viczián O. – Süle S. – Gáborjányi R.: 1998(a): A szőlő fitoplazma természetes gazdanövényi Magyarországon. *Növényvédelem*. 34(4): 617-620.
- Viczián O. – Süle S. – Gáborjányi R.: 1998(b). Titokzatos kórokozó – Fűben-fában fitoplazma. *Élet és tudomány*. 53(16): 491-493.
- Viczián O. – Süle S. – Péntes B. – Seemüller, E.: 1997. A kajszi fitoplazmák pusztulása Magyarországon. *Új Kertgazdaság*. 1: 48-51.
- Viczián O.: 2002. A Magyarországon előforduló fitoplazmák molekuláris biológiai módszerekkel történő meghatározása és tanulmányozása. szent István Egyetem. Kertészettudományi Kar. Gödöllő. (Doktori értekezés)
- Wang, H. – Ye, X. – Li, J. – Tan, B. – Chen, P. – Cheng, J. – Wang, W. – Zheng, X. – Feng, J.: 2018. Transcriptome profiling analysis revealed co-regulation of multiple pathways in jujube during infection by 'Candidatus Phytoplasma ziziphi'. *Gene* 665: 82-95.

- Wang, M. – Maramarosch, K.: 1988. Earliest historical record of a tree mycoplasma disease: Beneficial effect of mycoplasma-like organisms on peonies. *In* Mycoplasma Diseases of Cops: Basic and Applied Aspects (eds. Maramarosch, K. and Raychaudhuri, S.P.). Springer-Verlag, New York
- Watmough, R. H.: 1968(a). Population studies on two species of Psyllidae (Homoptera: Sternorhyncha) on broom (*Sarothamnus scoparius* (L.) Wimmer). *Journal of Animal Ecology*. 37: 283-314.
- Watmough, R. H.: 1968(b). Notes on the biology of *Arytaina spartiophila* Förster and *A. genistae* Latreille (Homoptera: Psyllidae) on broom (*Sarothamnus scoparius* (L.) Wimmer). *Britain. J. ent. Soc. sth. Afr.* 31: 115-122.
- Wei, W. – Zhao, Y.: 2022. Phytoplasma Taxonomy: Nomenclature, Classification, and Identification, *Biology*. 11:1119.
- Weisburg, W. G. – Tully, J. G. – Rose, D. L. – Petzel, J. P. – Oyaizu, H. – Yang, D. – Mandelco, L. – Sechrest, J. – Lawrence, T. G. – Van Etten, J.: 1989. A phylogenetic analysis of the mycoplasmas: basis for their classification. *Journal of Bacteriology* 171(12): 6455-6467.
- White, T. C. R.: 1970(a): Airborne arthropods collected in South Australia with a drogue-net towed by a light aircraft. *Pacific Insects*. 12: 251-259.
- White, T. C. R.: 1970(b). The nymphal stage of *Cardiaspina densitexta* (Homoptera: Psyllidae) on leaves of *Eucalyptus fusciculosa*. *Australian Journal of Zoology* 18: 273-293.
- Yvon, M. – Labonne, G. – Thebaud, G.: 2004. Survival of European Stone Fruit Yellows phytoplasma outside fruit crop production areas: a case study in Southeastern France. *Acta Horticulturae*. 657: 477-481.

11. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

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 nekrozis 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.



12. NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 20.....

.....

Bodnár Dominika

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Bodnár Dominika doktorjelölt 2017-2023 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal/irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom/javasoljuk.

Debrecen, 2023.05.22.

.....

Dr. Mergenthaler Emese

.....

