



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Kórokozók szerepe a kajszi gutaütésében

DOI: 10.54598/005250

Konecz László Sándor
Budapest
2024

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola
tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Zámboriné dr. Németh Éva
egyetemi tanár, *DSc*
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kertészettudományi Intézet
Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Témavezető: Dr. Nagy Géza
egyetemi docens, *PhD*
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Növényvédelmi Intézet
Növénykórtani Tanszék

Társtémavezető: Dr. Petróczy Marietta
egyetemi docens, *PhD*
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Növényvédelmi Intézet
Növénykórtani Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
Témavezető jóváhagyása

.....
Társtémavezetők jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	10
2. CÉLKITŰZÉSEK	11
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	13
3.1. A kajszi gutaütéses betegsége.....	13
3.2. <i>Pseudomonas syringae</i>	13
3.2.1. A betegség neve, a kórokozó taxonómiája és általános jellemzése.....	13
3.2.2. A kórokozó gazdanövényei és jelentősége csonthéjasokon.....	14
3.2.3. A kórokozó fertőzési módja és az azt befolyásoló tényezők	14
3.2.4. A kórokozó okozta tünetek	15
3.2.5. Védekezési módszerek	16
3.2.5.1. Agrotechnikai védekezés	16
3.2.5.2. Kémiai védekezés.....	17
3.3. ' <i>Candidatus Phytoplasma prunorum</i> '	17
3.3.1. A betegség nevei, a kórokozó általános jellemzése, taxonómiája és nevezéktana	17
3.3.2. A kórokozó elterjedtsége, gazdanövényei és jelentősége	18
3.3.3. A kórokozó terjedési módjai	18
3.3.4. A kórokozó okozta tünetek és kártétel kajszin	20
3.3.5. A tünetek megjelenését és erősségét befolyásoló tényezők.....	21
3.3.6. A kórokozó jelenléte a gyümölcsfákban a nyugalmi- és a vegetációs időszakokban	21
3.3.7. A kórokozó molekuláris kimutatása és azonosítása	22
3.3.8. A kórokozó elleni védekezési lehetőségek.....	23
3.3.8.1. Agrotechnikai védekezés	23
3.3.8.2. Kémiai védekezés.....	25
3.4. A ' <i>Candidatus Phytoplasma prunorum</i> ' vektora.....	25
3.4.1. A <i>Cacopsylla pruni</i> általános jellemzése	25
3.4.2. <i>Cacopsylla pruni</i> elterjedtsége és biotípusai.....	26
3.4.3. <i>Cacopsylla pruni</i> tápnövényei	26
3.4.4. <i>Cacopsylla pruni</i> fitoplazma terjesztő képessége	28
3.4.5. A <i>Cacopsylla pruni</i> elleni védekezési lehetőségek	29
3.5. A <i>Cacopsylla crataegi</i> levélbolhafaj.....	30
3.5.1. <i>Cacopsylla crataegi</i> általános jellemzése	30
3.5.2. <i>Cacopsylla crataegi</i> jelenléte a tápnövényein és egyéb növényeken.....	30
3.5.3. <i>Cacopsylla crataegi</i> elterjedtsége.....	31
3.5.4. <i>Cacopsylla crataegi</i> fitoplazma-fajok általi fertőzöttsége.....	31
3.5.5. <i>Cacopsylla crataegi</i> elleni védekezési lehetőségek.....	31
3.6. <i>Cytospora</i> -fajok	31

3.6.1. A betegség neve, a kórokozók taxonómiája és nevezéktana.....	31
3.6.2. A kórokozók szaporító képletei és a tenyészetek morfológiája.....	32
3.6.3. A kórokozók gazdanövényei és jelentőségük	34
3.6.4. A kórokozók életmódja, biológiája és terjedése	34
3.6.5. A kórokozók okozta tünetek és károsítás mértéke.....	37
3.6.6. <i>Cytospora</i> -fajok elleni védekezési lehetőségek	38
3.6.6.1. Agrotechnikai és mechanikai védekezés	38
3.6.6.2. Kémiai védekezés.....	40
3.6.6.3. Alternatív és biológiai védekezés.....	41
4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	43
4.1. A vizsgálatok helyszínei.....	43
4.2. A vizsgálatok időpontjai és időtartamai	44
4.3. Az apoplexia kórokozóinak feltérképezése a kajszi-ültetvényekben	44
4.3.1. A vizsgált növények kijelölése, a mintavétel módszere és a minták tárolása	44
4.3.2. Össznukleinsav-kivonás a begyűjtött fás növényi szövetekből	44
4.3.3. A ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum', a <i>Pseudomonas syringae</i> fajkomplex és a <i>Cytospora</i> -fajok molekuláris kimutatása és azonosítása.....	45
4.3.4. A tünetek megjelenése és a kórokozók jelenléte közötti kapcsolat statisztikai vizsgálata	47
4.4. Faiskolai szaporítóanyag ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' fertőzöttsége és a kórokozó vegetatív terjeszthetősége.....	48
4.4.1. A kórokozó kimutathatóságának vizsgálata a vegetációs, illetve nyugalmi időszakban .	48
4.4.2. A kórokozó faiskolai szaporítás során történő átvitelének vizsgálata	48
4.4.3. Kereskedelemről származó facsemeték fitoplazma fertőzöttségének vizsgálata	49
4.5. A <i>Cacopsylla</i> egyedekkel kapcsolatos vizsgálatok	50
4.5.1. <i>Cacopsylla</i> egyedek gyűjtése	50
4.5.2. A begyűjtött <i>Cacopsylla</i> egyedek azonosítása, össznukleinsav kivonása és a ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' fertőzöttségének kimutatása	50
4.5.3. A ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' kórokozót hordozó <i>Cacopsylla crataegi</i> egyedek filogenetikai és rekombinációs vizsgálata.....	52
4.5.4. A begyűjtött <i>Cacopsylla</i> egyedekkel kapcsolatos statisztikai vizsgálatok.....	52
4.5.5. A begyűjtött <i>Cacopsylla</i> -fajok tápnövényeinek ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' fertőzöttségi vizsgálata.....	53
4.6. A <i>Cytospora</i> -fajok izolálása és a <i>C. sorbicola</i> elleni védekezési vizsgálatok.....	53
4.6.1. Mintagyűjtés és a <i>Cytospora</i> kórokozók izolálása.....	53
4.6.2. A <i>Cytospora</i> tenyészetek molekuláris azonosítása	53
4.6.3. A növénykondicionálás kezelése <i>Cytospora sorbicola</i> által okozott szövetváltozásokra és -elhalásokra gyakorolt hatásának vizsgálatai	55
4.6.3.1. A tenyészedenyes fák elvégzett kísérlet körülményei és beállítása.....	55

4.6.3.2. A szabadföldi fák elvégzett kísérlet körülményei és beállítása	56
4.6.3.3. A tenyészedényes és szabadföldi fák elvégzett mesterséges fertőzések értékelési időpontjai és módszerei	57
4.6.3.4. A tenyészedényes és szabadföldi vizsgálatokban megjelent szövetelhalások statisztikai értékelése	58
4.6.4. <i>Cytospora sorbicola</i> kórokozó elleni fungicid hatóanyagok hatásának vizsgálata	60
4.6.4.1. A vizsgálatban felhasznált kórokozó izolátumok és fungicidek	60
4.6.4.2. A kísérlet körülményei és beállítása	61
4.6.4.3. A felhasznált fungicidek kórokozóval szembeni hatásának felmérése és értékelése ..	61
4.6.5. A <i>Trichoderma asperellum</i> 'T34' a <i>Cytospora sorbicola</i> kórokozóval szembeni térkompetíciós és parazitáló képességének vizsgálata <i>in vitro</i> körülmények között	62
4.6.5.1. A kísérlet körülményei és beállítása	62
4.6.5.2. A térkompetíciós, parazitáló képesség és a tenyészetek morfológiai változásának felmérése	63
4.7. A kajszfajták és alanyok fogékonyságának értékelése az apoplexia vonatkozásában	64
4.7.1. Vizsgálati körülmények	64
4.7.2. Szemlézett kajszfajták és azok alanyai	64
4.7.3. A kajszfák fogékonyságának felmérése	65
4.7.4. A kajszfajták és az alany változatok fogékonyságának értékelése	66
5. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE	67
5.1. A kajszfákön megfigyelt gutaütés tünetek	67
5.2. Az apoplexia kórokozóinak kimutatása kajszi-ültetvényekből és szerepük a tünetmegjelenésben	68
5.2.1. A ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum', a <i>Pseudomonas syringae</i> fajkomplex és a <i>Cytospora</i> -fajok molekuláris kimutatása és azonosítása	68
5.2.2. A tesztelt kajszfák tünetek megjelenése és kórokozó jelenléte közötti összefüggés statisztikai elemzése	70
5.3. Faiskolai szaporítóanyag ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' fertőzöttsége és a kórokozó vegetatív terjeszthetősége	75
5.3.1. A fitoplazma kimutathatósága a nyugalmi és a vegetációs időszakban az anyafákról gyűjtött vesszőkben	75
5.3.2. A szemzéssel szaporított facsemeték fertőzöttsége	75
5.3.3. Kereskedelemről származó facsemeték fitoplazma fertőzöttsége	75
5.4. A kajszi-ültetvényekből és azok környezetéből begyűjtött <i>Cacopsylla</i> egyedekkel kapcsolatos felmérések	76
5.4.1. A <i>Cacopsylla</i> egyedek morfológiai azonosítása, valamint azok növényfajonkénti és nemek szerinti megoszlása	76
5.4.2. A <i>Cacopsylla</i> egyedek ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' fertőzöttsége	77
5.4.3. A <i>Cacopsylla</i> egyedek molekuláris azonosítása	79
5.4.4. A ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' kórokozót hordozó <i>Cacopsylla crataegi</i> egyedek filogenetikai és rekombinációs elemzése	80

5.4.5. A begyűjtött <i>Cacopsylla</i> egyedek tápnövényeinek ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' fertőzöttsége.....	81
5.5. <i>Cytospora</i> izolátumok azonosítása és a <i>C. sorbicola</i> faj elleni védekezés	81
5.5.1. <i>Cytospora</i> izolátumok molekuláris és morfológiai azonosítása.....	81
5.5.2. A növénykondicionálás kezelések hatása a <i>Cytospora sorbicola</i> által okozott szövetelváltozásokra és -elhalásokra.....	82
5.5.2.1. Tenyészedényes vizsgálatban kialakult szövetelhalások értékelése	82
5.5.2.2. Felmért tünetek a tenyészedényes vizsgálatban	83
5.5.2.3. Szabadföldi kísérletben kialakult szövetelhalások értékelése	84
5.5.2.4. Felmért tünetek a szabadföldi vizsgálatban.....	89
5.5.3. Fungicid hatóanyagok hatása a <i>Cytospora sorbicola</i> faj növekedésére <i>in vitro</i> körülmények között.....	90
5.5.4. A <i>Trichoderma asperellum</i> 'T34' <i>Cytospora sorbicola</i> kórokozóval szembeni térkompetíciós és parazitáló képessége <i>in vitro</i> körülmények között	94
5.6. A kajszfajták és alany változatok fogékonyságának értékelése az apoplexia vonatkozásában	96
5.6.1. Kajszfajták fogékonyságának értékelése.....	96
5.6.2. Az alany változatok fogékonyságának értékelése kajszfajtáktól függetlenül.....	98
5.6.3. Az alany változatok fogékonyságának értékelése kajszfajtánként	99
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK	101
6.1. Az apoplexia kórokozóinak jelentősége és hatása a tünetek megjelenésére kajszifákban	101
6.2. A ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' terjedésének jelentősége szaporító anyaggal és jelenléte az anyafákban.....	104
6.3. A begyűjtött <i>Cacopsylla pruni</i> és <i>C. crataegi</i> egyedek azonosítása	105
6.4. A begyűjtött <i>Cacopsylla pruni</i> és <i>C. crataegi</i> egyedek megoszlása, az egyedek és tápnövényeik fitoplazma-fertőzöttsége.....	106
6.5. <i>Cytospora</i> -fajok jelentősége az apoplexiában	108
6.6. Növénykondicionálók hatása a <i>Cytospora sorbicola</i> ellen.....	109
6.7. Fungicidek <i>in vitro</i> hatékonysága a <i>Cytospora sorbicola</i> kórokozóval szemben	110
6.8. A <i>Trichoderma asperellum</i> 'T34' <i>Cytospora sorbicola</i> kórokozóval szembeni térkompetíciós és parazitáló képessége	111
6.9. Kajszi alany-nemes kombinációk hatása az apoplexia kialakulására.....	112
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	114
8. ÖSSZEFOGLALÁS	115
9. SUMMARY	118
10. MELLÉKLETEK.....	121
11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	192

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

1. AP	Apple proliferation ~ almafa boszorkányseprűsödése
2. ANOVA	Analysis of variance ~ varianciaanalízis
3. BBCH	Biologische bundesanstalt, bundessortenamt und chemische industrie
4. <i>C. cincta</i>	<i>Cytospora cincta</i>
5. <i>C. chrysosperma</i>	<i>Cytospora chrysosperma</i>
6. <i>C. leucostoma</i>	<i>Cytospora leucostoma</i>
7. <i>C. monogyna</i>	<i>Crataegus monogyna</i> ~ egybibés galagonya
8. <i>C. affinis</i>	<i>Cacopsylla affinis</i>
9. <i>C. crataegi</i>	<i>Cacopsylla crataegi</i> ~ galagonya levélbolha
10. <i>C. picta</i>	<i>Cacopsylla picta</i>
11. <i>C. pyri</i>	<i>Cacopsylla pyri</i> ~ füstösszárnyú körtelevélbolha
12. <i>C. pyricola</i>	<i>Cacopsylla pyricola</i> ~ közönséges körtelevélbolha
13. <i>C. pruni</i>	<i>Cacopsylla pruni</i> ~ szilva levélbolha
14. <i>C. sorbicola</i>	<i>Cytospora sorbicola</i>
15. <i>C. vitis</i>	<i>Cytospora vitis</i>
16. 'Ca. Phytoplasma prunorum'	' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum'
17. COI	Cytochrome c oxidase I. ~ citokróm c-oxidáz I.
18. CTAB	Cetil-trimethylammonium-bromid
19. DNS	Dezoxiribonukleinsav
20. EC ₅₀	Median Effective Concentration ~ effektív koncentráció középérték
21. EDTA	Etilén-diamin-tetraecetsav
22. ESFY	European Stone Fruit Yellows ~ csonthéjasok európai sárgulása
23. GLMM	Generalized Linear Mixed Model ~ általánosított lineáris kevert modell

24.	GLMM-b	Generalized Linear Mixed Model binomiális hibataggal korrigálva
25.	ITS	Internal Transcribed Spacer
26.	LMA	Leonian-maláta agaron
27.	LRT	Likelihood ratio teszt
28.	MANOVA	Multivariate analysis of variance ~ többváltozós varianciaanalízis
29.	MEA	Malt extract agar ~ maláta agar kivonat
30.	NaCl	Nátrium-klorid
31.	NCBI	National Center for Biotechnology Information ~ Nemzeti Biotechnológiai Információs Központ
32.	nested-PCR	Fészek PCR
33.	<i>P. amygdalus</i>	<i>Prunus amygdalus</i> ~ mandula
34.	<i>P. armeniaca</i>	<i>Prunus armeniaca</i> ~ kajszi
35.	<i>P. avium</i>	<i>Prunus avium</i> ~ cseresznye
36.	<i>P. cerasifera</i>	<i>Prunus cerasifera</i> ~ cseresznyeszilva
37.	<i>P. domestica</i>	<i>Prunus domestica</i> ~ szilva
38.	<i>P. insititia</i>	<i>Prunus insititia</i> ~ kökényszilva
39.	<i>P. mahaleb</i>	<i>Prunus mahaleb</i> ~ sajmeggy
40.	<i>P. persica</i>	<i>Prunus persica</i> ~ őszibarack
41.	<i>P. persica</i> var. <i>nucipersica</i>	<i>Prunus persica</i> var. <i>nucipersica</i> ~ nektarin
42.	<i>P. salicina</i>	<i>Prunus salicina</i> ~ japán szilva
43.	<i>P. spinosa</i>	<i>Prunus spinosa</i> ~ kökény
44.	<i>P. syringae</i>	<i>Pseudomonas syringae</i>
45.	<i>P. syringae</i> pv. <i>persicae</i>	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>persicae</i>
46.	<i>P. syringae</i> pv. <i>syringae</i>	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>
47.	PCR	Polymerase chain reaction ~ polimeráz-lánreakció
48.	PD	Pear Decline ~ körte fitoplazmás leromlása

49. PDA	Potato dextrose agar ~ Burgonya dextróz agar
50. pH	Pondus hydrogenii ~ hidrogénion-kitevő
51. qPCR	quantitative PCR ~ kvantitatív PCR
52. RFLP	Restriction Fragment Length Polymorphism ~ hasított nukleinsavszakaszok hosszúság szerinti analízise
53. <i>T. asperellum</i> 'T34'	<i>Trichoderma asperellum</i> 'T34'
54. <i>T. atroviride</i> 'SC1'	<i>Trichoderma atroviride</i> 'SC1'
55. <i>T. longibrachiatum</i> 'T05'	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> 'T05'
56. TE	TRIS és EDTA tartalmú oldat
57. TNS	Totál nukleinsav
58. TRIS	2-Amino-2-(hidroxi-metil)-propán-1,3-diol
59. TRIS-HCl	TRIS-(hidroximetil)-amino-metán-hidroklorid

1. BEVEZETÉS

A kajszi (*Prunus armeniaca*) elsődleges géncentrumából Kínából indult világhódító útjára. A Kárpát-medencébe több útvonalon keresztül is érkeztek a kajszi fajták. Termesztése Magyarországon évszázados hagyományokkal bír (Surányi, 2003). A kajszi származásából adódóan a 30–48. szélességi fok között termesztethető eredményesen, így a 45–48. szélességi fokon elhelyezkedő Kárpát-medence a termesztethetőség északi határán található. A termőhely és a telepítendő fajta megfelelő megválasztásával azonban minőségi árutermelés valósítható meg (Szalay, 2003, 2012).

A kajsziról elmondható, hogy hazánkban a hosszú évszázadok alatt meghatározó kertészeti kultúrává vált, és közben fokozatos fejlődéseken esett át. A magyarországi kajszinemesítés első lépésének tekinthető a XIX. század végén és XX. század elején az egyes termesztők által végzett szelekciós tevékenység a magról szaporított fajtapopulációkban. Az első klónokat ('Magyar kajszi', 'Borsi rózsabarack', 'Kései rózsza', 'Korai piros') 1934-ben törzskönyvezték. Ezek már tudatos nemesítésnek köszönhetően jöttek létre, bár még nem igazán tekinthetők egységes fajtáknak, inkább hasonló tulajdonságokkal rendelkező fajtaköröknek. A harmincas években végzett tájszelekción alapuló nemesítést 1952-ben Maliga Pál fejlesztette tovább az első keresztezéses munkákkal. E törekvések eredményeként a '*Pannónia*' új fajtaként került be az állami fajtajegyzékbe. Szintén az 50-es években indult hazánkban az államilag szervezett táj-, és klónszelekció Nyujtó, Rozsnyay, Koropnay és Brózik irányításával. Ebből a munkából származik a mai magyar eredetű fajtaválaszték jelentős része (például 'Magyar kajszi C.235', 'Ceglédi óriás', 'Ligeti óriás') (Pedryc, 2003).