Dr. Tarcali Gábor

13. MELLÉKLETEK

1. Számú melléklet: Ábrák jegyzéke

1. **ábra:** 'Ca. Phytoplasma prunorum' fertőzés megfigyelt tünetei kajsziabarackon
2. **ábra:** A szilva levélbolha határozó bélyegei
3. **ábra:** A 'Ca. Phytoplasma prunorum' fertőzési ciklusa a szilva levélbolha (*Cacopsylla pruni*) élelciklusának tükrében
4. **ábra:** Fertőzöttségi tünetek alapján történő felmérés ültetvényeinek elhelyezkedése.
5. **ábra:** A törzsvizsgálatra felhasznált minta korábbi fertőzöttséget igazoló gélfotója
6. **ábra:** Gyűjtési eszközök fenyőkön
7. **ábra:** Levélbolha gyűjtési a szilva levélbolha rajzásának időszakában
8. **ábra:** A kísérlet során használt színes ragacslapok
9. **ábra:** Színezett fertőzöttségi térkép az első ültetvényről
10. **ábra:** Színezett fertőzöttségi térkép a második ültetvényről
11. **ábra:** *Prunus* fajokon gyűjtött *Cacopsylla pruni* egyedek fogásainak helyei a különböző években
12. **ábra:** *Cacopsylla pruni* egyedszámának megoszlása növényenként az egyes években
13. **ábra:** *Cacopsylla pruni* ivar arányának megoszlása a 2021-es és 2022-es rajzás során havonkénti bontásban
14. **ábra:** *Cacopsylla rhamnicola* varjútövis-bengén (*Rhamnus cathartica*)
15. **ábra:** Az 1-24 laborkódú szilva levélbolha egyedek fertőzöttségi vizsgálatának gélfotója
16. **ábra:** A gyűjtött szilva levélbolha egyedek fertőzöttség vizsgálatának csoportosított („bulk”) PCR tesztek gélképei
17. **ábra:** A csoportosított PCR teszteken pozitív eredményt adott csoportok bontását követő egyedi szilva levélbolha fertőzöttség PCR vizsgálatának gélképei

- 18. ábra:** A gyűjtött szilva levélbolha egyedek biotípus vizsgálatának gélképei
- 19. ábra:** *Cacopsylla pruni* különböző felületeken a kísérlet során
- 20. 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).
- 21. ábra:** A kajsziültetvényben előforduló, két leggyakoribb *Cacopsylla* faj: *C. pruni* (A) és *C. melanoneura* (B) színpreferenciája.
- 22. ábra:** A sárga (A) és fehér (B) színű ragacslapok fogási hatékonyságának összehasonlítása a teljes vizsgálati időszakban a *C. pruni* és *C. melanoneura* fajok esetében
- 23. ábra:** A csapda színek hatékonysága (összesített fogások átlaga) a betelepülési időszakban (IM).

2. Számú melléklet: Táblázatok jegyzéke

1. **táblázat:** A *Cacopsylla pruni* és az ESFY Kárpát-medencei elterjedtsége
2. **táblázat:** Fertőzöttségi tünetek alapján történő felmérés ültetvényeinek adatai
3. **táblázat:** A fertőzöttségi index megállapításához használt skálaértékek és az azokat jelölő színek.
4. **táblázat:** Levélbolhák gyűjtési helyei a bekecsi mintaterületen
5. **táblázat:** Levélbolhák gyűjtési helyei a boldogkőváraljai mintaterületeken
6. **táblázat:** A fertőzöttségi és biotípus vizsgálatokban résztvevő szilva levélbolhák gyűjtési helyei és a növény, amelyről gyűjtöttük őket
7. **táblázat:** A boldogkőváraljai mintaterületeken gyűjtött szilva levélbolhákból fertőzöttségi vizsgálathoz alkotott csoportokhoz tartozó levélbolha DNS-es laborkódjai
8. **táblázat:** Fertőzöttségi skálaértékek alakulása a tünetek alapján felmért első ültetvényben
9. **táblázat:** Fertőzöttségi skálaértékek alakulása a tünetek alapján felmért második ültetvényben
10. **táblázat:** 2014 és 2020 közt gyűjtött levélbolha fajok áttelelő helyei
11. **táblázat:** A csoportos fertőzöttségi DNS vizsgálat eredményei
12. **táblázat:** 2018-ban gyűjtött fertőzött *Cacopsylla pruni* egyedek az egyes mintaterületeken
13. **táblázat:** A színes ragacslapokkal fogott *Cacopsylla* egyedek összesítő táblázata
14. **táblázat:** A használt statisztikai eljárások és azok eredményeiknek összegzése