A kajszi termesztése és növényvédelme számos kockázati tényezővel terhelt, nagy szakértelmet igényel. Számos kártevője és kórokozója mellett kifejezetten sújtják a klimatikus változások okozta időjárási szélsőségek is: a késői fagyok, az egyenetlen csapadékeloszlás és az aszályos periódusok. A betegségek közül a kajszi gutaütése (más néven apoplexia) egyáltalán nem új keletű probléma hazánkban, feltehetően egyidős magával a kajszitermesztéssel (Nyujtó és Surányi, 1981). A tünetegyüttest előidéző kórokozók jelenléte akár egy ideig látens is maradhat, de az első tünetek észlelése után a részleges- vagy a teljes fapusztulás akár rendkívül rövid időn belül bekövetkezik (Husz, 1941). Az apoplexia okozta problémák megoldása hosszú ideje kihívást jelent a szakembereknek. A fapusztulás évről évre óriási gazdasági károkat okoz. A kórokozók jelentőségének, terjedésének pontos megismerése és az integrált szemléletű megelőzés, illetve növényvédelem módszereinek vizsgálata elengedhetetlen a jövedelmezőség fenntartásának szempontjából.

2. CÉLKITŰZÉSEK

Az apoplexiát több, más-más rendszertani csoportba tartozó kórokozó is kiválthatja, amelyek eltérő terjedési-, fertőzési- és/vagy életmóddal rendelkeznek. Ezek jelentőségéről nem találunk egységes álláspontot sem a hazai, sem a nemzetközi szakirodalomban.

- Ennek tükrében célul tűztük ki apoplexia tüneteit mutató és tünetmentes kajszifák tesztelését a gutaütés fő kórokozóira: '*Candidatus* Phytoplasma prunorum', *Pseudomonas syringae* és *Cytospora*-fajokra.
- Kíváncsiak voltunk, hogy a tünetekből következtethetünk-e a fertőzöttségre, kimutatható-e az apoplexia kórokozóinak jelenléte?
- Vizsgáltuk továbbá a kórokozók gyakoriságát és azok ültetvényenkénti megoszlását.

A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' életmódja és terjedése eltér a másik két vizsgált kórokozóétól. A növények szállítószöveiteiben alacsony koncentrációban és egyenetlen eloszlásban fordul elő, ami befolyásolja a kórokozó átvihetőségét és a diagnosztikai célú mintavétel módját, valamint a kimutatás eredményességét.

- Célul tűztük ki kajsziannyafákban a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' jelenlétének és eloszlásának vizsgálatát a vegetációs és a nyugalmi időszakokban.
- Vizsgáltuk a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozó szemzéssel történő terjedését.
- Vizsgáltuk a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' szaporítóanyaggal történő terjedésének jelentőségét faiskolai facsemeték tesztelésével.
- Célul tűztük ki kajsziültetvényekben és közvetlen környezetükben potenciális levélbolha vektorok gyűjtését, faj és nem szerinti meghatározásukat és az egyedekből, illetve gazdanövényeikből a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozó kimutatását.

A *Cytospora*-fajok szintén összefüggésbe hozhatók a gutaütés tünetegyüttesével csonthéjas fajoknál, azonban a kajszi esetében kevés konkrét adatot találunk arra vonatkozóan, hogy mely fajok vannak jelen a hazai ültetvényekben. Kajsziban a védekezés tekintetében ugyancsak hiányosak az ismeretek.

- Ebből kiindulva célul tűztük ki *Cytospora* izolátumok gyűjtését a kijelölt ültetvényekből és meghatározásukat molekuláris módszerrel.
- Kíváncsiak voltunk, hogy a növénykondicionálókkal végzett kezeléseknek van-e kimutatható hatása kajszifákban a *Cytospora sorbicola* fertőzése során kialakuló fás szöveti nekروزisok méreteire.

- Teszteltük a *Trichoderma asperellum* 'T34' törzs alkalmazhatóságát, továbbá kontakt hatásmechanizmusú gombaölő készítmények *Cytospora sorbicola* fajjal szembeni hatását *in vitro* körülmények között.

A felhasználható növényvédő szer hatóanyagok számának folyamatos csökkenése és a betegség komplex növénykórtani háttere miatt a legjobb védekezési stratégia a megelőzés, ami magában foglalja a kevésbé fogékony vagy toleráns fajták előnyben részesítését.

- Célul tűztük ki különböző alany-nemes kombinációk apoplexia fogékonyságának felmérését termőültetvényekben.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A kajszi gutaütéses betegsége

Magyarországon több mint 6000 hektáron termesztnek kajszit (KSH, 2023). A kajszi gutaütéses betegsége, az úgynevezett apoplexia az egyik legnagyobb növényvédelmi kihívás, amellyel a termesztőknek szembe kell nézniük Európa főbb kajszitermesztő régióiban. A betegség Magyarországon is régóta ismert probléma (Nyujtó és Surányi, 1981). Korábbi munkák alapján hazánkban a kajszi gutaütéséért főként a *P. syringae* van Hall, a 'Ca. Phytoplasma prunorum' Seemüller & Schneider és a *Cytospora cincta* Sacc. kórokozók felelősek (Klement, 1977a; Rozsnyay, 1977a; Rozsnyay és Klement, 1977; Süle, 2014), melyek önállóan és együttesen is fertőzhetik a fákat. A kórokozók együttes fertőzése esetén a kialakuló tünetek erősebbek lehetnek, mint az egy patogén okozta fertőzés esetében. Bizonyos esetekben a kórokozó azonosítása szemrevételezéssel nehéz, vagy lehetetlen a tünetek hasonlósága miatt (Klement *et al.*, 1972; Rozsnyay és Klement, 1973; Duquesne *et al.*, 1974; Klement *et al.*, 1974; Dye *et al.*, 1983; Morvan, 1977; Rozsnyay, 1977b; Mergenthaler, 2004). Az említett kórokozók mindegyike okozhatja a levelek lankadását, korai hullását, floém nekrozist, részleges vagy teljes fapusztulást. A *P. syringae* és a *C. cincta* általi fertőzések következtében kialakulhatnak xilém nekrosis és mézgasodó rákos sebek a fás részeken. A 'Ca. Phytoplasma prunorum' és a *C. cincta* pedig egyaránt okozhatnak levélhullást is (Klement, 1977a; Morvan, 1977; Rozsnyay, 1977a; Biggs és Grove, 2005; Kennelly *et al.*, 2007; Lamichhane *et al.*, 2014; Žežlina *et al.*, 2016).

Az irodalmi áttekintésben a kórokozókkal és a levélbolhákkel kapcsolatos fejezetek hosszát a kísérleteinkhez mérten alakítottuk ki.

3.2. *Pseudomonas syringae*

3.2.1. A betegség neve, a kórokozó taxonómiája és általános jellemzése

A kajszi baktériumos rákosodása betegséget a *Pseudomonas syringae* okozza. A faj valójában fajkomplexnek tekinthető, amely több baktérium fajt és ezeken belül számos patotípust foglal magában. A DNS (dezoxiribonukleinsav) alapú vizsgálatok alapján a fajkomplexet több filogenetikai csoportra és kládra osztották fel, amelyek száma jelentősen növekedett az utóbbi évtizedekben (Young, 1991; Mulet *et al.*, 2010; Berge *et al.*, 2014; Lamichhane *et al.*, 2015). A *Pseudomonas syringae* kórokozó a Baktériumok országába, a *Proteobacteria* törzsbe, a *Gammaproteobacteria* osztályba, a *Pseudomonadales* rendbe, a *Pseudomonadaceae* családba és azon belül a *Pseudomonas* génuszba tartozik (EPPO, 2023a). A *P. syringae* egy egysejtű, pálcika alakú, több poláris flagellummal rendelkező Gram-negatív baktérium. A kórokozó táptalajon is tenyészthető (Klement, 1977a).

3.2.2. A kórokozó gazdanövényei és jelentősége csonthéjasokon

A *P. syringae* világszerte számos gazdaságilag jelentős betegségért felelős az egyszikűeken, valamint a lág- és fásszárú kétszikűeken (Lamichhane *et al.*, 2015). A *P. syringae* jelenléte más baktérium fajokhoz viszonyítva akár a 75%-ot is elérheti a csonthéjas-ültetvényekben (Renick *et al.*, 2008; Donmez *et al.*, 2010; Najafi és Taghavi, 2014; Akkopru, 2016). A fajkomplexbe tartozó patotípusok számos törzse képes megfertőzni a kajszi-fákat. A patotípusokhoz azonban olyan törzsek is tartoznak, amelyek jelenléte mellett nem alakul ki tünet a fákon (Parisi *et al.*, 2019; Vasebia *et al.*, 2019; Bophela *et al.*, 2020; Pankova és Krejzar, 2022). Korábbi felmérések során a betegség gyakorisága széles skálán mozog: 5–90% (Kavak és Çitir, 1995; Kotan és Şahin, 2002; Scortichini, 2006; Ami *et al.*, 2016; Yıldiz *et al.*, 2016; Doolotkeldieva és Bobusheva, 2020). A kártétel a hideg téli hónapok után jelenik meg, így enyhe téli időjárás esetén (például Dél-Franciaországban) károsításuk nem jelentős (Rozsnyay, 1977b). A *P. syringae* számára kedvező körülmények között jelentős károsítást képes okozni. Hinrichs-Berger (2004) 30%-os fapusztulást azonosított olyan ültetvényekben, ahol réz hatóanyaggal történő intenzív kezeléseket végeztek a kórokozó ellen. Scortichini (2006) pedig új kajszi-fajták vizsgálata során 30%-os ág- és teljes fapusztulást azonosított, amelyet szintén a *P. syringae* okozott.

3.2.3. A kórokozó fertőzési módja és az azt befolyásoló tényezők

A *P. syringae* a metszési felületeken és a sebzési pontokon keresztül fertőzi meg a kajszi-fákat. A kórokozó szisztemikus mozgásra képes a növényben, amely főként a szállítószöveteken (xilém és floém) keresztül történik meg (Klement, 1977a; Lamichhane *et al.*, 2014). A *P. syringae* általi fertőzést és annak következtében kialakuló tüneteket is befolyásolja a gazdanövény érzékenysége, az évszakok, a környezeti körülmények és a kórokozó virulenciája (Endert és Ritchie, 1984; Wimalajeewa, 1987; Montesinos és Vilardell, 1991; Moragrega *et al.*, 2003). A baktériumos rákosodás a kajszi-fák gyors lefolyású, akut betegsége (Rozsnyay, 1977b). A kajszi-fa egyes részei eltérő fogékonytságot mutatnak. A törzs a leginkább fogékony, de azonbelül a vágások töve alatti rész fertőződésekor súlyosabb tünetek alakulnak ki, mint amikor a talajszinthez közeli rész fertőződik. Az elágazódások fogékonyak a legkevésbé. Klement (1977a) szerint a vágásokon ugyan nagyméretű, nekrotikus rákos sebek alakulnak ki, viszont ezek a fás részek nem olyan fogékonyak, mint a törzs. Évszakok szempontjából, a baktérium okozta fertőzésre késő ősszel és télen a rügyek, tél végétől tavaszig a törzs, míg tavasszal a gyümölcsök és a levelek a legfogékonyabbak (Wimalajeewa, 1987).

A fertőzés időpontja befolyásolja a szállítószövetek elhalását. A nyugalmi időszakban bekövetkező fertőzések eredményeképp a floém és kambium erőteljesen nekrotizálódna, míg a

xilém csak gyenge barnulást mutat. Ezzel szemben a vegetációs időszakban a floém és a kambium egészséges marad, csak a xilém fertőződik (Klement, 1977a). A környezeti tényezők közül a téli fagyhatás olyan hajlamosító tényező, ami miatt a baktériumos fertőzések mennyisége, valamint a kialakuló rákos sebek mérete növekedik (Kennelly *et al.*, 2007). Klement *et al.* (1984) vizsgálataiban a *P. syringae* általi fertőzések csak akkor okoztak tüneteket, ha az inokuláció előtt a növényt -5°C-os hideghatás érte 5–10 napig. A kórokozó a floém sejtek 19% és 48% közötti cukorszint csökkenését okozta. Ennek következtében a fertőzött floém sejtek, valamint az ezekkel párhuzamos kambium szövetek még érzékenyebbekké váltak a téli fagyokra. A fagyhatás bekövetkeztével a sejtek fogékonysága a kórokozóra tovább fokozódott, így ezekben a baktérium sejtek mennyisége növekedni tudott. A *P. syringae* képes növelni a fagykárosítást azzal, hogy jégmagképző fehérjét termel. Ezáltal a fertőzött sejtek már enyhébb fagy következtében is megfagynak (Klement, 1990; Lamichhane *et al.*, 2014). Vizsgálatok alapján a *P. syringae* törzsek virulenciája és gazdanövényt-specifitása a virulencia gének (virulence-associated gene) különbségeire vezethető vissza. Ezek a gének többek között toxinok, antimikrobiális anyagok, kvórum (quorum; bakteriális kommunikáció) érzékelő molekulák termelődéséért felelősek (Sarkar *et al.*, 2006; Rezaei és Taghavi, 2014).

3.2.4. A kórokozó okozta tünetek

A baktériumos betegség tünetei közé tartoznak a vízzel átitatott léziók a leveleken (hazai körülmények között nem alakul ki), a virágokon és a gyümölcsökön (Kotan és Şahin, 2002; Kennelly *et al.*, 2007; Goto, 2012; Moore és Pscheidt, 2017). A leveleken kialakult léziók idővel kihullanak, így a levelek lyukacsossá válnak (Kennelly *et al.*, 2007; Hulin *et al.*, 2018; Doolotkeldieva és Bobusheva, 2020). A betegség hatására virágok pusztulása, kéreg nekrozisok, -süppedések, -repedések és rákos sebek jelenhetnek meg (Kotan és Şahin, 2002; Doolotkeldieva és Bobusheva, 2020; Moore és Pscheidt, 2017). Egy kajszián számos ponton kialakulhat rákos seb: a termőnyársak alapi részén, a hajtásokon, a gallyakon, az ágakon és törzsön is. A rákos sebeket gyakran gumyszerű váladék kiválás kíséri és egyes esetekben a sebek körül a levelek sárgulása figyelhető meg (Klement, 1977a; Dye *et al.*, 1983; Hattingh és Roos, 1995; Doolotkeldieva és Bobusheva, 2020; Moore és Pscheidt, 2017). Rákos sebek akkor alakulnak ki, ha a fertőzött fás részben a kambium részlegesen elpusztul és az elhalt részt a környező egészséges részek túlnövik. Abban az esetben, ha a kambium elhalás körbeéri az ágat vagy a törzset, akkor részleges vagy teljes gutaütés alakul ki. Ez általában kora tavasszal vagy késő nyáron válik láthatóvá. A xilém pusztulása rákos sebet vagy fapusztulást nem okoz (Klement, 1977a). A kórokozó az alvó rügyek (Moore és Pscheidt, 2017), a vesszők-, az ágak-, a vágások és a fiatal, illetve idős fák pusztulását okozhatja (Klement, 1977a; Kotan és Şahin, 2002; Kennelly

et al., 2007; Doolotkeldieva és Bobusheva, 2020). Az elhalt fás részeken a levelek hirtelen lankadnak, majd elbarnulnak és elszáradnak (Klement, 1977a, b). Az elpusztult levelek egyes esetekben a fán maradhatnak (Kotan és Şahin, 2002).

3.2.5. Védekezési módszerek

3.2.5.1. Agrotechnikai védekezés

A *P. syringae* elleni védekezésben fontos szerepe van a megelőzésnek. A fák metszését a tavaszi időszakra kell időzíteni, amikor a kajszfák a legellenállóbbak a kórokozóval szemben. A metsző eszközöket rendszeresen fertőtleníteni kell. A metszések előtt és után elvégzett réz hatóanyagú, illetve meszes permetezések hatékonyak a fertőzésekkel szemben. A kórokozóra a fák legérzékenyebb része a törzs. Ezért levélhullás után a törzset a nyugalmi időszakban mindenféle sérüléstől (például: vadkár) védeni kell (Klement, 1977a). A termesztők a kórokozó terjedésének megakadályozása érdekében a fertőzött fákat eltávolítják. Azonban ezt a módszert főként csak az erősen fertőzött, termőképtelen növényeknél alkalmazzák (Lamichhane *et al.*, 2014). A tünetalapú védekezést nehezíti, hogy bizonyos esetekben a kórokozó hosszú ideig látenssen lehet jelen a növényekben. Ekkor a kórokozó külső tünetet nem okoz a fán, de a szövetek feltárással láthatóvá válik a szövetpusztulás (Lyskanowska, 1976). A kórokozó ellen gazdaságilag és technikailag legegyszerűbben kivitelezhető módszer a rezisztens fajták termesztése lenne (Bassi, 1999). Vizsgálatokban számos kajszifajta fogékonyosságát felmérték már a baktériumos rákosodásra. Ellenállónak találták többek között a 'Harcot', a 'Hargrand' és a 'Şekerpere' fajtákat (Layne, 1978, 1979, 1981a,b; Donmez *et al.*, 2010; Brun *et al.*, 2011; Gormez *et al.*, 2013; Nesheva *et al.*, 2020; Mohammadi *et al.*, 2021). Jafarpour (1993) szerint az ellenálló fajtákat nem csak nemesként lenne érdemes felhasználni, hanem alanyként is olyan kajsziváltozatoknál, amelyek fogékonyak a kórokozóra. Érdemes megemlíteni a tolerancia azon formáját, amelyet egyes új fajtákon (például: 'HH 9-2') figyeltek meg. A mesterséges fertőzéseket követően a kezdeti tünetek már korán jelentkeztek a fákon, de azok később nem erősödtek (Nesheva *et al.*, 2020). A kórokozóra több fajta mérsékelten fogékonyak bizonyult, mint például a 'Cataloglu', a 'Goldrich' és az 'Ismailaga'. A vizsgálatok során több fogékony fajtát is azonosítottak, például: 'Bergeron', 'Tokaloğlu', 'Kabaasi' (Donmez *et al.*, 2010; Brun *et al.*, 2011; Gormez *et al.*, 2013; Nesheva *et al.*, 2020).

A *P. syringae* okozta károsítás mértékére az alanyok is hatással lehetnek. Egyes alany változatok használata mellett jelentős fapusztulást jegyeztek fel például a 'Fortuna' (*P. cerasifera* × *P. persica*), a 'Manicot' (*P. armeniaca*) és a 'Penta' (*P. domestica*) esetén. Míg más alanyok képesek voltak csökkenteni a megjelenő tüneteket ('Krymsk 86' (*P. cerasifera* × *P. persica*), 'Myrobalan B', 'Lovell' (*P. persica*)), sőt néhány alanyon ('Marianna GF 8-1' (*P. cerasifera* x

P. munsoniana), 'Guardian' (*P. persica*)) toleránsként viselkedtek a fák a baktériumos rákosodás kórokozójával szemben (Prunier *et al.*, 1999; Parker *et al.*, 2018). Érdemes megemlíteni, hogy a szemzés magassága is befolyásolhatja a fák fogékonyságát. A 'GF 8-1' és a 'GF 305-1' (*P. persica*) alanyokra magasan oltott fák ellenállóbbak voltak, mint az alacsonyabb oltási ponttal rendelkezők (Prunier *et al.*, 1999). Ezzel szemben, egy másik vizsgálatban az alacsonyan szemzett 'Lovell' őszibarack alany is jelentős védelmet nyújtott baktériumos rákosodással szemben, míg a magasan szemzett 'Myrobalan 29C' (*P. cerasifera*) alany csak mérsékelt rezisztenciát mutatott (Sayler *et al.*, 2002).

3.2.5.2. Kémiai védekezés

A *P. syringae* kórokozóval szemben csak kevés olyan baktericid van, amely kereskedelmi forgalomban kapható. Ezek közül a védekezésben szinte kizárólagosan használt baktériumölő hatóanyagok a rézvegyületek (Agrios, 2005; Kennelly *et al.*, 2007). A réz hatóanyagok fokozott alkalmazásának következtében azonban rezisztens törzsek alakultak ki (Sundin és Bender, 1993; Scheck *et al.*, 1996; Hinrichs-Berger, 2004; Lamichhane *et al.*, 2014). A hatóanyagoknak a fás növényeken korlátozott a sikerük, mivel nem hatolnak be a növényi szövetek belsejébe, ahol a kórokozó jelen van (Alvarez, 2004; Kennelly *et al.*, 2007).

3.3. 'Candidatus Phytoplasma prunorum'

3.3.1. A betegség nevei, a kórokozó általános jellemzése, taxonómiája és nevezéktana

A 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' kórokozó által a csonthéjasokon okozott betegséget több névvel is illették attól függően, hogy milyen növényen alakultak ki a tünetek: szilva leptonekrózisa (~*plum leptonecrosis*=PL), kajszi klorotikus levélsodródása (~*enroulement chlorotique de l'abricotier*'=ECA; ~*apricot chlorotic leafroll*=ACLR) (Chabrolin, 1924; Morvan és Castelain, 1965; Lorenz *et al.*, 1994). Azonban Lorenz *et al.* (1994) vizsgálatukban megállapították, hogy ezeket a betegségeket azonos kórokozó okozta, ezért javasolták az European Stone Fruits Yellows (~ESFY) közös betegség név bevezetését. A magyar betegség neve csonthéjasok európai sárgulása (Süle, 2014).

A 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' egy prokarióta, pleomorf, Gram-pozitív baktérium (Seemüller, 2002; Bertaccini, 2007; Marcone *et al.*, 2010). A fitoplazmák rendszertani besorlása a következő: Baktériumok országa, *Tenericutes* törzs, *Mollicutes* osztály, *Acholeplasmatales* rend, *Acholeplasmataceae* család, *Phytoplasma* génusz (EPPO, 2023b). Ezenbélül további csoportokat hoztak létre a fitoplazmák 16S rDNS régiójára irányuló PCR+RFLP (Polymerase Chain Reaction+Restriction Fragment Length Polymorphism; polimeráz láncreakció+restrikciós fragmenthossz-polimorfizmus) alapú fillogenetikai vizsgálatok alapján, amely szerint a 'Ca.

Phytoplasma prunorum' a 16SrX, másnéven apple-proliferation (~AP) csoportba tartozik. Az AP csoport tagjaival, a 'Ca. Phytoplasma pyri' (pear decline; körte leromlás) és a 'Ca. Phytoplasma mali' (apple proliferation; almafa boszorkányseprűsödés) kórokozókkal magas genetikai hasonlóságot mutat a 'Ca. Phytoplasma prunorum', de azoktól jól megkülönböztethető (Schneider *et al.*, 1993; Lee *et al.*, 1994; Seemüller *et al.*, 1994; Seemüller *et al.*, 1998; Seemüller és Schneider, 2004; Süle, 2014).

3.3.2. A kórokozó elterjedtsége, gazdanövényei és jelentősége

A 'Ca. Phytoplasma prunorum' számos európai országban, valamint néhány ázsiai és afrikai országban van jelen (Jarausch és Jarausch, 2009; Al Khazindar és Salam, 2011; Ben Khalifa és Fakhfakh, 2011; Tedeschi *et al.*, 2013; Siampour *et al.*, 2019; EPPO, 2023b). A kórokozó magyarországi jelenlétét az 1990-es évek óta ismerjük (Süle, 1999). Európa területén a csonthéjasféléken leggyakrabban előforduló fitoplazma a 'Ca. Phytoplasma prunorum' (Davies és Adams, 2000). A kórokozó képes igen gyorsan és széles körben elterjedni, ha a körülmények kedvezőek a gazdanövényei és a vektora számára (Carraro *et al.*, 2004), azonban a csonthéjas ültetvényekben való jelenlétét és terjedését több tényező is befolyásolja, mint például: a gazdanövény faja, a fák kora és térállása (Thébaud *et al.*, 2006). A 'Ca. Phytoplasma prunorum' vadon növény és termesztett csonthéjasokat egyaránt fertőz (Jarausch *et al.*, 2001a, b; Carraro *et al.*, 2002; Jarausch *et al.*, 2019). A kórokozó jelentős gazdasági kárt okoz a kajszifák (Desvignes és Cornaggia, 1983; Marcone *et al.*, 2010), a japán szilva (Dosba *et al.*, 1990) és az őszibarack ültetvényekben (Marcone *et al.*, 1996). Korábbi vizsgálatok során a kajszifák 'Ca. Phytoplasma prunorum' fertőzöttsége széles skálán mozgott: 11%–83% (Jarausch *et al.*, 1998, 2008; Ambrožič Turk *et al.*, 2008; Cieślińska és Morgaś, 2011; Ludvikova *et al.*, 2011; Nečas *et al.*, 2015; Ivić *et al.*, 2017; Jarausch *et al.*, 2019; Riedle-Bauer *et al.*, 2019; Suran *et al.*, 2020). Jarausch *et al.* (2001a) eredményei alapján a *P. cerasifera* és *P. domestica* alanyok vadhajításai látens inokulum forrásai lehetnek a 'Ca. Phytoplasma prunorum' kórokozónak. Egy másik vizsgálatban a 15 *P. cerasifera* alany 26,6%-a bizonyult fertőzöttnek (Riedle-Bauer *et al.*, 2019).

3.3.3. A kórokozó terjedési módjai

A 'Ca. Phytoplasma prunorum' terjedésében fontos szerepet játszanak a *P. armeniaca*, a *P. cerasifera*, a *P. domestica*, a *P. persica*, a *P. salicina* és a *P. spinosa* növényfajok, mert azok egyszerre gazdanövényei a kórokozónak és a kórokozó vektorának, a szilva levélbolhának is (Carraro és Osler, 2003). Jarausch *et al.* (2001b) szerint a fertőzött vad *Prunus*-félék, olyan inokulum források, amelyek számottevően hozzájárulhatnak egy új, egészséges szaporítóanyaggal eltelepített gyümölcsös megfertőződéséhez. Ezt a hipotézist Marie-Jeanne *et al.* (2020) *in vivo* vizsgálata igazolta. Eredményeik alapján a kórokozó vektora (*Cacopsylla*

pruni; Carraro *et al.*, 1998a) főként vad *Prunus*-félékből veszi fel a fitoplazmát, majd a téli gazdanövényeikre vándorol. A téli időszakot követő újabb vándorlás végén csonthéjasokon jelenik meg, ahol megtörténik a vektor általi fertőzés. Ez utóbbi akár többször is végbe mehet (Marie-Jeanne *et al.*, 2020). Ezzel összhangban vannak Viczián *et al.* (2017) eredményei. Vizsgálatukban a vad növényekről és a gyümölcsfák alanyának sarjhajtásairól gyűjtött szilva-levélbolhák fertőzöttségi gyakorisága magasabb volt, mint a gyümölcsfák nemesrészéről gyűjtött egyedeké. Ez alapján fontos fertőzési forrásnak bizonyultak ezek a növények a vizsgálati területeken. Jarausch *et al.* (2001b) felmérésük során alacsony számban, de mindig tudtak azonosítani a vizsgálati területeken olyan vad *Prunus* növényeket, amelyek fertőzöttek voltak. Ezek a növények egyaránt jelen lehetnek a csonthéjas ültetvények közelében és azoktól távol is (Carraro *et al.*, 2002; Jarausch *et al.*, 2019). Azonban Yvon *et al.* (2004) szerint a *P. spinosa* nem hatékony inokulum forrás. Ezt azzal indokolta, hogy a tesztelt növények között alig talált fertőzöttet, valamint a bokrokról csak kevés '*Ca. Phytoplasma prunorum*' által fertőzött szilva levélbolhát tudott gyűjteni. Érdekes kiemelni, hogy a vad *Prunus*-fajok fitoplazma terjesztő szerepe nem mindenhol azonos. Európa számos térségében jelentős szerepe van a vadon növő *P. spinosa* és *P. cerasifera* növényeknek, de ezek a növények kevésbé elterjedtek Spanyolországban. Ott a *P. mahaleb* a jelentősebb fertőzési forrás (Steffek *et al.*, 2012; Sabaté *et al.*, 2016).

A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' terjedésében fontos szerepet játszik a vegetatív szaporítás is (Marie-Jeanne *et al.*, 2020). Ambrožič Turk *et al.* (2008) által vizsgált csonthéjas anyafák közül a tünetesek 54,2%-a, míg a tünetmentesek 26,4%-a volt '*Ca. Phytoplasma prunorum*' fertőzött. A szerzők szerint az anyafákat vektorhálós termesztőberendezésben kellene nevelni, hogy a fertőződés megelőzhető legyen. Seemüller *et al.* (1998) és Riedle-Bauer *et al.* (2012) több faj vizsgálatával igazolták, hogy *Prunus*-félék esetében a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' a nyugalmi időszakban átvihető vegetatív szaporítással. A fertőzöttség mértéke a „chip” szemzéses módszernél a 77%-ot is elérte, míg a téli kézben oltás esetében a legmagasabb átviteli érték csak 15% volt. Riedle-Bauer *et al.* (2012) a kórokozó vegetatív úton történő terjeszthetőségét a vegetációs időszakban is megvizsgálták. A nyári szemzéses módszerrel szaporított növények 46%–88%-a fertőződött meg fitoplazmával. A szaporításokból származó fertőzött fák egyike sem mutatott ESFY betegsége jellemző tüneteket. Az eredmények alapján a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' egész évben életképes és átvihető faiskolai szaporítási módszerekkel.

A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' terjedése az ültetvényekben soronként és körkörösén is megfigyelhető. Utóbbinál általában középen egy kipusztult fa áll, amelyről valószínűleg elterjedt a kórokozó (Mergenthaler, 2004).

3.3.4. A kórokozó okozta tünetek és kártétel kajszin

A fertőzött fákon jellegzetes tünet a korai kihajtás, illetve a virágok abnormális időben (kora tavasszal, vagy nyár végén) történő kinyílása. Utóbbi tünet a Magyarországtól délebbre eső területeken gyakrabban megfigyelhető, mint hazánkban. A megszokottól eltérő időpontú virágzás a fák egy kisebb részén vagy több pontján is jelentkezhet. A beteg fákon a virágok sokszor 5 szíromlevél helyett 6–8 darabból állnak. Továbbá, a virágok mennyisége gyakran kevesebb, mint az egészséges fákon. A kialakuló gyümölcsök mennyisége, mérete csökkenhet egyes fajtáknál, ráadásul korán lehullhatnak a kajszifákról. Ezek a fák pusztulásával együtt jelentős termés kiesést okozhatnak (Morvan, 1977; Mergenthaler, 2004; Gazel *et al.*, 2009; Žežlina *et al.*, 2016; Nečas *et al.*, 2018). A fertőzött fák termésének minősége is romlik. A gyümölcsök gyengébben színeződnek, felszínük egyenetlen, göröngyös. A mag közeli szövetek barnává és szivacsossá válhatnak (Morvan, 1977). Továbbá egyes fajtáknál az oldható szárazanyag tartalom is csökkenhet (Nečas *et al.*, 2018).

Tavasszal a fertőzött fák ágvégei egyes esetekben nem hajtanak ki. Az ekkor kifejlődő levelek mérete és mennyisége csökkenhet, valamint szórtabb állásúak lehetnek, mint az egészséges fákon. Az első hajtásképződés során általában rövid hajtások képződnek, amelyeken sok esetben elszíneződött levelek fejlődnek. A fertőzött fákon hosszú hajtások is képződhetnek, viszont azokon általában csavarodott levelek jelennek meg. Májustól a kifejezett és addig tünetmentes levelek deformálódnak, kanalasodhatnak, lankadnak. Majd a fák lombzatának zöld színe elhalványul és sárgászöldre vált, amikor a zöld főerek mentén sárga udvarok jelennek meg. A sárgulás gyorsan megy végbe. Augusztus közepén a beteg fák rügyei felnyílhatnak és megindulhat a másodlagos hajtásképződés, amely során gyenge hajtások fejlődnek. Ezeken kicsi, csavarodott levelek láthatók. Szeptemberben az elsődleges és másodlagos hajtások tovább növekedhetnek, majd kezdetleges rügyekkel rakódnak be. Gyakran a másodlagos és a haramadlagos hajtások zöldek maradnak, nem fásodnak meg a téli időszakig, így azok fokozottan fagyérzékenyek maradnak. A beteg fákon, az egészségesekhez viszonyítva, korai és késői lombhullás egyaránt megfigyelhető. A fitoplazma hatására a fás részek floémjében nekrosis alakul ki, amelyet nem kísér mézgakiválás. Az érintett fás részek rendellenesnek tűnnek, vigorjuk csökken. A fertőzött floém rész érzékenyebb a téli hidegekre, ami felgyorsítja a háncs rész pusztulását. Abban az esetben, ha a nekrosis körbeéri az adott fás részt, akkor a fölötte lévő rész elpusztul. A fertőzött ágak ritkán élnek tovább egy évnél. A teljes fapusztulás az idősebb fáknál általában a fertőzést követő 2–5. évben következik be, míg a fiatal fák akár még 6–8 évig is élhetnek a fertőződés után (Morvan, 1977; Kison és Seemüller, 2001; Viczián, 2002; Mergenthaler, 2004; Süle, 2014; Nečas *et al.*, 2015; Valasevich és Schneider, 2016; Žežlina *et*

al., 2016). A kórokozó által előidézett éves fapusztulás mennyisége 8–10%, de egyes esetekben elérheti a 40%-ot is (Nečas *et al.*, 2015; Süle, 2014).

A tünet típusok gyakorisága változó. Egy 10 éven át tartó, a lombkorona állapotára irányuló felmérés során a leggyakoribb tünetnek a klorotikus levélsodródást (25,8%) határozták meg. Gyakran megfigyelhető tünet volt még a gyenge levélsárgulás (4,2%), a levélsodródás (6,7%), illetve a korai levélhullás fás rész pusztulással (5%) (Nečas *et al.*, 2015). Jarausch *et al.* (1998) 95%-os korelációval a fertőzöttség tipikus tüneteiként a téli rügyfakadást és a nyári klorotikus levélsodródást határozták meg. Ezzel szemben Poggi Pollini *et al.* (2010) által elvégzett felmérésben csak kevés esetben jelentkezett korai rügyfakadás a fertőzött fákön, míg a levélsodródás, a gyümölcs deformáció és a fapusztulás 20–30%-os gyakoriságot mutatott.

Több vizsgálatban is azonosítottak olyan fákat, amelyek fertőzöttségük ellenére tünetmentesek voltak. Az ilyen fák gyakorisága széles skálán helyezkedett el: 6,7–50%. Azonban a fákön csak egy része maradt később is tünetmentes (Torres *et al.*, 2004; Ambrožič Turk *et al.*, 2008; Nečas *et al.*, 2015). A tünetek hiánya a korai fertőzöttségi stádiumra (amikor a kórokozó még nem okoz tünetet) és a kigyógyulás jelenségére volt visszavezethető. Utóbbi során a korábban tünetet mutató fertőzött fák idővel tünetmentessé válnak, de a kórokozó továbbra is kimutatható a belső szövetekből (Musetti *et al.*, 2005; Osler *et al.*, 2014, 2016).

3.3.5. A tünetek megjelenését és erősségét befolyásoló tényezők

Dosba *et al.* (1990) vizsgálataikban megfigyelték, hogy PPV (*Plum pox virus*) és a 'Ca. Phytoplasma prunorum' között szinergista hatás léphet fel, aminek következtében erősebb tünetek jelennek meg. Ezt a jelenséget Horsáková *et al.* (2017) is megfigyelték. Vizsgálataik alapján erősebb tünetek jelentek meg fitoplazma fertőzött növények vírussal való fertőzése során, mint amikor vírusos növényeket fertőztek meg fitoplazmával.

A 'Ca. Phytoplasma prunorum' számos *Prunus*-fajt képes fertőzni, de egy részükön nem okoz tünetet (például: európai szilva, cseresznyeszilva). Ezek toleránsnak tekinthetők a 'Ca. Phytoplasma prunorum' kórokozóval szemben (Carraro *et al.*, 1998b; Jarausch *et al.*, 1998, 2000). Kison és Seemüller (2001) eredményei alapján a tünetek mértékét a növények fajja és fajtája mellett a kórokozó virulenciája is befolyásolja. Érdekes módon a mesterséges fertőzések során azt tapasztalták, hogy a legerősebb tünetek akkor alakultak ki, amikor a kórokozó törzsek eredeti származásukkal megegyező növényfajba kerültek.

3.3.6. A kórokozó jelenléte a gyümölcsfákban a nyugalmi- és a vegetációs időszakokban

A 'Ca. Phytoplasma prunorum' ugyanazon fitoplazma csoportban található, mint a 'Ca. Phytoplasma mali' és a 'Ca. Phytoplasma pyri' kórokozók. Utóbbi két fitoplazmafaj a nyugalmi időszakban nincs, vagy csak degradálódott formában van jelen a fertőzött növények föld feletti

részeiben (Seemüller *et al.*, 1984). Ezzel szemben a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozót több *Prunus*-féle földfeletti részéből is kimutatták a nyugalmi időszakban (Jarausch *et al.*, 1999; Seemüller *et al.*, 1998). Erre több olyan magyarázatot tartottak lehetségesnek, amelyeket korábbi, fitoplazmákkal kapcsolatos vizsgálatok során állapítottak meg. Schneider (1945a, b) cseresznyefákban téli rostacsövek kialakulását figyelte meg, amelyekben képes volt fennmaradni a '*Ca. Phytoplasma pruni*' a nyugalmi időszakban. Továbbá őszibaracknál (Schneider, 1945b), almánál (Schaper és Seemüller, 1982), körténél (Bauer és Schneider, 1960) megfigyelték, hogy a fitoplazma fertőzés miatt nekrotizálódott sejtek helyettesítésére újabb floém sejtek képződnek. Seemüller *et al.* (1998) szerint ezek a sejtek olyan ép rosta csöveket tartalmazhatnak, amikben a fitoplazma egész télen keresztül fennmaradhat és később innen újra fertőzheti a növényt.

Jarausch *et al.* (1999) a vegetációs időszakban végzett vizsgálatuk során a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozót áprilisban és májusban nem, vagy csak nehezen tudták kimutatni a földfeletti részekből. Ezzel ellentétben a gyökér részekből egész évben könnyen detektálható volt a kórokozó. A szerzők szerint a vegetációs időszak kimutatási nehézségei azzal magyarázhatók, hogy a régi floém sejtek degradációjával a fitoplazma koncentrációja nagymértékben csökken. Továbbá, az újonnan kialakuló floém sejtek morfológiai akadályokkal korlátozzák a kórokozó terjedését és felszaporodását. Így idő szükséges az új floém sejtek fertőződéséhez.

Egy olaszországi vizsgálat során a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' jelenlétét azonosítani tudták *Prunus*-félék tavasszal fejlődő leveléből, ezzel ellentétben egy franciaországi felmérés során nem tudták kimutatni a fitoplazmát (Jarausch *et al.*, 1999; Carraro *et al.*, 2004). Ennek oka Carraro *et al.* (2004) szerint az lehet, hogy az adott területek időjárása képes lehet befolyásolni a kolonizációt és a fitoplazma terjedését a növényi szövetekben.