3. számú melléklet: Rajzási időszakban készített fotóim a *Cacopsylla pruni* fajról a tápnövény különböző fenológiai fázisaiban (forrás: saját fotók)

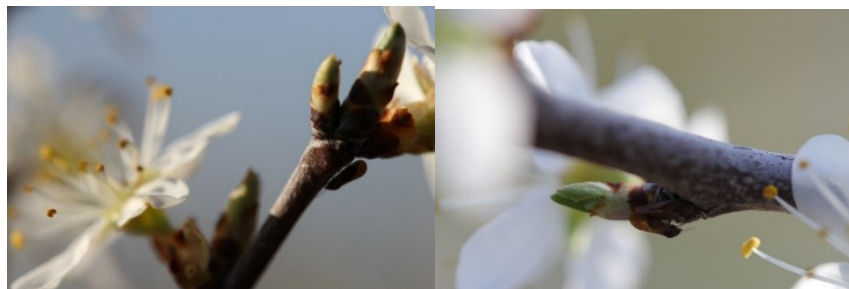
Kökényen (BBCH 55-59) pirosbimbós állapotban



Kökényen (BBCH 60-61) virágzás kezdetén



Kökényen (BBCH 65) fővirágzásban



Kökényen (BBCH 69) Sziromhulláskor



Kökényen (BBCH 70-72) kötődéskor



Kökényen (BBCH 74-80) gyümölcsnövekedéskor



Kajszin (BBCH 55-59) pirosbimbós állapotban



Kajszin (BBCH 60-61) virágzás kezdetén



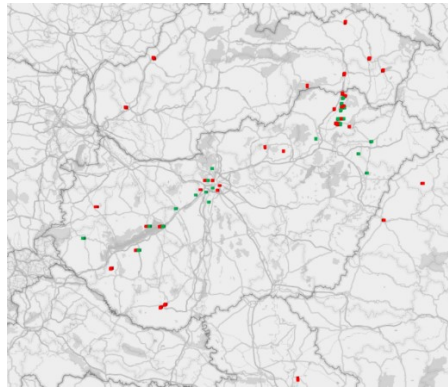
Kajszin (BBCH 69) szirmhulláskor



Mirabolánon (BBCH 74-80) gyümölcseréskor



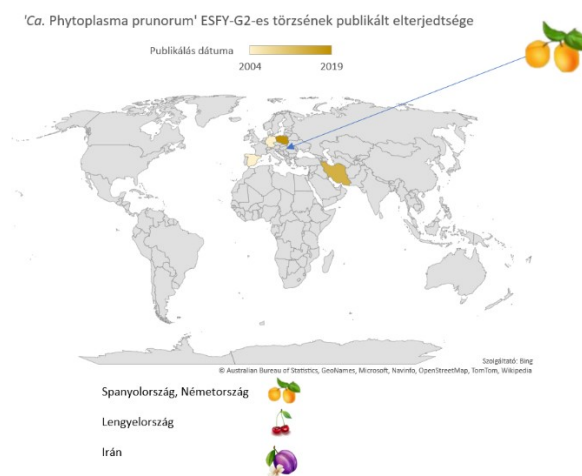
4. számú melléklet:



1(m). Ábra: A *Cacopsylla pruni* és az ESFY elterjedése hazánkban, publikált adatok alapján (forrás: saját ábra). A *Cacopsylla pruni* elterjedési helyeit pirossal jelöltem, míg az ESFY elterjedési helyeit zöld szín szimbolizálja.



2(m) Ábra: Nagyváradai kajszai ültetvényben található idős kajszifa a levélbolha gyűjtés helyszínéről.