3.3.7. A kórokozó molekuláris kimutatása és azonosítása

A fitoplazmák tenyésztéséhez a táptalajokat folyamatosan fejlesztik. Már néhány fitoplazmafajt sikeresen tenyésztettek (például: '*Ca. Phytoplasma asteris*') (Contaldo *et al.*, 2012; Contaldo és Bertaccini, 2019). Azonban a fitoplazmák vizsgálatához egyelőre fertőzött növényeket és rovarokat használnak fel. A fenntartásuk *in vitro* körülmények között élő növényeken történik (Kube *et al.*, 2019). A fitoplazmák jelenléte a növények floém szövetére korlátozódik (Jarausch *et al.*, 1999; Seemüller, 2002; Bertaccini *et al.*, 2019). A kórokozók kimutatásakor figyelembe kell venni, hogy a növényekben alacsony koncentrációban vannak jelen, eloszlásuk nem állandó és nem is homogén (Berges *et al.*, 2000; Nečasová *et al.*, 2016; Bertaccini *et al.*, 2019), így az ELISA-alapú módszerek nem megbízhatók (Laimer, 2009). A fitoplazmák kimutatására gyakran használják a polimeráz láncreakció (PCR) számos változatát

(pl. nested (fészek)-PCR, qPCR (quantitative PCR)), amelyhez univerzális és fajspecifikus primerek is rendelkezésre állnak. A fitoplazmák azonosításához és csoportosításához a 16S rDNS szekvenciát, a 16-23S rDNS spacer régiót, a riboszomális fehérjét kódoló géneket (például: *tuf*, *secY*) és a membránfehérjét kódoló géneket (például: *imp*, *amp*) vizsgálják (Mergenthaler, 2004; Tibenszky K. Kiss, 2015; Bertaccini *et al.*, 2019; Martini *et al.*, 2019). Korábbi vizsgálatok alapján, a PCR alapú '*Ca. Phytoplasma prunorum*' fás növényi részeket érdemes felhasználni, mert ezek megbízhatóbb eredménnyel szolgálnak, mint az idős és a fiatal levelekből történő detektálás. A legpontosabb eredmények eléréséhez a fás mintákat júniustól szeptemberig, míg a levélmintákat szeptemberben kell begyűjteni (Jarausch *et al.*, 1999; Nečas és Krška, 2005).

3.3.8. A kórokozó elleni védekezési lehetőségek

A fitoplazma elleni védekezés a beteg növények korai azonosításán, eltávolításán és megsemmisítésén alapszik. Azonban a fás kultúrákban a fák eltávolítása drasztikus beavatkozást jelent, így ebben az esetben kiemelt szerepe van a megelőzésnek: a vektorok elleni védekezésnek és az egészséges szaporítóanyag előállításának (Jarausch *et al.*, 2001a; Mergenthaler, 2004).

3.3.8.1. Agrotechnikai védekezés

A szaporítóanyag előállításban azonban problémát okoz, hogy az anyafák látens módon '*Ca. Phytoplasma prunorum*' fertőzöttek lehetnek (Ambrožič Turk *et al.*, 2008; Süle, 2014). Ezért a növények vizuális felmérése mellett célszerű molekuláris vizsgálatokat is alkalmazni (Mergenthaler, 2004). Fajt *et al.* (2009) megállapították, hogy az anyafák vektorhálós termesztőberendezésben való nevelésével megfelelő mennyiségű, minőségű fitoplazmentes szaporítóanyagot lehet előállítani csonthéjasfélék szaporításához. A szaporítóanyag fitoplazma mentesítésére nyújt lehetőséget a vízfürdős eljárását is (Bianco *et al.*, 2000). A módszer során 30–37 °C közötti hőmérsékletű vízbe helyezik a vegetatív részeket. A kezelés időtartama a fitoplazma mennyiségétől függ, így az eljárás több hetes vagy akár egy hónap hosszúságú is lehet. A vízfürdős kezelés során azonban romolhat a szaporítóanyag minősége, életképessége. A kezelés kockázata legtöbbször a faj vagy a fajta érzékenységből, illetve a vízfürdő nem megfelelő hőmérsékletéből adódik (Salazar és Javasinghe, 2001).

Az ESFY megelőzésének legjobb módja a rezisztens vagy toleráns nemes és alany fajták termesztése lenne, ezért azok fogékonyságának ismerete kiemelten fontos (Richter, 2002; Mergenthaler, 2004; Marcone *et al.*, 2010). A tünet és/vagy molekuláris vizsgálatok alapján eltérő '*Ca. Phytoplasma prunorum*' általi érintettségeket mutatnak a kajszifajták. A vizsgálatok alapján fogékonynak bizonyultak például a 'Bergarouge', a 'Bergeron', a 'Pinkcot' és a 'Tomcot' fajták (Audergon *et al.*, 1991; Poggi Pollini *et al.*, 2010; Brun *et al.*, 2011; Krška *et al.*, 2012; Nečas *et al.*, 2015, 2018). Más szerzők mérsékelten fogékonynak találták például a 'Hungarian

Best', 'Klosterneuburger' és 'Taja' fajtákat (Richter, 2002; Suran *et al.*, 2020), míg toleránsnak csak két fajta bizonyult: a 'Churmai' (Nečas *et al.*, 2018) és a 'Poyer' (Nečas *et al.*, 2015). Egyes fajták eredményei még egyetlen vizsgálaton belül is ellentmondásosak voltak: a 'Pinkcot' és az 'Aurora' fajták néhány vizsgálati területen alacsony fertőzöttségi értékkel rendelkeztek, míg más ültetvényekben a legmagasabbal (Nečas *et al.*, 2015). Thébaud *et al.* (2006) négy kajszifajta tünetmegjelenésének statisztikai összehasonlítását végezték el, amely alapján 'Goldrich', 'Early Blush', 'Hargrand', 'Orangered' csökkenő fogékonysági sort állítottak fel. Torres *et al.* (2004) a termesztésbe régebben bevezetett ('Moniqui' és 'Modesto'), valamint az újonnan bevezetett ('Kov' és 'Traver') fajtákat hasonlították össze. A régebbi fajták kevésbé bizonyultak fogékonnak, mint az újabb nemesítésű fajták.

A kajszifák 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' kórokozóra való fogékonyságát és a tünetmegjelenését az alany is befolyásolja (Morvan, 1977). Ezt igazolja Nečas *et al.* (2012) mesterséges fertőzéses kísérlete, amelyben különböző alanyokkal készített oltványok esetében eltérő erősségű és típusú tüneteket figyeltek meg a nemes részeken. Dosba *et al.* (1990), valamint Kison és Seemüller (2001) vizsgálataikban 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' kórokozóval inokuláltak különböző fajú és fajtájú alanyokat. A fertőzést követő értékelés alapján toleráns alanynak bizonyultak a 'P 18' (*P. cerasifera*), 'P 2032' (*P. cerasifera*), az 'Ackermann's', a 'Brompton' és a 'P 1275' (*P. domestica*). Ezzel összhangban Richter (2002) arra következtetett, hogy az általa vizsgált 'Goldrich' fák magas 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' szembeni toleranciája a szilva alanyoknak ('Torinel' és 'St. Julien') köszönhető. Dosba *et al.* (1990) szerint a *P. cerasifera* alanyok fitoplazmával szembeni ellenállósága annak köszönhető, hogy képesek korlátozni a kórokozó fejlődését a téli időszakban. Dosba *et al.* (1990), valamint Kison és Seemüller (2001) vizsgálatai alapján az 'Ishtara' ((*P. cerasifera* x *P. persica*) x *P. salicina*) mérsékelten fogékonnak, míg a vadkajsz (i) (*P. armeniaca*), a 'Montclar', az őszibarack magoncok, a 'Rubira', a 'Rutgers Red Leaf' (*P. persica*) és a 'St Julien 2' (*P. insititia*) alanyok fogékonnak bizonyultak. Ugyanakkor néhány esetben egyes alanyok eltérő fogékonyságot mutattak különböző vizsgálatokban. Dosba *et al.* (1991) vizsgálatában a 'GF 305' és a 'Higama' (*P. persica*) fogékonnak, míg Kison és Seemüller (2001) eredményei alapján csak mérsékelten fogékonnak bizonyultak. Kison és Seemüller (2001) egy növényfajon belül is eltérő 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' általi érintettséget figyeltek meg. A *P. cerasifera* 'Myrobalan' fogékonyabbnak bizonyult, mint a *P. cerasifera* 'Myrabi'. Richter (2002) pedig a vizsgált szilva alanyok közül a 'Brompton' és a 'St. Julien' változatokat toleránsabbnak találta, mint a 'Torinel Avifel' fajtát.

3.3.8.2. Kémiai védekezés

A 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' elleni védekezés rendkívül összetett és nehéz feladat, mivel az engedélyezett növényvédő szerek nem hatékonyak a kórokozó ellen sem megelőzően, sem kuratív módon (Richter, 2002; Marcone *et al.*, 2010; Fránová *et al.*, 2014). Érdekes, hogy egy vizsgálatban a fitoplazma szintjét csökkentették a tetraciklin származékok (mezőgazdasági alkalmazásukat betiltották) mind *in vitro*, mind *in vivo* körülmények között, azonban a kórokozó újra felszaporodott a növényekben a kezelések megszüntetése után (Davis és Clark, 1994).

3.4. A 'Candidatus *Phytoplasma prunorum*' vektora

3.4.1. A *Cacopsylla pruni* általános jellemzése

A *Cacopsylla pruni* a 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' vektora (Carraro *et al.*, 1998a). A faj az *Arthropoda* törzsbe, *Hexapoda* altörzsbe, *Insecta* osztályba, *Hemiptera* rendbe, a *Stenorrhyncha* alrendbe és a *Psyllidae* családon belül a *Cacopsylla* nemzetségbe tartozik (EPPO, 2023c). A *C. pruni* magyar neve szilva levélbolha. A *C. pruni* oligofág, egynemzedékes faj. A faj tavaszi táplálkozása és szaporodása a *Prunus*-félékhez kötődik (Conci *et al.*, 1992; Ossiannilsson, 1992; Hodkinson, 2009; Thébaud *et al.*, 2009; Horváth, 2010; Ripka, 2010). A növényeken időjárástól függően februárban vagy márciusban jelennek meg. Itt kezdetben érési táplálkozást folytatnak, ezt követően szaporodnak és tojást raknak (Conci *et al.*, 1992; Labonne és Lichou, 2004; Navrátil *et al.*, 2004; Ripka, 2010; Serçe *et al.*, 2011; Seljak és Rot, 2013; Süle, 2014; Sabaté *et al.*, 2016; Viczián *et al.*, 2017; Warabieda *et al.*, 2018). A nőstény egyed egy csomóba rakja le a narancsszínezetű, áttetsző tojásait a levelek alapi részének színi és fonáki oldalára, illetve a levél nyelére. A nyári generáció egyedei májusban és júniusban jelennek meg a növényeken. Öt lárvá stádiumot ismerünk. Az imágók színe fejlődésük során változik: a fiatal egyedek (nyári generáció) világos színűek, kezdetben sárgák vagy világos narancssárgák, de egyes esetekben részben zöldes színűek. Később narancssárgára, majd késő télre barnás-feketévé válnak. Kezdetben az első pár szárnyak (két pár hártvás szárnyuk van) végei barna színűek, később pedig teljesen be barnulnak (Hodkinson és White, 1979; Ossiannilsson, 1992; Navrátil *et al.*, 2004; Burckhardt és Lauterer, 2009; Ripka, 2010; Serçe *et al.*, 2011; Seljak és Rot, 2013; Viczián *et al.*, 2017; Bodnár *et al.*, 2018). A kifejlett hímek 2,52–2,71 mm, míg a nőstények 2,62–2,95 mm hosszúságúak. A nyári generáció egyedei júniusban és júliusban fenyőfélékre (*Abies*-, *Picea*-, *Pinus*-fajokra) migrálnak (Conci *et al.*, 1992; Fialova *et al.*, 2007; Thébaud *et al.*, 2009; Ripka, 2010; Steffek *et al.*, 2012).

3.4.2. *Cacopsylla pruni* elterjedése és biotípusai

A *C. pruni* Európa számos országában jelen van, például Franciaországban, Olaszországban, Szerbiában, Szlovákiában és Szlovéniában (Ripka, 2010; Sauvion *et al.*, 2021). Magyarország területén is azonosították már a szilva levélbolhát: Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves Pest, Somogy, Vas és Veszprém vármegyékben (Süle, 2014; Kiss *et al.*, 2015; Kövics és Tarczali, 2015; Mergenthaler *et al.*, 2017; Viczián *et al.*, 2017; Lepres *et al.*, 2018). Sauvion *et al.* (2007) genotípusos mikroszatellitek segítségével megállapították, hogy a *C. pruni* két kriptikus (rejtett) fajból álló fajkomplex. Peccoud *et al.* (2013) a *C. pruni* két változatának gyors és hatékony meghatározásához biotípus specifikus indítószekvenciákat terveztek az ITS2 régióra. A filogenetikai vizsgálatban a biotípusok egyedei két elkülönülő kládot alkottak. A szerzők három primer szettet terveztek, amelyek mindegyike három-három indítószekvenciából áll. Erre azért volt szükség, mert néhány *C. pruni* egyednél bizonyos primer szettek használata nem eredményezett amplikont, ami a szerzők szerint az ITS2 régióban lévő eltérésekre is visszavezethető. A biotípusokat „A”-ként, illetve „B”-ként nevezték el. Megállapították továbbá, hogy az indítószekvenciák más *Cacopsylla*-faj esetében nem eredményeznek PCR-terméket. Jarausch *et al.* (2014) és Sauvion *et al.* (2007) vizsgálata alapján az „A” változat nagyobb egyedszámban csak a nyugat-európai területeken terjedt el, ahol a telek enyhébbek (Spanyolország és Franciaország), míg a „B” változat megtalálható Törökországban és Európa számos országában (például: Bulgáriaiában, Németországban, Magyarországon) is (Peccoud *et al.*, 2013; Etropolska *et al.*, 2016; Viczián *et al.*, 2017; Lepres *et al.*, 2018).

Oetl és Schlink (2015) a *C. pruni* RNACys-tRNATyr-COI régiójának PCR-RFLP molekuláris vizsgálata során szintén két genetikai klasztert azonosítottak, amelyeket *C. pruni*-1 és *C. pruni*-2 csoportoknak nevezték el. Ezt a módszert Peccoud *et al.* (2013) által leírt ITS2 régió vizsgálatával is összevetették és megállapították, hogy a *C. pruni*-2 csoport mindegyik egyede a „B” típushoz tartozott. Míg a *C. pruni*-1 csoport egyedeinek örökítőanyagát nem lehetett egyik ITS2 régióra tervezett indítószekvencia párral sem megfelelő módon felszaporítani (PCR termék nem vagy nem megfelelő hosszban képződött). A kimutatási problémák arra utalnak, hogy további genetikai csoportok is lehetnek.

3.4.3. *Cacopsylla pruni* tápnövényei

Vizsgálatok alapján a téli tápnövényekről a csonthéjas növényekre visszatérő *C. pruni* egyedek között több nőstény van, mint hím (Ermacora *et al.*, 2011; Bodnár *et al.*, 2018; Lepres *et al.*, 2018; Jarausch *et al.*, 2019). Ezt Viczián *et al.* (2017) vizsgálata is alátámasztotta. Azonban a nyári generáció nemek szerinti megoszlásánál már nem azonosított eltérést. Ezekből az eredményekből a szerzők arra következtettek, hogy a nőstények nagyobb egyedszámban élnek túl

a hideg időszakot a téli tápnövényeken, mint a hímek. Gallinger és Gross (2020) vizsgálata alapján a szilva levélbolha táplálkozásához és tojásrakásához a csonthéjas növényeket nem, vagy nem csak a szaglószeri érzékelés által választja ki. Utóbbit több más tényező is befolyásolhatja, mint például a levél textúra, vagy a nem illékony kémiai anyagok jelenléte. Megállapították továbbá, hogy a levélbolhák által érzékelt és inger is kiváltó illatanyagok nem a *Prunus*-félékre általánosan, hanem azok bizonyos fejlődési stádiumaira jellemzőek (pl. virágzás során képződő illatanyagok). Továbbá megfigyelték, hogy a *C. pruni* a *P. persica* növényfajon képes táplálkozni, azonban ezeken a növényeken négyszer rövidebb ideig tartott az érési táplálkozása, mint *P. insititia* növényeken. Emellett a *P. persica* növényeken táplálkozó egyedek fejlődési ideje lerövidült és megnövekedett a mortalitásuk is. A szilva levélbolha nimfák táplálkozását és fejlődési idejüket nem befolyásolta a növények 'Ca. Phytoplasma prunorum' fertőzöttsége. A *C. pruni* egyedek jelenlétének vizsgálata alapján a gazdanövények faja és fajtája befolyásolhatja a populáció méretét (Thébaud *et al.*, 2006). Vizsgálatukban a legtöbb szilva levélbolha egyedet *P. spinosa* és *P. cerasifera*, míg legkevesebbet *P. persica* és *P. armeniaca* növényekről gyűjtötték. A *P. domestica*, valamint *P. insititia* genotípusok eltérő mértékben vonzották a *C. pruni* egyedeket. Ezzel összhangban Labonne és Lichou (2004) a *P. spinosa*, *P. cerasifera*, *P. salicina*, *P. domestica* és *P. armeniaca* preferencia sorrendet állították fel a tápnövények tekintetében. Ezzel az eredménnyel összhangban Jarausch *et al.* (2001a) és Viczián *et al.* (2017) vad *P. spinosa* és *P. cerasifera* növényekről nagyobb mennyiségű szilva levélbolhát gyűjtöttek, mint *P. armeniaca* fajról. Azonban kajszin egyes németországi és magyarországi vizsgálatokban jelentős populációkat találtak (Jarausch *et al.*, 2008; Lepres *et al.*, 2018). Andrianjaka-Camps *et al.* (2018) olfaktométeres vizsgálatában a kajszifajták eltérő mértékben vonzották a szilva levélbolhákat. Viszont ezek a különbségek nem voltak szignifikánsak. Labonne és Lichou (2004) eredményei alapján az ültetvényekben alkalmazott alanyok faja és azok vadhajításainak mennyisége számottevően képes befolyásolni a szilva levélbolhák jelenlétét. A megfigyelések során a faj imágói nagyobb egyedszámban fordultak elő azokban az ültetvényekben, ahol a fák alanya *P. domestica*, valamint *P. cerasifera* volt és azok bőséges mennyiségű sarjhajtást növesztettek. Az alany vadhajítások jelentőségét és szerepét Jarausch *et al.* (2001a) munkája is igazolja. Vizsgálatuk során sohasem tudtak közvetlenül a kajszifákról gyűjteni *C. pruni* egyedeket, csak azok alanyának vadhajításairól (*P. cerasifera*, *P. domestica*). Ehhez hasonlóan Mergenthaler *et al.* (2017) is gyakrabban tudtak *C. pruni* egyedeket gyűjteni az alanyok hajtásairól, mint a kajszifák nemes részéről.

A levélbolhák akár több tíz kilométert is képesek vándorolni a nyári és téli tápnövények között (Fialova *et al.*, 2007). Továbbá, jobban preferálják a magasabb tengerszint feletti magasságban elhelyezkedő fenyőféléket, mint az alacsonyabban lévőket. Megfigyelték, hogy a

magasabban elhelyezkedő területeken nagyobb arányban maradnak életben a szilva levélbolhák, mint az alacsonyabbakon (Thébaud *et al.*, 2009; Serçe *et al.*, 2011). Valószínűleg ezekre a magas területekre a levélbolhák légáramlatokkal jutnak el a nyári gazdanövényeikről (Čermák és Lauterer, 2008). A szilva levélbolhák a nyári tápnövény után fokozatosan alkalmazkodnak a téli tápnövényen való táplálkozáshoz (Jarausch és Jarausch, 2016). Mind a felnőtt egyedek, mind a nimfák képesek a téli tápnövényeken táplálkozni (Gallinger és Gross, 2018).

3.4.4. *Cacopsylla pruni* fitoplazma terjesztő képessége

Több vizsgálatban is keresték a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' terjesztéséért felelős vektort. Ezek során számos rovarot megvizsgáltak, amelyek a felvételezési területek fertőzött ültetvényeiben jelen voltak. Az átviteli vizsgálatok mindaddig sikertelenek maradtak, amíg a figyelem a *Cacopsylla* nemzetségre nem irányult. Ebben az időszakban állapították meg az ESFY és a Pear decline (PD) betegségek kórokozóinak közeli rokonságát, valamint a PD kórokozójának ('*Ca. Phytoplasma pyri*') vektorait is ekkor azonosították (*C. pyricola*, *C. pyri*). A vizsgálatban mind a nevelt, mind a gyűjtött *C. pruni* egyedek képesek voltak a kórokozót terjeszteni. Továbbá, több rovar faj 67000 egyedére kiterjedő vizsgálattal megállapították, hogy nincs másik vektora a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozónak (Carraro *et al.*, 1992, 1997, 1998a; Seemüller *et al.*, 1998). Később Jarausch *et al.* (2001a) igazolta, hogy kajszi-ültetvényekben a *C. pruni* hatékonyan terjeszti a kórokozót a tavaszi időszakban. A rejtett fajösszetétel megállapítása után kimutatták, hogy a szilva levélbolha „A” és „B” biotípusa egyaránt képes a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' átvitelére (Jarausch *et al.*, 2014; Marie-Jeanne *et al.*, 2020).

A szilva levélbolha általi '*Ca. Phytoplasma prunorum*' felvétel és leadás táplálkozás közben, a floém szívogatása során történik. A levélbolháknak a fitoplazma felvételéhez 2–4 napot kell eltölteni táplálkozással a fertőzött növényeken. Ekkor a szűrő-szívó szájszervükön keresztül a bélcsatornába kerül a kórokozó, ami innen behatol a bélhámsejtekbe. Ezután a kórokozó bekerül a rovar testüregébe, majd a hemolimfájában felszaporodik. Így a kórokozó szétterjed a rovar zsírszöveteiben, idegrostjaiban, az agyában és egyéb szerveiben, mint például a nyálmirigyekben is. Vagyis az átvitel propagatív módon történik. Ehhez a folyamathoz legalább 2–3 hetes lappangási periódus szükséges, amelynek hosszúságát befolyásolja a vektor életciklusa és kora is. A leghatékonyabb átviteli arányt a 8 hónapos lappangási időn átesett imágók mutatták. Miután a nyálmirigyekben a fertőzéshez szükséges mennyiségű kórokozó felszaporodik, a fitoplazma leadáshoz további 1–2 nap táplálkozás szükséges. A *C. pruni* faj imágói és nimfái is képesek terjeszteni a kórokozót. Az egyedek fertőző képessége életük végéig megmarad (Nasu *et al.*, 1970; Labonne *et al.*, 2000; Carraro *et al.*, 2001; Weintraub és Beanland, 2006; Thébaud *et al.*, 2009; Orlovskis *et al.*, 2015).

A *C. pruni* egyedek vektor szerepét több vizsgálatban is felmérték. Sabaté *et al.* (2016) szerint a jelentősen eltérő eredményeket a különböző kórokozó kimutatási módszerek is befolyásolhatták. A vad és termesztett növényekről gyűjtött szilva levélbolhák 0,8–64,2%-ából kimutatható volt a kórokozó (Jarausch *et al.*, 1998; Serçe *et al.*, 2011; Etropoliszka *et al.*, 2015; Viczián *et al.*, 2017; Lepres *et al.*, 2018; Warabieda *et al.*, 2018; Marie-Jeanne *et al.*, 2020; Jarausch *et al.*, 2019). A fertőzött egyedek megoszlása jelentős eltéréseket mutathat országokon belül is: egy lengyelországi vizsgálatban 11 vizsgált helyszínt mintázva csak kettőben találtak fitoplazmát hordozó egyedeket (Warabieda *et al.*, 2018). Egy magyarországi vizsgálatban pedig 16–20%-os különbségek is jelentkeztek a mintagyűjtési helyek között a fertőzött egyedek gyakoriságában (Viczián *et al.*, 2017). Egyes vizsgálatok a nemek szerinti megoszlás felmérésére is kiterjedtek: Lepres *et al.* (2018) és Jarausch *et al.* (2019) a munkáik során begyűjtött szilva levélbolha hímek nagyobb arányban (2,8%; 47%) hordozták a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozót, mint a nőstények (1,1%; 31%). Ezzel szemben Bodnár *et al.* (2018) a nőstény egyedeknél számottevően több fitoplazma hordozót (52,1%) mutattak ki, mint hímeknél (12,1%). Ermacora *et al.* (2011), valamint Viczián *et al.* (2017) pedig nem találtak különbséget a nemek fertőzöttségében.

Érdekes adat, hogy egy csehországi vizsgálatban két *C. pruni* egyed esetében egy másik fitoplazmafaj ('*Ca. Phytoplasma mali*') jelenlétét is igazolták (Navrátil *et al.*, 2004).

3.4.5. A *Cacopsylla pruni* elleni védekezési lehetőségek

A szilva levélbolha '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozót hordozó képessége miatt az ellene való védekezésnek jelentős szerepe van a kórokozó terjedésének megakadályozásában.

Egyes vadon nöövő csonthéjas fajok jelentős fertőzési forrásai lehetnek a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozónak, ha azok kedvelt tápnövényei (például: *P. spinosa*, *P. cerasifera*, *P. mahaleb*) a vektornak. Az ilyen vad növények, illetve elhagyatott csonthéjas növények melletti gyümölcsösökben kevésbé hatékony a fitoplazma elleni védekezés. Azonban az ültetvények környezetében lévő *Prunus* növények teljes mértékű eltávolítása lehetetlen feladat (Thébaud *et al.*, 2006; Sabaté *et al.*, 2016).

Labonne és Lichou (2004), valamint Gallinger *et al.* (2020) szerint fontos eltávolítani a szilva levélbolhákat vonzó alanyfajták sarjhajtásait, mert az ezeken nagy számban megjelenő *C. pruni* egyedek jelentősen megnövelik a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' általi fertőződés lehetőségét. Ezzel a módszerrel a *C. pruni* szaporodása is korlátozható a gyümölcsösökben.

Labonne és Lichou (2004) rajzás dinamikai eredményeik alapján azt a következtetést vonták le, hogy a *C. pruni* elleni védekezést a visszavándorló imágók rajzáscsúcsa előtt kellene elvégezni, a június után elvégzett védekezéseknek pedig már valószínűleg nem lesz hatásuk az

egyedek elvándorlása miatt. Egy másik vizsgálatban a szilva levélbolhák rajzás megfigyeléséhez felmérték az élénksárga és a zöldessárga színcsapdák vonzási képességét. A két szín hatékonyságában nem találtak különbséget (Horváth, 2017).

Az elmúlt évek során egyre több széles hatásspektrumú növényvédő szert vontak ki, aminek következtében a fitoplazma vektor egyedek elterjedése, valamint azok populációjának mérete növekvő tendenciát mutat az ültetvényekben és azok környezetében. Valószínűleg ennek tudható be, hogy ezzel egy időben a fitoplazmás betegségek elterjedése is felgyorsult (Viczián *et al.*, 2017). Gallinger *et al.* (2020) szerint a növényi illatanyagok felhasználhatóak a szilva levélbolha elleni környezet kimélő védekezési technológia kifejlesztésében. Ezt alátámasztja, hogy az illatanyagokból készültek már olyan keverékek, amik repellens hatással voltak a *C. pruni* fajra, illetve képesek voltak elnyomni az attraktív gazdanövényének illatát (Gallinger *et al.*, 2019). Kajszfákon hatékonyan találták a szilva levélbolhák ellen azokat a készítményeket, amelynek fő hatóanyaga a kaolin, a paraffinolaj, a narancsolaj, illetve az édesköményolaj kivonata volt. A repellens hatásuk következtében a kaolin 19%-ra, a paraffinolaj 21%-ra csökkentette a *C. pruni* faj gyümölcsfákon való jelenlétét. A további két hatóanyag hatására pedig szignifikánsan kevesebb rovar táplálkozott a kezelt fákon, mint a kontrollokon (Riedle-Bauer *et al.*, 2011). Egy kémiai növényvédelmi kísérlet során az abamektin hatóanyag hatásosnak bizonyult L1-es és az L2-es szilva levélbolha lárvák ellen (Jarausch *et al.*, 2010).

3.5. A *Cacopsylla crataegi* levélbolhafaj

A fajjal kapcsolatban jelenleg csak kevés információ érhető el a szakirodalomban.

3.5.1. *Cacopsylla crataegi* általános jellemzése

A *Cacopsylla crataegi* (Schrank) magyar neve galagonya levélbolha. Az egynemzedékes faj az *Arthropoda* törzsbe, *Hexapoda* altörzsbe, *Insecta* osztályba, *Hemiptera* rendbe, *Stenorrhyncha* alrendbe és a *Psyllidae* családon belül a *Cacopsylla* nemzetségbe tartozik. Az egyedek teste teljesen kitinizált, amelynek színe változik. Az új nemzedék színe nyáron vöröses-barna, majd télre feketévé válik. Mérete nagyobb, mint a szilva levélbolháé, a nőstények 3,57–4,05 mm, a hímek pedig 3,43–3,81 mm hosszúak (Ripka, 2010; EPPO, 2023d).

3.5.2. *Cacopsylla crataegi* jelenléte a tápnövényein és egyéb növényeken

A *C. crataegi* fenyőféléken telet át imágó alakban. Leggyakrabban *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Larix* nemzetségekbe tartozó növényfajokon fordul elő, ahová a nyári nemzedék júniusban migrál. A *C. crataegi* kora tavasszal vándorol vissza a lombhullató gazdanövényeire, *Crataegus*- és *Malus*-félékre (Li, 1992; Ripka, 2010; Bodor, 2014). Magyarországon a faj egyedeit az előbb említett gazdanövények mellett kajszi és ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*)

növényeken is azonosították (Horváth, 1897; Ripka, 1997; Dér, 2005; Ripka és Kiss, 2008; Kontschán *et al.*, 2020; Kontschán és Ripka, 2021; Kontschán *et al.*, 2022).

3.5.3. *Cacopsylla crataegi* elterjedtsége

A *C. crataegi* Horvátországban almafákon 1,4–5,8%-os, míg Olaszországban galagonya-bokrokon 0,38%-os gyakorisággal jelent meg más levélbolha fajokhoz viszonyítva (Tedeschi *et al.*, 2009; Križanac *et al.*, 2010). Lengyelországban szilva- és cseresznyefákról csak kevés egyed (6 darab) tudtak begyűjteni, valamint Spanyolországban és Olaszországban almafákról történt gyűjtés is hasonló eredményre vezetett (6, illetve 3 egyed) (Miñarro *et al.*, 2016; Fischnaller *et al.*, 2017; Warabieda *et al.*, 2018). Más vizsgálatok szerint is korlátozott a faj jelenléte: Križanac *et al.* (2010) 32 almaültetvényből kettőben, míg Válová *et al.* (2017) 3 almaültetvényből csak egyben azonosították a *C. crataegi* faj jelenlétét. Gertsson (2010) a faj alacsony svédországi jelenlétét a faj magas hőigényére vezette vissza.

3.5.4. *Cacopsylla crataegi* fitoplazmafajok általi fertőzöttsége

A *C. crataegi* esetében nincsenek információk, hogy fitoplazma kórokozónak vektora volna. Dér (2005) a begyűjtött *C. crataegi* egyedek 2,6–4,4%-ból mutatta ki a '*Ca. Phytoplasma pyri*' kórokozót. Kaya *et al.* (2016) szintén a '*Ca. Phytoplasma pyri*' fitoplazmát azonosította a vizsgált egyedek 1,67%-ában. Miñarro *et al.* (2016) pedig a '*Ca. Phytoplasma mali*' kórokozót mutatta ki a begyűjtött galagonya levélbolhákak 16,7%-ában.

3.5.5. *Cacopsylla crataegi* elleni védekezési lehetőségek

Kifejezetten a *C. crataegi* faj ellen irányuló növényvédelmi kezelésekről jelenleg nincs elérhető információ. A faj ellen nincs olyan alkalmazható készítmény, amely parazita rovarfajokat tartalmazna. Azonban egy vizsgálat alapján a *C. crataegi*-t képes parazitálni a *Prionomitus mitratus* (Encyrtidae) faj (Novak, 1994).

3.6. *Cytospora*-fajok

A csonthéjasokat és ezenbelül a kajszfákat több *Cytospora*-faj is képes megfertőzni (Adams *et al.*, 2002; Biggs és Grove, 2005; Lawrence *et al.*, 2018; Cotuna *et al.*, 2020). Ezek közül, a vizsgálataink eredményeit figyelembe véve, a *C. cincta*, a *C. leucostoma* (Pers.) Sacc. és a *C. sorbicola* Norph., Bulgakov, T.C. Wen & K.D. Hyde fajokat emeltük ki.

3.6.1. A betegség neve, a kórokozók taxonómiája és nevezéktana

A csonthéjasféléken a *Cytospora*-fajok okozta betegséget citospórás rákosodásnak nevezik. Korábban a gomba aszkospórás alakja alapján még leukosztómás, valzás vagy valzáriás

rákosodás névvel is illették (Pénzes *et al.*, 2003). A *C. cincta*, a *C. leucostoma* és a *C. sorbicola* kórokozók rendszertanilag a Gombák országának, *Ascomycota* törzsének, *Pezizomycotina* altörzsébe, *Sordariomycetes* osztályába és a *Diaporthales* rendbe, ezen belül pedig a *Cytosporaceae* családba tartoznak (Lawrence *et al.*, 2018; Fan *et al.*, 2020; Index Fungorum, 2023a, b, c; MycoBank, 2023). Az egy gomba-egy név szabály bevezetése után (Hawksworth, 2011), Fan *et al.* (2015a, b) és Rossman *et al.* (2015) a *Cytospora* generikus név használatát javasolták. A korábban teleomorf alaknak tekintett *Valsaria insitiva* (Tode) Ces. & De Not., *Leucostoma cinctum* (Fr.) Höhn. (*C. cincta*) és *L. persoonii* (Nitschke) Höhn. (*C. leucostoma*) már csak szinonim névként értelmezhetők (Adams *et al.*, 2002; Biggs és Grove, 2005; MycoBank, 2023).

3.6.2. A kórokozók szaporító képletei és a tenyészetek morfológiája

A *C. cincta*, a *C. leucostoma* és a *C. sorbicola* ivartalan termőteste, a sztrómába ágyazódott pszeudopiknídium apró szemölcszerű dudor formájában tömegesen jelenik meg a növény kérege alatt. A pszeudopiknídium kívülről fekete színű, belső része fekete, szürke vagy szürkésbarna és egy vagy több üreg található benne. A kettéágazódó konídiumtartókon piknokonídiumok (**1. táblázat**) fejlődnek (Rozsnyay, 1977b; Mehrabi *et al.*, 2011; Glits és Folk, 2000; Horst, 2013; Li, 2023).

1. táblázat A *Cytospora cincta*, a *C. leucostoma* és a *C. sorbicola* konídiumainak tulajdonságai

Kórokozó	Konídiumok tulajdonságai						Referencia
	Átlagos méret (µm)	Tagoltság	Alak	Fal vastagság	Felület	Szín	
<i>C. cincta</i>	5,5–10 × 1–2	N.v.	Ívelt	N.v.	N.v.	N.v.	Willison, 1936
	(3.9–) 4.8–5.6 (–6.3) × (1–) 1.1–1.3 (–1.5)	Egysejtű	Ívelt	N.v.	N.v.	Hialin	Nourian <i>et al.</i> , 2021
<i>C. leucostoma</i>	4,5–5,5 × 1–1,5	Egysejtű	Ívelt	Vékony	Sima	Hialin	Fan <i>et al.</i> , 2020
	5.0-10 × 1-2	N.i.	Ívelt	N.v.	N.v.	N.v.	Willison, 1936
<i>C. sorbicola</i>	(3.5–) 4.0–4.6 (–4.5) × (1.0–) 0.9–1.1 (–1.0)	Egysejtű	Ívelt	N.v.	N.v.	Hialintól világosbarnáig	Lawrence <i>et al.</i> , 2018
	(4,4–) 5,1 (–6) × (1,2–) 1,4 (–1,6)	Egysejtű	Ívelt	Vékony	N.v.	Hialin	Hanifeh <i>et al.</i> , 2022

Magyarázat: N.v.= Nem vizsgált

A konídiumok egész évben képződnek és szóródásuk a pszeudopiknídium egy, vagy több szájnylásán keresztül történik meg (Rozsnyay, 1977b). A termőtestből előtörő konídium massa nedves körülmények között nyálkás állagú, míg száraz időjárásban merev kacsszerű. Színe naracssárga, rózsaszínes és vörös is lehet és több ezer konídiumot tartalmaz (Rozsnyay, 1977b; Pokharel, 2013). A masszában lévő konídiumok a kiszáradással szemben ellenállóak, azonban

vízzel való érintkezést követően az újra kiszáradó konídiumok 6 órán belül elpusztulnak (Biggs és Grove, 2005). A *C. cincta* és a *C. leucostoma* faj vastag falú peritéciuma a fák kérgén sztrómába ágyazódva jelenik meg. A benne található aszkuszokban nyolc askospóra (**2. táblázat**) képződik (Willison, 1936; Fan *et al.*, 2020). A *C. sorbicola* faj ivaros termőképletét még csak néhány esetben figyelték meg, így az askospóra méretéről és fertőzésben betöltött szerepéről még nincsenek információk (Lawrence *et al.*, 2018; Li, 2023).

2. táblázat A *Cytospora cincta* és a *C. leucostoma* askospóráinak tulajdonságai

Kórokozó	Aszkospórák tulajdonságai						Referencia
	Átlagos méret (µm)	Tagoltság	Alak	Fal vastagság	Felület	Szín	
<i>C. cincta</i>	14–28 x 4–7	N.i.	Ívelt	N.v.	N.v.	N.v.	Willison, 1936
<i>C. leucostoma</i>	10–17 x 2–4,5	N.i.	Ívelt	N.v.	N.v.	N.v.	
	(8,5–) 9–11 (–11,5) x 2,5–3	Egysejtű	Hosszúka-ívelt	Vékony	N.v.	Hialin	Fan <i>et al.</i> , 2020

Magyarázat: N.v.= Nem vizsgált

Vizsgálatok alapján a *C. cincta* és a *C. leucostoma* több, eltérő összetételű táptalajon (például: burgonya-dextróz agar- (PDA), matáta kivonat agar- (MEA), eltérő szénforrású táptalajon) is tenyésztethető (Willison, 1936; Helton és Konicek, 1962a, b; Konicek és Helton, 1962a, b; Dhanvantari, 1968; Rozsnyay, 1977b; Surve-Iyer *et al.*, 1995). Korábbi morfológiai leírások alapján a három faj tenyészetei igen változatos tulajdonságokkal rendelkezhetnek. Willison (1936) vizsgálataiban a *C. cincta* tenyészetek Leonian-maláta agaron (LMA) bársonyos felületűek voltak, amelyeken kevés légmicélium és nagyméretű pszeudopiknídiumok képződtek. Az izolátumok színe először fehér volt, majd szürkés sárgás-zöldre változott. Egyes esetekben az idősebb tenyészetek feketéssé váltak. Surve-Iyer *et al.* (1995) vizsgálatai során több eltérő tenyészetszín is kialakult: olíva-zöld, vörösesbarna, barnássárga, vöröses árnyalatú barnássárga, egérszürke, umbrabarna, mogyoró-, kankalin- és mézszínű. A kórokozó tenyészetei az LMA táptalaj széléig nőttek és nagyméretű pszeudopiknídiumok képződtek rajtuk. Nourian *et al.* (2021) által megfigyelt tenyészetek kezdetben fehérek voltak, majd sárgássá váltak PDA táptalajon. Az idősebb tenyészeteknél a középső zónában barna szín alakult ki sárga szegéllyel. A pszeudopiknídiumok képződése 6-8. héttől kezdődően volt megfigyelhető. Rozsnyay (1977b) 8–10 napos tenyészetei PDA táptalajon szürkésfehér színűek voltak, amelyeken 3-8. hét után jelentek meg a pszeudopiknídiumok.