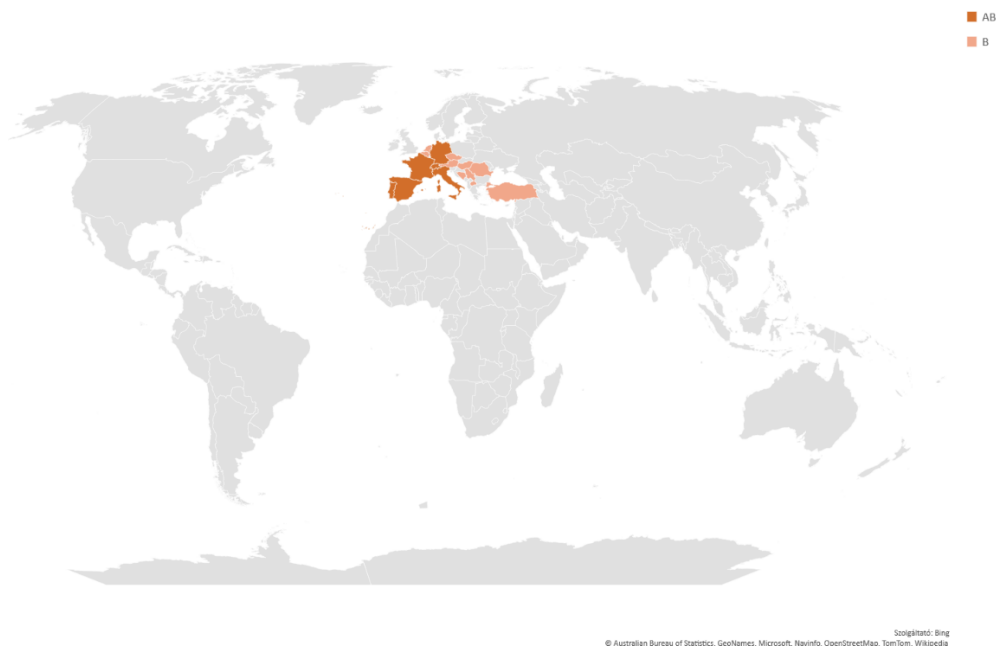


3(m) Ábra: 'Ca. Phytoplasma prunorum' ESFY-G2-es törzsének elterjedtsége. (forrás: saját ábra)



4(m) Ábra: Fenyőfélékről történő levélbolha gyűjtés helyszínei (forrás: saját ábra). A narancssárga pöttyök azokat a minta területeket jelölik, amelyeken a gyűjtést végeztük. A kék pöttyök azokat a területeket, jelölik, amelyek esetében volt ilyen jellegű adatközlés a hazai szakirodalmakban.

Cacopsylla pruni A és B biotípusának elterjedtsége



5(m) Ábra: A *Cacopsylla pruni* A és B biotípusának elterjedtsége (forrás: saját ábra). Sötétebb narancssárga jelöli azokat a területeket, ahol mindkét biotípus megtalálható. Azon területek, amelyeken csak a B biotípus fordul elő halványabb narancssárgával lettek jelölve.

Jelölések és rövidítések jegyzéke

AAP: kórokozó felvételi időszaka (Acquisition Access Period)

aceF: dihidrolipoamid-aciltranszferáz gén

BBCH: A növények fejlődési szakaszainak skálája. A rövidítés a skála kialakításában résztvevő felek neveiből származik (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie; nem hivatalosan képviseli a négy vállalatot, ami eredetileg támogatta a fejlesztését: Bayer, BASF, Ciba-Geigy, Hoeschst)

BBCH 55-59: Pirosbimbós állapot

BBCH 65: Fővirágzás fenológiai állapot (a virágoknak legalább az 50%-a nyitva van, és az első szirmok már kezdenek hullani)

BBCH 69: Szíromhullás állapota (az összes virág hullatja a szirmait)

BBCH 70-72: Gyümölcskötődés fenológiai állapot

BBCH 74-80: Gyümölcsnövekedés fenológiai állapot

DAPI: 4',6-Diamidin-2'-fenilindol (4',6-Diamidine-2'-phenylindole) olyan festék, ami a DNS-hez kötődik

ddPCR: digitális csepp PCR (digital droplet PCR)

DNS barcoding: a fajokra egyedileg jellemző DNS szakasz vizsgálata annak érdekében, hogy a fajokat el lehessen különíteni.