Willison (1936) által LMA táptalajon vizsgált *C. leucostoma* tenyészetek felülete bőrszerű, légmicéliumoktól mentes volt. Ezek kezdetben fehér színűek voltak, majd barna vagy sötét színűekké váltak. A rajtuk képződő pszeudopiknídiumok kicsik és feketék voltak. Surve-Iyer *et al.* (1995) *C. leucostoma* tenyészetei (LMA táptalajon) főként sötétzöld színűek voltak, de szürke, szürkés-sötétzöld színűeket is megfigyeltek. Egyes kórokozó törzsek esetén hullámos szélű tenyészeteket is megfigyeltek, amelyek nem érték el a Petri-csésze szélét. Ezeken a tenyészeteken

közepes méretű pszeudopiknídiumok képződtek. A Petri-csésze egészét benövő izolátumok között egyaránt voltak kis, illetve nagy pszeudopiknídium mérettel rendelkezők. Fan *et al.* (2020) PDA táptalajon fehértől szürkéig terjedő, középen sötétszürke színű tenyészeteket figyelt meg. 30 nap után a telepek sötétszürkétől a feketéig terjedő színnel rendelkeztek. A felületük barázdamentes és bársonyos volt, valamint a pszeudopiknídiumok szabálytalanul helyezkedtek el rajtuk. Rozsnyay (1977b) tenyészei PDA táptalajon kezdetben sötétszürkék voltak, amelyek 15-20. nap után szinte fekete színűvé váltak. 3-8. hét után jelentek meg a pszeudopiknídiumok.

Lawrence *et al.* (2018) által PDA táptalajon vizsgált *C. sorbicola* tenyészetek színe a törtfehértől a krémszínűig terjedt. Ezek öregedése során fokozatosan sötétebbé váltak. A tenyészetek felszínén légmicélium nem alakult ki. Hanifeh *et al.* (2022) PDA táptalajon lapos, sűrű micéliumú, kezdetben fehér tenyészeteket figyelt meg, amelyek később szürkés-sötétzöldé váltak, szabálytalan peremmel. MEA táptalajon gyorsabb növekedést mutattak a tenyészetek (5. napra 9 cm-t növekedett), mint PDA-n (7. napra 7 cm-t növekedett). A tenyészetek lapos, sűrű micéliummal és szabálytalan széllel rendelkeztek. Színük kezdetben fehér volt, ami olíva- és sötétzöldé vált.

3.6.3. A kórokozók gazdanövényei és jelentőségük

A *C. cincta*, a *C. leucostoma* és a *C. sorbicola* kórokozók számos csonthéjast képesek megfertőzni (Lawrence *et al.*, 2018; Cotuna *et al.*, 2020). Ezek közül a kajszi, az őszibarack (*P. persica*), a nektarin (*P. persica* var. *nucipersica*), a cseresznye (*P. avium*) és a szilva (*P. domestica*) kifejezetten fogékonyak a citospórás betegségekre (Biggs és Grove, 2005; Pokharel, 2013). Rozsnyay (1977b) magyarországi vizsgálatai során kajsziról a *C. cincta* fajt, őszibarackról pedig a *C. cincta* és a *C. leucostoma* fajokat izolálta. A *Prunus*-félék mellett a *C. leucostoma* kórokozót a *Cydonia*, *Malus*, *Pyrus*, *Sorbus* és *Populus*, a *C. cincta* fajt *Crataegus*, *Malus* és *Robinia*, a *C. sorbicola* fajt pedig *Acer*, *Cotoneaster*, *Malus*, *Olea* és *Sorbaronia* nemzetségekbe tartozó növényekről írták le (Rozsnyay, 1977a; Biggs és Grove, 2005; Norphanphoun *et al.*, 2017; Lawrence *et al.*, 2018; Hanifeh *et al.*, 2022).

Egy korábbi munka alapján, a *C. cincta* és a *C. leucostoma* gyakran együttesen van jelen a csonthéjasok termesztési régióiban, azonban a két faj dominanciája területenként eltérő lehet. Gyakoriságukat és jelentőségüket a terület adottságai, a gazdanövények faja és fajtája és azok életkora is befolyásolja (Pokharel és Larsen, 2009a; Pokharel, 2013). A széles gazdanövénykör segíti a *Cytospora*-fajok terjedését (Holland *et al.*, 2021b).

3.6.4. A kórokozók életmódja, biológiája és terjedése

Korábban Défago (1935) a *Cytospora*-fajokat obligát parazita gombáknak gondolta. Majd sokáig tartotta magát az az elképzelés, hogy ezek a fajok szaprotróf életmódúak, így csak

másodlagos kórokozóként vannak jelen a kajszi és más csonthéjas gyümölcsfák pusztulásakor (Cakadze, 1949, 1952; Rieuf, 1950; Panfilovat, 1956; Plock, 1960). Ehhez hasonlóan Willison (1936) vizsgálataiban a *C. leucostoma* nem okozott számottevő károsítást a vizsgált növényeken. Később Biggs (1984, 1986a, b), Biggs és Stobbs (1986), valamint Wisniewski *et al.* (1984) a fajt fakultatív kéregparazitának határozták meg, mert csak a kéreg részen és közvetlen alatta található sejtsorokban okoztak nektrózist. Azonban más vizsgálatokban a *C. cincta*, a *C. leucostoma* és a *C. sorbicola* is valódi sebsparazitáknak bizonyultak (Willison, 1936; Kotte, 1958; Schmidle, 1961; Tasnády és Lehoczky, 1966; Mazzucchi, 1966, 1968; Stanova, 1968, 1970; Kovács, 1970; D'Ambra és Mutto, 1972; Paclt, 1972; Banko és Helton, 1974; Tekauz és Patrick, 1974; Li, 2023). Rozsnyay (1977b) kimutatta, hogy a *C. cincta* és *C. leucostoma* izolátumai eltérő mértékben károsították a kajszi- és őszibarackfák szállítószöveteit.

A *C. cincta* és *C. leucostoma* esetében a fertőzés elindulhat a kórokozók micéliumával, askospórájával, vagy piknokonídiumával is. Ezek közül a legfontosabb inokulumot a piknokonídiumok jelentik (Rozsnyay, 1977b; Rosenberger, 1982; Grove és Biggs, 2006; Pokharel, 2013). Az askospórák a kórokozók életciklusában alárendelt szerepűek. Ennek oka, hogy a két *Cytospora*-faj pszeudopiknídiumai a fertőzést követő 2 hét–6 hónapon belül képződnek az elhalt fás részeken vagy a rákos sebekben (Rozsnyay, 1977b; Biggs és Grove, 2005), míg a peritéciumok csak 2–3 évvel a pszeudopiknídiumok kialakulása után jelennek meg a növényeken (Grove és Biggs, 2006; Pokharel, 2013). A kórokozók növényen belüli terjedése során újabb és újabb pszeudopiknídiumok képződnek. A termőtestekből több ezer piknokonídium szabadulhat fel megfelelő környezeti körülmények esetén. A kórokozók egész évben (télen is) megfigyelhetők a fák felületén (Rosenberger, 1982; Biggs és Grove, 2005). A konídiumok termelődését több tényező is befolyásolja. Barakat és Johnson (1997) vizsgálatában a *C. cincta* faj magas relatív páratartalom mellett széles hőmérsékleti skálán képes volt konídiumokat képezni, bár a spóráképzéshez a 20 °C bizonyult optimálisnak. Biggs és Grove (2005), valamint Pokharel (2013) ennél alacsonyabb, 10–15 °C közötti tartományt határoztak meg a *C. cincta* és *C. leucostoma* fajok sporulációs optimumaként. Fontosnak bizonyult az ezen a hőmérsékleteken eltelt órák száma is. A legkedvezőbb relatív páratartalom 90% felett volt és ennek időtartama is befolyásoló tényező volt (Biggs és Grove, 2005; Pokharel, 2013). Érdemes megemlíteni, hogy Barakat és Johnson (1997) vizsgálatai alapján a *C. cincta* konídiumai a száraz időszakot is képesek túlélni úgy, hogy fertőzőképességüket is megtartják. Az optimális konídium csírázási hőmérséklet a *C. cincta* faj esetében 28 °C, a *C. leucostoma* fajnál 27 °C, míg a *C. sorbicola* fajnál 25 °C (Rohrbach és Luepschen, 1968; Barakat *et al.*, 1995; Li, 2023). A konídiumok széllel, csapadékkal, öntözővízzel, rovarokkal és metszéshez használt eszközökkel egyaránt terjedhetnek. Ezeken a módokon a konídium átlagosan 12 méterre jut el a képződés

helyétől. A természetes úton történő terjedésük nagymértékben függ a páratartalomtól és a szélesebségétől. Amint a konídium fogékony növényi szövetre kerül, megindul a kolonizáció (Rosenberger, 1982; Wisniewski *et al.*, 1984; Grove és Biggs, 2006; Pokharel, 2013). A *Cytospora*-fajok számára fertőzési pontként szolgálhatnak a legyengült-, az elhalt szövetek, levélhegek, a metszési felületek, a fagy, vagy a rovarok okozta sérülések (Dustan és Davidson, 1981; Rosenberger, 1982; Grove és Biggs, 2006; Li, 2023). A kórokozók egyaránt bejuthatnak a törzs, a vastagabb és vékonyabb ágak, valamint vesszők sérülésein keresztül (Tekauz és Patrick, 1974). A *C. leucostoma* fertőzés valószínűségét növeli, ha a sebzések, illetve szövetelhalások kiterjedése nagymértékű, valamint ha a sebek egészen a farészig hatolnak (Scorza és Pusey, 1984). A *C. cincta* a sebeket akár 29 nappal később is képes megfertőzni (Rozsnyay, 1977a, b). A korona belsejében fejlődő gyenge vesszők kiemelten fogékonyak a citospórás betegség kórokozóira. Ezek megfertőzését követően a kórokozó gyorsan áttérjedhet a nagyobb ágakra, vázágakra (Pokharel, 2013). Fertőzési pont lehet még a korai gyümölcszedés is, mert ilyenkor még nem alakul ki a természetes termésleválasztó szövetréteg. Más kórokozók kártétele is utat nyithat a *C. cincta* számára: például képes a *P. syringae* okozta rákos sebekben át fertőzni (Rozsnyay, 1977b). Érdeemes megemlíteni, hogy a *C. cincta* és a *P. syringae* a kajszi fák sebeit együttesen is képesek megfertőzni a nyugalmi időszakban. A két kórokozó közötti szinergista hatás is ismert: a kevert fertőzés következtében a rákos sebek mérete számottevően nagyobbá válik (Rozsnyay, 1977b; Endert-Kirkpatrick és Ritchie, 1988). Rozsnyay (1977a, b) vizsgálata alapján a *C. cincta* a kajszi fák floém részét a júniustól–áprilisig terjedő időszakban, míg a xilém részt egész évben képes megfertőzni. A faj a xilémekben nagyobb mértékben képes terjedni, mint a floémekben. A *C. leucostoma* a floémekben és a kéregben kisebb mértékben van jelen, mint a xilémekben. Terjedése eltérő a szövetekben, a hancs szövetben intercellulárisan, míg az farészben intracellulárisan növekszik a kórokozó hifája (Tekauz és Patrick, 1974; Wisniewski *et al.*, 1984).

A *Cytospora*-fajok fertőzőképességét a hőmérséklet jelentősen befolyásolhatja (Li, 2023). Willison (1935) és Wensley (1964) eredményei szerint a *C. cincta* 10 °C alatt, míg a *C. leucostoma* 16 °C felett rendelkezett jobb fertőzési képességgel. Ezzel szemben a *C. sorbicola* fertőzőképessége a téli hidegben és a nyári melegben ugyanakkora (Li, 2023). A *C. cincta* és a *C. leucostoma* esetében a hőmérséklet a kártétel mértékét is befolyásolja. Barakat és Johnson (1997) vizsgálataiban a *C. cincta* okozta rákos sebek fejlődése a nyári hónapokban felgyorsult. Míg a téli időszakban a sebek méretének növekedése csekély volt. Megfigyelték azt is, hogy amikor a fertőzés a szeptembertől decemberig tartó időszakban következett be, akkor csak kora tavasszal indult meg a nekrosisok és rákos sebek számottevő növekedése. Biggs és Grove (2005) szerint, ha a tavaszi metszések 14–20 °C között van a hőmérséklet, akkor a *C. leucostoma* ugyan képes nekrosisokat és rákos sebeket előidézni, azonban a gazdanövény védekező reakciója

is működésbe lép. Alacsonyabb hőmérsékleten (2–8 °C-on) a fás szövetek kolonizációja ugyan lassabb, de nagyobb területet tud megfertőzni, mivel a növény csak kismértékben tudja korlátozni a kórokozó terjedését. A szerzők szerint 10 °C feletti átlaghőmérsékletű napok számának növekedésével a rákos sebek fejlődése lelassul. Ezzel szemben, Luo *et al.* (2022) a rákos sebek méretében a legnagyobb növekedést 25–35 °C között mérte gazdanövény fajától függően.

A *Cytospora*-fajok törzseinek fertőzőképességét a gazdaszervezetek fogékonyága is befolyásolja (Rozsnyay, 1977b). Petushova *et al.* (1975) vizsgálatában cseresznyén virulensebbek voltak a kórokozók, mint meggyen, de mindkét növényfaj esetében a fák teljes pusztulását okozták idővel. Rozsnyay (1977b) eredményei alapján a kajszifák fiatalabb fás részei fogékonyabbak a *C. cincta* kórokozóra, mint az idősebbek. Ez arra vezethető vissza, hogy a kórokozónak több idő kell a vastagabb fás részek hancs- és kambium szöveiteinek teljes keresztmetszetben történő elpusztításához, mint a vékonyabbak esetében. A *C. sorbicola* faj okozta fertőzésekre a cseresznyefák idős fás részei fogékonyabbnak bizonyultak a nyári időszakban, mint a fiatal részek. Ezzel szemben a téli időszakban már azonos mértékben voltak fogékonyak a fás részek (Li, 2023).

3.6.5. A kórokozók okozta tünetek és károsítás mértéke

Rozsnyay (1977b) megfigyelte, hogy a *C. cincta* a fertőzési pontokban a floém, a kambium és a xilém barnulását és mézgásodását okozza. Kezdetben a floém nekrozisa a kérgen alig észlelhető elváltozást okoz, majd a szövet összeomlásnak (kollapszus) köszönhetően a kéreg besüpped. Az elhalt, barna színű és az egészséges, zöld színű kambium határán barnásvöröses vonal képződik. Abban az esetben, ha a kambium pusztulása körülöleli a fás részt, akkor a felette található növényi rész elpusztul. Ha a kambium elhalás részleges marad, akkor nyílt vagy zárt rákos sebek alakulnak ki. A rákos sebek növekedését a növény kalluszyűrű képzésével képes korlátozni. Később a kórokozó szaporítóképletei a nekrotizálódott kambiumban fejlődnek ki. A xilémekben hosszanti, szektorális, barnás-fekete elhalás alakul ki, mely kiterjedtebb, mint a kambiumban és a floémekben kialakuló nekrozisok. A kórokozó képes a xilém mélyebb rétegeibe is behatolni, akár elérve a farész közepét is. A tracheákban, a farostokban és a bélsugár sejtekben pedig mézgás elzáródást idéz elő. A *C. leucostoma* esetében is megfigyelték a fás szövetek pusztulását, illetve a kalluszyűrű képződését. A kialakuló rákos sebeknél a hosszanti növekedésük erőteljesebb, mint az oldalirányú. Ez a jelenség annak köszönhető, hogy a rákos seb körül a növény kalluszsövetet hoz létre, amely a laterális és a marginális részeken eltérő. Az oldalsó részeken több rétegből és erősebben szuberinizálódott (szuberinnel ~ paraanyaggal berakott) sejtsorokból áll, mint az alsó és felső részeken. Azonban ezeket a kórokozó sűrű, ékszerű micélium képződményeivel, illetve egy enzim segítségével képes időről időre áttörni és

megfertőzni az egészséges szöveteket. Az áttörést követően a növény képes újabb kalluszcsejteket képezni, így a rákos sebek körül koncentrikus körök alakulnak ki (Tekauz és Patrick, 1974; Biggs, 1984; Wisniewski *et al.*, 1984).

A rákos sebek mellett további tünet, hogy a fertőzött fák tavasszal nem hajtanak ki (részlegesen vagy teljesen). A vegetációs időszakban a fák levelei hirtelen lankadnak, majd elsárgulnak (kajszit kivéve), elpusztulnak és később lehullanak (Rozsnyay, 1977a, b; Rozsnyay és Barna, 1974; Rosenberger, 1982; Biggs és Grove, 2005; Shukla és Fatima, 2020). Miután a gyümölcsfák részben vagy teljesen elhaltak, olykor a gyökérnyaki részből sarjhajtások törhetnek elő (Ritchie és Clayton, 1981). A citosporás betegség tüneteként a virágzás és az érés is késleltethető, illetve a termés is kisebb lehet (Pokharel, 2013). A beteg fákon fejlődő gyümölcsök minősége romlik. A fapusztulás következtében pedig csökken a termés mennyisége (Pokharel és Larsen, 2009a). Abban az esetben, ha a fertőzés egy ágcsomóra terjed ki, akkor az meggyengülhet és nagyobb termés súlya alatt eltörhet (Rosenberger, 1982).

Pokharel (2013) felmérése alapján a vizsgált ültetvényekben a fák *Cytospora* sp. általi fertőzöttsége elérte a 70%-ot, továbbá 30%-os fapusztulást is okozott a kórokozó. Kural és Erdiller (1995) 125 ültetvényt felölelő felmérése során, a gyümölcsösök 90%-át találták fertőzöttnek. A megvizsgált 6327 kajszi-ültetvény 36%-a mutatott tüneteket: a leggyakoribb (90% feletti) tünet az ágak és gallyak pusztulása volt. A fák 10%-ánál a vázágak rákosodását és a fák hervadását is megfigyelték. A törzs rákosodását pedig a fák 6%-án jegyezték fel. Bălan *et al.* (1995) által szemlézett kajszi-ültetvényekben a *C. cincta* nagyobb károkat okozott, mint a *Monilinia laxa*, vagy a *Stigmina carpophila* kórokozók.

3.6.6. *Cytospora*-fajok elleni védekezési lehetőségek

Abban az esetben, ha a *Cytospora* kórokozók már bejutottak a növény szöveteibe, akkor a fa nem gyógyítható. Ezért a *Cytospora*-fajok elleni védekezésben a megelőzésre kell a legnagyobb hangsúlyt fektetni (Oprea, 1987).

3.6.6.1. Agrotechnikai és mechanikai védekezés

A védekezés már a telepítés előtt megkezdődik: a termőhely és a fajta megfelelő kiválasztásával a fák folyamatos stressznek kitett állapota elkerülhető. A jó kondícióban lévő, biotikus és abiotikus stressztől védett fák ellenálló képessége nagyobb, sérüléseik gyorsabban gyógyulnak, így kisebb a megbetegedés valószínűsége (Cujec, 1988; Mazurek és Nowik, 2018). Telepítésnél javasolt a fagyzugos, a csekély légmozgású, a nem megfelelő vízelvezetésű és az erős *Cytospora* sp. fertőzési nyomású területek kerülése (Biggs és Grove, 2005; Mazurek és Nowik, 2018). Figyelní kell, hogy a fák rendszeres és megfelelő tápanyagutánpótlásban, valamint öntözésben részesüljenek (Peng *et al.*, 2016; Heidarian és Tadayon Nejad, 2018; Ruzmetov *et*

al., 2020). A fajtaválasztásnál előnyben kell részesíteni azokat, amelyek jó fagyűrő képességgel, erős növekedési eréllyel és gyors sebzáródási tulajdonságokkal rendelkeznek (Wensley, 1966; Biggs és Grove, 2005). A vizsgálatok során több kajszifajta is fogékonynak bizonyult a citospóras betegség kórokozójával szemben, mint például: 'Ceglédi óriás', 'Gönci magyar kajszí', 'Mandulakajszí', 'Rakovszky'. Viszont, több rezisztenciát mutató fajtát (például: 'Cais trandafiriu', 'Farmingdale', 'Sam no.1') is azonosítottak (Rozsnyay, 1977b; Trandafirescu, 2008; Trandafirescu *et al.*, 2011; Yilmaz és Erincik, 2017; Moale és Septar, 2019). Ezek egy részét újabb fajták előállításához használták fel, amelyek között az citospóra rezisztens fajták is akadnak, például: 'Auras', 'Danubiu', 'Traian' (Bălan *et al.*, 2006; Trandafirescu, 2008; Trandafirescu *et al.*, 2011). Pokharel és Reighard (2015) munkája alapján az alanyok fajtái is befolyásolhatják a citospóras betegség tüneteit. A 'Myrobalan' alanyú fák fogékonyabbnak bizonyultak, mint a szilva (*P. domestica*), a vadkajszí és a mandula (*P. amygdalus*) alanyú fák. Utóbbiak esetében kisebb fapusztulást figyeltek meg, mint a 'Myrobalan' alanynál (Nyujtó és Tomcsányi, 1959; Rozsnyay, 1963; Nyujtó és Surányi, 1981). Míg egy másik vizsgálatban a szilva és a 'Myrobalan' alanyú fák kisé ellenállóbbak voltak a *C. cincta* ellen, mint a vadkajszí alanyon lévők (Kovács, 1974). Érdeemes megemlíteni azt a vizsgálatot is, amelyben a fák pusztulását főként a *C. cincta* és a *P. syringae* pv. *persicae* kórokozók okozták. A 'Fehér Besztercei' (*P. domestica*) alanyon 4%-os, míg a kajszí magoncon 27%-os, a 'Myrobalan' alanyon pedig a legnagyobb, 30%-os veszteséget jegyezték fel (Nagy és Lantos, 1998).

A telepítés utáni agrotechnikai védekezés fontos eleme a metszés időpontjának helyes megválasztása (Rozsnyay, 1977a, b; Cujec, 1988; Mazurek és Nowik, 2018). A metszést tavaszra vagy kora nyárra kell időzíteni, amikor a fák képesek korlátozni a *Cytospora* kórokozó terjedését. Ezzel a fertőzések több mint 50%-kal csökkenthetők és a sebek gyógyulási ideje is rövidül (Rozsnyay, 1977a, b; Cujec, 1988; Szalay, 2009). A metszések során a helyes kivitelezésre is oda kell figyelni, hogy nagyobb ellenállóságot biztosítsunk a kórokozóval szemben. A lombkoronát már a kezdetektől úgy kell alakítani, hogy az ágak ízesülésénél ne keletkezzen repedés a fás szövetekben, amely az általuk bezárt szög növelésével érhető el. Figyelni kell a lombkorona szellőzőtségének kialakítására, hogy a növény felülete gyorsan tudjon száradni. A leárnyékolt és gyengébb növekedésű részeket, amelyek a fertőzésre fogékonyabbak, el kell távolítani. Érdeemes csökkenteni a metszési felületek méretét, de ha mégis szükséges vastagabb fás részek eltávolítása, akkor a keletkező metszfelületet sebkezelésben kell részesíteni (Cujec, 1988). A vágások kivitelezésének módja is fontos tényező. A ferdén vágott metszési felület kevésbé lesz fogékony, mint egy vízszintes metszlap. Ez annak köszönhető, hogy az utóbbi felületén a nedvesség jobban megmarad, ami kedvező a kórokozó fertőzéséhez. Továbbá, a csonkokra történő metszés is hatásos lehet, mert így nem egyből a termőrészeket támadják a kórokozók, hanem a meghagyott

rövid fás részeket (Pokharel, 2013). A metszés során fontos a metszőeszközöket fertőtleníteni, ugyanis a kórokozó a vágóeszközökkel könnyen átvihető. Ehhez a metszés alatt hígított hipoklorit oldat többszöri alkalmazása javasolt (Rozsnyay, 1977a, b; Cujec, 1988; Pokharel, 2013). A lemetszett fertőzött fás részek ültetvényekből történő eltávolításával jelentősen csökkenthető az inokulum mennyisége az adott területen (Cujec, 1988).

Jó tékony hatással bír a fák törzsének fehérre festése is a téli időszakban, mely csökkenti a hirtelen hőmérsékletváltás okozta fagykárak kialakulását, amelyek kaput nyithatnak a kórokozónak (Spotts *et al.*, 1990). Továbbá, hatásos védekezési forma lehet a törzsön és vastagabb ágakon található fertőzött szövetrészek kivágása, azonban annak elvégzéséhez tartósan száraz időjárás kell, hogy újabb fertőzés ne történhessen a keletkezett sebeken keresztül (Biggs és Grove, 2005).

3.6.6.2. Kémiai védekezés

A *Cytospora* kórokozók elleni kémiai védekezés sikeressége korlátozott. A nyugalmi időszakban, amikor a fertőzés veszélye nagy, a vegyszeres védekezés rendszerint szünetel. Továbbá, a kémiai védekezés eredményességét az is csökkenti, hogy a kórokozók a mélyen található szöveteket is kolonizálják, ahol a növényvédő szerek nem hatnak (Dhanvantari, 1968).

Mérgezett agarlemezes kísérletben a *C. leucostoma* kórokozó micélium növekedését hatásosan gátolták a tiofanát-metil, a benomil, a kaptán, a réz-hidroxid, a cink-szulfát, a mészkén, a fosztil-Al, a difenokonazol, a káliumsók, a kálium-bikarbonát, valamint a réz-hidroxid + réz-oxiklorid hatóanyagok. Azonban, ezek közül csak az első hat bizonyult hatékonynak a kórokozóval szemben, levágott, fertőzött ágrészekre kijuttatva (Miller *et al.*, 2019). Egy másik mérgezett agarlemezes kísérletben a *C. leucostoma*-t a kaptán, az iprodion és a tiofanát-metil hatóanyagok teljesen gátolták, míg a kálcium-propionát 85%-ban, a kálcium-hidroxid 76%-ban és a kálcium-szilikát 73%-ban csökkentette a gombatenyészetek növekedését. Az alacsonyabb hatékonyságú hatóanyagok közül a fenarimol és a fluzilazole nagyobb kórokozó elleni aktivitással rendelkeztek, mint a miklobutanil, a fenbukonazol és a triadimefon. Utóbbi három hatóanyag gyenge hatékonyságot mutatott a kórokozóval szemben (Biggs *et al.*, 1994). Froelich és Schnabel (2019) az EC₅₀ (median effective concentration) értékek alapján meghatározták több hatóanyag *C. leucostoma* kórokozó elleni hatékonyságát. Az eredmények alapján az azoxistrobinra és a tiofanát-metilre érzékeny, a difenokonazolra és a propikonazolra mérsékelten rezisztens, a boszkalidra és a fluopiramra pedig rezisztens volt a kórokozó. Popović és Balaz (2005) szintén *in vitro* vizsgálataiban a réz alapú készítmények (például Bordói por) csökkenteni tudták a *C. cincta* tenyészetek növekedését, de csak magas koncentrációban. Míg a felszívódó hatóanyagok (benomil, pirimetanil + fluoquinonazol, karbendazim + vinklozolin, penkonazol)

alacsony dózisban is jó növekedésgátló hatással rendelkeztek. Miller *et al.* (2019) szabadföldi kísérletében a kaptán, tiofanát-metil és a mészkén bizonyult a leghatékonyabbnak. Továbbá a kaptán és a tiofanát-metil 50%-os latex festékben, míg a mészkén kaolin agyaggal keverve hatásos sebzáró anyagoknak bizonyultak a *C. leucostoma*-val szemben. A vizsgálatok során a réz hatóanyagok kapcsán fitotoxicitást figyeltek meg. Northover (1976) vizsgálatai kimutatták, hogy a *C. cincta* és a *C. leucostoma* fajok általi hajtásfertőzések kialakulását a kaptán, a benomil és a kaptafol hatóanyagok csökkentették, míg a mészkén hatástalannak bizonyult. A legjobb hatást akkor érték el, amikor az őszi lombhullás alatt, illetve közvetlenül utána permetezték ki a készítményeket. Míg Spotts *et al.* (1990) munkája alapján a metszés után végzett benomiles kezelésnek nem volt számottevő hatása a *C. cincta* kórokozó általi fertőzésekre. Biggs és Grove (2005) megfigyelték, hogy a kaptán és a tiofanát-metil hatóanyagok kombinációja, amit monilíniás betegség elleni védekezés során alkalmaztak, a friss metszési felületekre kijuttatva, védelmet nyújtott a *C. leucostoma* kórokozóval szemben is. Ezzel szemben a demetilezés-gátló gombaölő szerek a kórokozó ellen csak nagyon kismértékű hatással rendelkeztek. Rozsnyay (1977b) vizsgálata során a *Cytospora* kórokozók ellen hatásosnak bizonyult a metszési felületek lezárásaként kijuttatott 2%-os burgundi lé. Holland *et al.* (2021a) kimutatták, hogy a *C. sorbicola* ellen hatékony védelmet nyújtanak a metszési felületekre kijuttatott tiofanát-metil és fluopiram + trifloxistrobin hatóanyagok. Rumbos (1997) szerint a nyugalmi időszakban, réztartalmú szerekkel végzett kezelések csökkentik a *Cytospora*-fajok inokulumának mennyiségét.

3.6.6.3. Alternatív és biológiai védekezés

A *C. cincta*, *C. leucostoma* és *C. sorbicola* kórokozók elleni biológiai védekezésről nem vagy csak kevés információ áll rendelkezésre.

Az olajalapú készítményekkel meggátolható a fás szövetek fertőződése, a rákos sebek növekedése, illetve a mézgaképződés is csökkenthető vagy megszüntethető (Sholberg és Kappel, 2008; Pokharel és Larsen, 2009b, c).

A *Trichoderma*-fajok közvetett (például: tér- és tápanyag kompetíción keresztül), illetve közvetlen (például: degradáló enzim termelés, parazitálás) hatással rendelkeznek a növénykórokozókkal szemben (Brotman *et al.*, 2010; Khan és Anwer, 2011; Błaszczyk *et al.*, 2014; Naher *et al.*, 2014; Kotasthane *et al.*, 2015; Waghunde *et al.*, 2016; Ghazanfar *et al.*, 2018). Sesan és Oprea (1999) *in vitro* vizsgálatában a *T. viride* erős antagonista hatással rendelkezett a *C. cincta* kórokozóval szemben. Schulz (1981) kajszi fákra elvégzett kísérletében a *C. leucostoma* és *C. cincta* kórokozók ellen *T. viride*, *T. harzianum* és *T. koningi* fajokat alkalmazták. A kórokozók ellen a *T. viride* mutatta a legjobb hatékonyságot a kijuttatástól számított 4. naptól kezdődően. A kifejezett rákos sebek kezelése során azonban a mikoparaziták

hatástalannak bizonyultak. Holland *et al.* (2021a) a metszési felületek teljes védelmét érte el a *C. sorbicola* kórokozóval szemben a *T. atroviride* 'SC1' törzs 5 g/liter koncentrációjú oldatával végzett kezelésekkel. A 2 g/liter és a 0,5 g/liter koncentrációs permetezések mellett kisebb nekrózisosok ugyan kialakultak, de a kezelések így is hatékonyabbnak bizonyultak, mint a fungicidek. Szélesebb körben kitekintve, más *Cytospora*-fajok tekintetében a *T. longibrachiatum* 'T05' törzse *in vitro* és *in vivo* körülmények között is hatásosnak bizonyult. Az *in vitro* kísérletben, 120 óra után a mikoparazita 81%-os micéliumnövekedés gátlást eredményezett a *C. chrysosperma* kórokozó esetében. Tíz nap elteltével pedig a *T. longibrachiatum* teljesen benőtte a kórokozó tenyészetét. Szabadföldi körülmények között a hiperparazitát sebkezeléssel alkalmazták. Ennek során először eltávolították a rothadó, beteg részt, majd 1 hónapon belül 3 alkalommal bekenték a sebeket a mikoparazitával. A *Trichoderma* gombával történő kezelések után két és fél évvel a kórokozó által okozott kisebb rákos sebek begyógyultak, a nagyobb rákos sebek mérete 65–85%-kal csökkent, a betegség jelenléte pedig 14%-ra esett vissza Yi és Chi (2011).

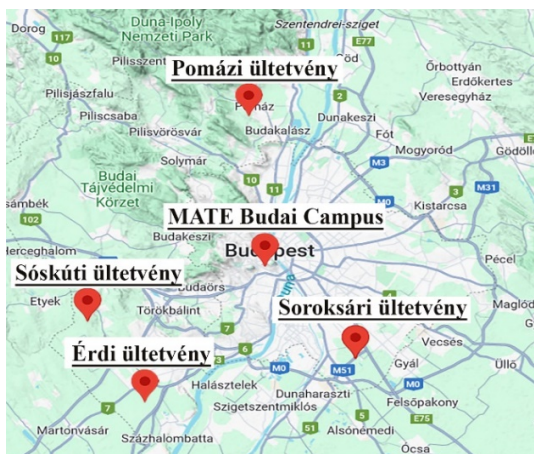
4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. A vizsgálatok helyszínei

A felméréseket és a mintagyűjtést négy kajszi-ültetvényben végeztünk: egy érdi (47°20'21.3"N, 18°52'07.6"E), egy pomázi (47°38'15.5"N 19°00'45.2"E) és egy sósikúti (47°25'40.8"N, 18°48'11.1"E) kereskedelmi ültetvényekben, valamint egy soroksári fajtagyűjteményben (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kísérleti Üzeme és Tangazdasága; 47°23'30.0"N, 19°09'05.5"E) (**1. ábra**). Az érdi és sósikúti ültetvényekben a fajtákat nagyobb, egybefüggő blokkokba ültették, míg a soroksári és pomázi gyümölcsösben a fajtákat vegyesen és kis darabszámban telepítették. Az érdi ültetvényt 2004-ben telepítették. A sósikúti ültetvény vizsgálatokban szereplő 14-es tábláját 2001-ben, a 7/3-as tábláját 2004-ben telepítették. A másik két gyümölcsös vizsgált fái 10 évnél idősebbek voltak. A közbenoltás nélküli fáknál nyitott váza-, míg a közbenoltásos fáknál Papp féle ernyő-koronaformát alakítottak ki. Valamennyi ültetvényben, a sor- és tőtávolság 6–7 x 4 méter volt. A gyümölcsösök telepített öntözőrendszerrel nem rendelkeztek. Az elpusztult fákat általában minden évben eltávolították. Az érdi, a sósikúti és a pomázi ültetvényben kézi gyümölcsritkítást, valamint előrejelzésen és állományfelvételezésen alapuló növényvédelmet folytattak a kísérlet ideje alatt. A soroksári ültetvényben nem alkalmaztak gyümölcsritkítást és kémiai növényvédelmet a vizsgálati évek során.

A növénykondicionálás kezelések *Cytospora* izolátumok elleni hatékonyságának előzetes felmérése során felhasznált konténeres kajszi-fákat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Budai Campus, Növényvédelmi Intézet, Növénykórtani Tanszékének üvegháza (47°28'55.2"N, 19°02'24.6"E) melletti zárt kertben helyeztük el (**1. ábra**). A *C. sorbicola* elleni növénykondicionálás kezelések szabadföldi vizsgálatát a fent említett sósikúti ültetvény szélén, a 6/1-es jelzésű tábla területén végeztük el.

A laboratóriumi vizsgálatainkat a Növénykórtani Tanszék laboratóriumában végeztük.



1. ábra Mintagyűjtési és kísérleti helyszínek (Forrás: Google Maps)

4.2. A vizsgálatok időpontjai és időtartamai

A vizsgálatok időpontjait és időtartamát a **3. táblázatban** foglaltuk össze.

3. táblázat A vizsgálatok időpontjai és időtartamai

Vizsgálat	Vizsgálati időszak	Vizsgálat időtartama
Apoplexia kórokozóinak feltérképezése	2014–2016	3 év
A 'Ca. Phytoplasma prunorum' kimutathatóságának vizsgálata	2015–2017	3 év
A 'Ca. Phytoplasma prunorum' faiskolai szaporítás útján történő átvitelének vizsgálata	2015–2016	2 év
Kereskedelemből származó facsemeték 'Ca. Phytoplasma prunorum' fertőzöttségének vizsgálata	2015–2016	2 év
A <i>Cacopsylla</i> egyedekkel kapcsolatos vizsgálatok	2015–2016	2 év
<i>Cytospora</i> -fajok izolálása	2015–2016	2 év
Növénykondicionálás kezelések hatás vizsgálata a <i>Cytospora sorbicola</i> -val szemben (tenyészedenyes vizsgálat)	2014–2015	2 év
Növénykondicionálás kezelések hatás vizsgálata a <i>Cytospora sorbicola</i> -val szemben (szabadföldi vizsgálat)	2015–2017	3 év
<i>Cytospora sorbicola</i> kórokozó elleni fungicid hatóanyagok hatásának vizsgálata	2018	1 hónap
A <i>Trichoderma asperellum</i> 'T34' <i>Cytospora sorbicola</i> kórokozóval szembeni térkompetíciós és parazitáló képességének vizsgálata	2020	1 hónap
A kajszifajták és alanyok fogékonyságának értékelése az apoplexia vonatkozásában	2014–2017	4 év

4.3. Az apoplexia kórokozóinak feltérképezése a kajszi-ültetvényekben

4.3.1. A vizsgált növények kijelölése, a mintavétel módszere és a minták tárolása

A vizsgálat 3 éve alatt (**4.2. fejezet**) összesen 160 fás mintát gyűjtöttünk a **4.1. fejezetben** említett négy kajszi-ültetvényben. Mindegyik ültetvényben véletlenszerűen, összesen 20 apoplexiás fát és 20 tünetmentes fát mintáztunk (**M4. melléklet**) a vizsgálatokhoz. Minden fáról egy alkalommal gyűjtöttünk mintát Nečas és Krška (2005), valamint Jarausch *et al.* (1999) módszere alapján. Ehhez a vizsgálatba vont fák lombkoronájának alsó részén elhelyezkedő két-három éves, élő, fás növényi részek közül fánként egyet választottunk ki. A kiválasztott nemes részekről ágévágó segítségével 20 centiméteres fás részeket vágunk le. Ezeket levéltelen állapotban, címkével ellátva nejlonzacskóba helyeztük, majd a laboratóriumba szállítás után 4 °C-on tároltuk feldolgozásukig. A feldolgozás minden esetben két héten belül végrehajtottuk.

4.3.2. Össznukleinsav-kivonás a begyűjtött fás növényi szövetekből

A kajszifákról és azok sarjhajtásairól származó minták felületét 70%-os etanollal fertőtlenítettük. A teljes száradásukat követően steril szike segítségével a kérget és az alatta található zöld színű osztódó szövetet eltávolítottuk, majd 1 gramm floém- és xilémszövet keveréket kapartunk le. Ezek feléből azonnal kivontuk az örökítő anyagot, a szövetek másik felét

pedig -20 °C-on hűtve tároltuk arra az esetre, ha a totál nukleinsav (TNS) kivonást meg kellene ismételni.