DNS microarray: sok gén egyidejű kifejeződésének vizsgálatára szolgáló módszer

DNS: dezoxiribonukleinsav

ESFY: csonthéjasok európai sárgasága (European Stone Fruit Yellows)

IAP: kórokozó leadási időszaka (Inoculation Access Period)

LAMP: hurok-közvetített izotermikus amplifikáció (Loop Mediated Isothermal Amplification)

MLOs: mikoplazmaszerű szervezetek (Mycoplasma-Like Organisms)

NGS: újgenerációs szekvenálás (Next Generation Sequencing)

PCR: polimeráz láncreakció (Polymerase Chain Reaction)

Q-PCR: kvantitatív vagy valós idejű PCR (Quantitative-PCR, Real-Time-PCR)

RFLP: restrikciós szakaszok hosszúságának polimorfizmusa (Restriction Fragment Length Polymorphism)

RPA: rekombináza polimeráz amplifikáció (Recombinase Polymerase Amplification)

rRNS: riboszomális RNS (riboszomális ribonukleinsav)

RT-PCR: fordított átírás-PCR (Reverse Transcription-PCR)

TaqMan: TaqMan próba, hidrolízis próba, aminek célja a Q-PCR specifikusságának növelése

T-RFLP: terminális-restrikciós szakaszok hosszúság polimorfizmusa (Terminal - Restriction - Length - Polymorphism)

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm konzulenseimnek Mergenthaler Emesének (ATK NÖVI Növénykórtani Osztály) és Tarcali Gábornak (Debreceni Egyetem, Növényvédelmi Intézet), hogy végig támogattak és segítettek a munkámat.

Köszönöm Koczor Sándornak és Tóth Miklósnak (ATK NÖVI Alkalmazott Kémiai Ökológiai Osztály) a szükséges csapdák rendelkezésemre bocsátását. Külön köszönet Tholt Gergelynek (ATK NÖVI Állattani Osztály) a statisztikai elemzéseknél nyújtott segítségéért.

Köszönöm továbbá: Ott Péternek és Fodor Józsefnek (ATK NÖVI Növénykóréletani Osztály), Makay Miklósnak† (MKSZN, Érdi faiskola), Koltay Andrásnak (NAIK Erdővédelmi Osztály erdésze), Lukács Sándornak (Budakeszi Galambos Gáspár Arborétum erdésze), Husztek Andrásnak, Polonkai Ferencnek†, hogy segítettek munkámat meglátásaikkal, tanácsaikkal, és a kísérleti területeken nyújtott segítségükkel, illetve a kísérleti helyszínek biztosításával. Köszönöm Orosz Szilviának (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Élelmiszerlánc-biztonsági laboratórium Igazgatóság, Növény-egészségügyi Diagnosztikai Referencia Laboratórium), Tibenszkyné Kiss Emesének és Juhász Andrásnak (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet, Integrált Növényvédelem Tanszék), valamint Kiss Baláznak (Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet, Állattani Osztály), hogy a fenyőféléken történő levélbolha gyűjtésben munkájukkal segítettek minket. Köszönöm Szalai Brigittának, a bekecsi szilva levélbolha gyűjtés során nyújtott segítségét. Köszönöm Kontschán Jenőnek (ATK NÖVI Állattani osztály), hogy szakmai meglátásaival és tanácsaival segítette fejlődésemet.

Köszönöm Magonyi Nórának, Csajki Dánielnek, és Ágoston Jánosnak, és Juhász Zoltánnak, hogy barátságukkal mindvégig bátorítottak, amikor nehézségekbe ütköztem.

Valamint hálásan köszönöm Viczián Orsolyának, hogy nem csak barátságával és szakmai meglátásaival segítette a munkámat, hanem az egész folyamat során minden helyzetben számíthattam a támogatására.

Köszönet az (NKFIH) K 128838 projekt (témavezető: Ott Péter) részbeni támogatásáért.

Végül, de számomra legelső sorban hálás köszönettel tartozom a családomnak, akik mindvégig szeretettel támogattak és bátorítottak, motiváltak a tanulmányaim, munkám és az értekezés elkészítése során.