A fás növényi szövetek TNS kivonása során Daire *et al.* (1997) protokollját alkalmaztuk (**M5. melléklet**) néhány módosítással. Az eredeti leírástól eltérően, kevesebb (0,5 g) növényi mintát használtunk fel, amelyhez arányosítva, kevesebb (4 ml) kivonó puffert adtunk. Továbbá a mintákat hosszabb ideig (50 percig) inkubáltuk 65 °C-on, amelyeket 10 percenként vortex-szel összekevertünk. A kivonás végén kinyert pelletet 50 µl 1xTE puffer oldatban (10 mM TRIS (2-amino-2-(hidroximetil)-propán-1,3-diol) pH 7,6; 1 mM EDTA (2,2',2'',2'''-(Etilén-diamin-tetraecetsav) tetraecetsav-dinátrium-só (pH 8)) szuszpendáltuk, majd az oldatok DNS koncentrációját spektrofotométerrel (NanoDrop 2000, Thermo Fisher Scientific) ellenőriztük. A minták DNS koncentrációját 150 ng/µl-re hígítottuk, majd a kivonatot -20 °C-on tároltuk a molekuláris vizsgálatig.

4.3.3. A '*Candidatus Phytoplasma prunorum*', a *Pseudomonas syringae* fajkomplex és a *Cytospora*-fajok molekuláris kimutatása és azonosítása

A molekuláris vizsgálatok során a kontamináció elkerülése érdekében minden esetben UV fénnel sterilizálható lamináris fülkében (Biobase, Biosafety cabinet: BSC-1100IIB2-X Class II A2), valamint szűrővel ellátott pipetta hegyekkel dolgoztunk.

Az apoplexia kórokozóinak kimutatását PCR, illetve nested-PCR segítségével végeztük. A reakció elegyek végtérfogata 50 µl volt, amely 3 µl TNS-t, 1 µl forward, 1 µl reverse primert 10 vagy 20 µM-os koncentrációban, 25 µl Dream Taq Green PCR Master Mix 2X elegyet (Thermo Scientific; **M6. melléklet**) és 20 µl steril vizet tartalmazott. Minden reakció során 2 pozitív és 2 negatív kontrollt használtunk. A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' fitoplazma kimutatás esetében pozitív kontrollként két olyan növényről származó mintát vontunk a kísérletbe, amely kivonásához a **4.2.2 fejezetben** említett Daire *et al.* (1997) által leírt prokolt használtuk és fitoplazma ('*Ca. Phytoplasma prunorum*') fertőzöttnek bizonyultak. A *P. syringae* komplex kimutatása során pozitív mintaként egy molekuláris genetikai módszerekkel azonosított *P. syringae* pv. *syringae* tenyészet örökítőanyagát használtuk, amelyet CTAB (Cetil-Trimetil-Ammonium-Bromid) módszerrel (Schwarczinger, szóbeli közlés; **M7. melléklet**) vontunk ki. A *Cytospora*-fajok kimutatásakor *Cytospora* gombatenyészetek CTAB módszerrel (Sambrook és Russell, 2001) kivont DNS-ét használtuk pozitív kontrollként. Negatív kontrollok esetén steril desztillált vizet használtunk a templát helyett.

A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' fitoplazma jelenlétének molekuláris kimutatása nested-PCR módszerrel történt. Az első PCR-t Eof / Eor (Mergenthaler, 2004) Apple proliferation csoport specifikus primer párral végeztük el. A második PCR során az első PCR-termékeit

hígítatlanul 1-1 µl mennyiségben alkalmaztuk templatokként az ECA1 / ECA2 (Jarausch *et al.*, 1998) a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozóra specifikus primer pár használata mellett (**M8. melléklet**). Mind az első, mind a második (nested) PCR-elegyeihez 1 µl 10 µM-os forward és 1 µl 10 µM-os reverse primert adtunk. A vizsgálatok során Mergenthaler (2004), illetve Jarausch *et al.* (1998) munkáiban közölt protokollokat követtük (**M9. melléklet**).

A *P. syringae* komplexbe tartozó kórokozók kimutatásához PCR eljárást alkalmaztunk két primer párral külön-külön PCR-ek során. Az egyik felhasznált primer pár a SyrB1 / SyrB2 (Sorensen *et al.*, 1998), míg a másik a Psy_F / Psy_R (Guilbaud *et al.*, 2015) volt (**M8. melléklet**). A PCR-elegyekhez 1 µl 10 µM-os forward és 1 µl 10 µM-os reverse primert adtunk. Az alkalmazott PCR kondíciók Sorensen *et al.* (1998), illetve Guilbaud *et al.* (2016) munkájában leírtakkal megegyezők voltak (**M9. melléklet**).

A *Cytospora*-fajok kimutatása során a PCR eljáráshoz a CtBTFF1 / CtBTFR1 (Luo *et al.*, 2017; **M8. melléklet**) primer párt alkalmaztuk, amelyek a *Cytospora*-fajokra specifikus indítószekvenciák. A PCR-elegyekhez 1 µl 20 µM-os forward és 1 µl 20 µM-os reverse primert adtunk. Az alkalmazott PCR kondíciók megegyeztek Luo *et al.* (2017) munkájában leírtakkal (**M9. melléklet**).

A polimeráz láncreakciókat egy GeneAmp 9700 PCR (Applied Biosystems) készülékkel végeztük el. A reakciók értékeléséhez a PCR-termékeket agaróz gélen futtattuk meg, amely GelRed Green (Biotium Inc.) festéket tartalmazott. A kimutatáshoz kórokozónként eltérő agaróz gél koncentrációt és eltérő méretű markereket (Thermo Fisher Scientific) alkalmaztunk (**4. táblázat**). A célszekvenciákat UV transzilluminátorral (UVItec, Uvidoc HD6) tettük láthatóvá.

4. táblázat A vizsgálatok során felhasznált agaróz gél koncentrációk és markerek

Kimutatott kórokozó	Agaróz gél koncentrációja (%)	Marker típusa
' <i>Ca. Phytoplasma prunorum</i> '	1,5	100 bp Plus
<i>Pseudomonas syringae</i>	1	100 bp
<i>Cytospora</i> spp.	1,5	100 bp

A *Pseudomonas* és *Cytospora* kórokozók kimutatását követően mind a négy ültetvényből 3-3 pozitív eredményt adó mintát véletlenszerűen kiválasztottunk és azok esetében a keletkezett PCR-termék bázissorrendjét meghatároztattuk. A kiválasztott minták PCR-termékeit High Pure PCR Product Purification Kit (Roche) segítségével tisztítottuk ki, majd a DNS koncentrációikat spektrofotométerrel ellenőriztük (NanoDrop 2000, Thermo Fisher Scientific). A PCR-termékek nukleotid sorrendjének meghatározásához a BaseClear B.V. cég Barcode Sequencing szolgáltatását vettük igénybe, amely során Sanger-féle direkt szekvenálást alkalmaztak (Sanger és Coulson, 1975). A mintáinkkal legnagyobb azonosságot mutató NCBI (National Center for

Biotechnology Information) GenBank-ban található szekvenciák meghatározására a BLAST-elemzést használtuk (NCBI, 2023). A nukleotidok korrekcióját a CLC Sequence Viewer programban (v. 8.0; Qiagen, Németország; digitalinsights.qiagen.com) hajtottuk végre. Az ehhez szükséges kromatogram fájlok megjelenítését a Finch TV (v. 1.4.0; Geospiza, USA; <https://finchtv.software.informer.com>) programmal végeztük el. Valamint a leolvasási hibák manuális korrekciójához a mintáinkkal legnagyobb azonosságot mutató GenBank szekvenciákat is megvizsgáltunk.

4.3.4. A tünetek megjelenése és a kórokozók jelenléte közötti kapcsolat statisztikai vizsgálata

Az adatok statisztikai elemzését az R statisztikai programmal (v. 4.1.2; R core Team, 2023) végeztük. A mintázott fák tünet megjelenésének és a minták fertőzöttségének kapcsolatát általánosított lineáris kevert modell (Generalized Linear Mixed Model binomiális hibataggal korrigálva, GLMM-b) segítségével vizsgáltuk a függő változó (tünetmegjelenés: nincs / van) bináris megjelenése miatt. A modell magyarázó változói az alábbiak voltak: vizsgált kórokozók általi fertőzöttség (diszkrét; 0: nem fertőzött, 1: fertőzött), a fás minták gyűjtésének ideje (diszkrét), a mintázott fa fajtája (faktor) és az ültetvény helyszíne (faktor). Az azonos ültetvényből származó minták összetartozóknak tekinthetők, mert az ültetvényeken belül ugyanazok a környezeti- és termesztési körülmények hatnak az egyes fákra. Erre a hatásra úgy korrigáltunk a modellben, hogy az ültetvény egyedi azonosítóját random faktorként építettük be a modellbe. Az egyes tényezők szerepét a valószínűségi hányados teszttel (likelihood ratio teszt, LRT) vizsgáltuk.

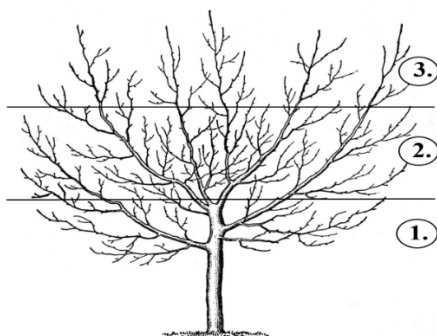
A tünetmegjelenés és a kimutatott, vizsgált kórokozók kapcsolatát szintén GLMM-b modellel teszteltük. Ebben az elemzésben is a tünetmegjelenése (tünetmegjelenés: nincs / van) volt a függő változó, míg magyarázó változóként a kimutatott kórokozó (faktor; 'Ca. *Phytoplasma prunorum*'; *P. syringae*; *Cytospora* sp.; *Cytospora* sp. + *P. syringae*; 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' + *P. syringae*; 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' + *P. syringae* + *Cytospora* sp.), a minta gyűjtésének ideje (diszkrét), a mintázott fa fajtája (faktor) és az ültetvény helyszíne (faktor) kerültek a modellbe. A korábbi modellhez hasonló okokból az ültetvényi azonosító random faktorként szerepelt a modellben. Ebben az esetben is LRT tesztet alkalmaztunk.

4.4. Faiskolai szaporítóanyag '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' fertőzöttsége és a kórokozó vegetatív terjeszthetősége

4.4.1. A kórokozó kimutathatóságának vizsgálata a vegetációs, illetve nyugalmi időszakban

A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozó kimutathatóságának vizsgálatához a pomázi ültetvényben (4.1. fejezet) négy olyan kajszifát jelöltünk ki, amelyek jelentős vesszőprodukcójuk miatt szaporítóanyag előállítás során faiskolai anyafaként hasznosíthatók lettek volna. A könnyebb azonosíthatóság érdekében a továbbiakban anyafákként hivatkozunk ezekre a fákra. A kijelölt anyafákról 1–2 éves, 20 centiméter hosszú, fás növényi mintákat gyűjtöttünk a korona több szintjéről. Három anyafa esetében 3, egy anyafánál a korona mérete miatt csak 2 mintázási pontot alkalmaztunk eltérő magasságokban (2. ábra). A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozó kimutatásához az alábbi hónapokban szedtünk mintákat:

- 2015 – december
- 2016 – január, március, április, május, június, szeptember, október, december
- 2017 – január, február, március, április



2. ábra Az anyafák vizsgálatokor alkalmazott mintázási pontok: 1.) alsó-, 2.) középső-, 3.) felső szint

A fás növényi minták csomagolása, tárolása és feldolgozása a 4.3.1.-4.3.2. fejezetben leírtak szerint történt, majd a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozó jelenlétét a 4.3.3. fejezetben részletezett módszerrel vizsgáltuk.

4.4.2. A kórokozó faiskolai szaporítás során történő átvitelének vizsgálata

A kísérlethez 2015 februárjában egy kisvejei termő ültetvény több fáját 3-3 ponton mintáztuk a 4.3.1. fejezetben leírtak szerint. A minták feldolgozását követően (4.3.2. fejezet), azokon '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozó kimutatását célzó nested-PCR-t hajtottunk végre (4.3.3. fejezet). A fertőzött és a nem fertőzött fákból egy-egy azonos fajtájút ('Bergeron') jelöltünk ki. Ezekről a fákról májusban szemzővesszőket gyűjtöttünk. A kísérlethez magról szaporított, a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' vektora ellen kémiai növényvédelemben részesített

'Myrobalan' alanyokat használtak fel. A „chip” szemzéses eljárást egy dászcentmiklósi faiskolában szakemberek végezték el számunkra 2015 májusában. A fertőzött fáról származó szemzővesszőkkel 4 ismétlésben, 25-25 alanyon hajtottak végre szemzést, 1-1 szempajzzsal. A kontroll facseteték létrehozásához szintén 4 ismétlésben 25-25 alanyt szemeztek be az egészséges fáról származó szemzővesszőkkel. A létrehozott facseteteket *Cacopsylla pruni* vektor ellen irányuló inszekticides kezelésekben részesítették.

2016 augusztusában valamennyi facseteténél szemléztük a módszerek sikerességét és a növények egészségi állapotát is. Ekkor a fertőzött szemzővesszővel előállított (életben maradt) facseteték mindegyikéről (54 darab) gyűjtöttünk mintát. A negatív kontroll (életben maradt) növényekről pedig véletlenszerűen, összesen 40 mintát szedtünk. A begyűjtött egy éves, 20–30 centiméteres fás mintákat 4 °C-on tároltuk feldolgozásukig. A mintákat két hét alatt dolgoztuk fel.

4.4.3. Kereskedelemről származó facseteték fitoplazma fertőzőttségének vizsgálata

Vizsgáltuk a 'Ca. Phytoplasma prunorum' szaporítóanyaggal történő terjedésének jelentőségét egy éves kajszi facseteteken, több alany-nemes kombinációban. A 2015-ös és 2016-os év tavaszi időszakában faiskolai árudákból származó 151 facsetetéről az ültetésük előtt fás mintákat gyűjtöttünk. A nemes részéről 141, a gyökér részéről 109 darab mintát gyűjtöttünk (5. táblázat). Az egy éves, 10–20 centiméter hosszú vessző- és a 10 centiméteres gyökér darabokat a 4.3.1.-4.3.2. fejezetben leírtak szerint csomagoltuk és dolgoztuk fel. A gyökér minták esetében az előkészítést vízben történő mosással egészítettük ki a talajmaradványok eltávolítása céljából. A mintákban a 'Ca. Phytoplasma prunorum' jelenlétét a 4.3.3. fejezetben feltüntetett molekuláris módszerrel vizsgáltuk meg.

5. táblázat 'Candidatus Phytoplasma prunorum' kórokozóra molekuláris módszerrel vizsgált faiskolai facseteték alany – nemes kombinációi és a begyűjtött minták darabszámának megoszlása a növényi rész szerint

Alany-nemes kombináció	Mintázott nemes rész (db)	Mintázott alany rész (db)
'Myrobalan'-'Gönci magyar kajszi'	30	30
'Myrobalan'-'Bergerouge'	10	10
'Myrobalan'-'Ceglédi piroska'	10	10
'Myrobalan'-'Ceglédi bíbor'	9	9
'Myrobalan'-'Harcot'	52	20
'Myrobalan 29C'-'Pinkcot'	10	10
'St. Julien'-'Kioto'	10	10
'Wavit'-'Bergeval'	10	10

4.5. A *Cacopsylla* egyedekkel kapcsolatos vizsgálatok

4.5.1. *Cacopsylla* egyedek gyűjtése

A 2015-ös és 2016-os év vegetációs időszakaiban, márciustól júniusig (**M10. melléklet**) gyűjtöttük a levélbolhákat. Rendszeres gyűjtéseket csak a **4.1. fejezetben** említett pomázi kajsziültetvényben hajtottunk végre, míg a soroksári és sóskúti gyümölcsösökben csak kiegészítő jellegű gyűjtéseket végeztünk. Ezeket minden esetben kopogtatásos módszerrel hajtottuk végre. A két év vizsgálati időszakai alatt a sóskúti ültetvényben 3-3, míg a pomázi gyümölcsösben 1-1 rovarölő szeres kezelést végeztek. A soroksári kajszisban nem alkalmaztak inszekticides permetezést (**M11. melléklet**). A gyűjtéseket befolyásolták az időjárási körülmények is: a szeles, esős napokon kevesebb levélbolhát tudtunk gyűjteni, mint napos, szélcsendes időben. Gyűjtési alkalmanként mindegyik területen 20-20 véletlenszerűen kiválasztott kajszifáról ('Myrobalan' alanyon), 5-5 kajszifa sarjhajtásáról (csak kevés fánál fejlődött sarj) és az ültetvények közvetlen közelében található 5-5 kökénnyről (*Prunus spinosa*) gyűjtöttünk levélbolha egyedeket. Minden gyűjtési alkalomkor a pomázi területen egy nagyméretű egybibés galagonyán (*Crataegus monogyna*), míg Érden és Sóskúton 5-5 kisebb galagonyán végeztünk kopogtatást. Pomázon és Sóskúton 5-5 darab szilvafán évente 4, illetve 5 alkalommal hajtottunk végre kiegészítő gyűjtéseket. Egy alkalommal a nyugalmi időszakban (2017 novemberében) is végeztünk gyűjtést a soroksári ültetvény mellett lévő fenyőféléken (*Abies* sp., *Picea* sp., *Pinus* sp.). A kopogtatásokat 20 fán végeztük el. A vizsgálatokba bevont fáknál 1-1 ágat, a bokroknál 1-1 kisebb részt választottunk ki, majd ezekre két egymást követő ütést mértünk. A kopogtató ernyőbe leeső levélbolhákat külön-külön mikrocentrifuga csövekbe gyűjtöttük, amelyekbe később 70%-os etanolt pipettáztunk. Az egyedeket szobahőmérsékleten tároltuk a feldolgozásukig.

4.5.2. A begyűjtött *Cacopsylla* egyedek azonosítása, össznukleinsav kivonása és a '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' fertőzöttségének kimutatása

A begyűjtött levélbolha imágókat először morfológiai módszerrel vizsgáltuk meg. Ennek során az egyedek tulajdonságait sztereomikroszkóp (Olympus CX21) segítségével figyeltük meg, majd kétfelé ágazó (*syn.*: hagyományos) határozókulcs (Ossiannilsson, 1992; Burckhardt és Jarausch, 2007a, b) alapján határoztuk meg a levélbolhák faji és nemi hovatartozását.

A molekuláris vizsgálathoz a levélbolhák örökítőanyagát a 'Doyle and Doyle' tisztítási módszer (Doyle, 1990) segítségével vontuk ki, amelyben módosítást hajtottunk végre. Az eredeti protokollban szereplő 100 µl kivonó puffer helyett 200 µl oldatot használtunk fel mintánként (**M12. melléklet**). A kapott pelletet újrassuszpendáltuk 30 µl 1x TE pufferben. Az oldat DNS koncentrációját spektrofotométerrel (NanoDrop 2000) mértük meg, majd 100 ng/µl-re hígítottuk ki. A kivonatokat -20 °C-on tároltuk felhasználásukig.

A levélbolhákban a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' jelenlétének azonosítását a **4.3.3. fejezetben** leírtak szerint végeztük el.

A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozót hordozó *Cacopsylla pruni* és *C. crataegi* egyedek faji hovatartozását PCR-t követő restrikciós vizsgálattal (PCR-RFLP módszer) állapítottuk meg, amely vizsgálatot Oetl és Schlink (2015) munkája alapján hajtottunk végre. A *C. crataegi* egyedek esetében ezen felül Sanger-féle direkt szekvenáltatást (Sanger és Coulson, 1975; BaseClear, Hollandia) követő szekvenciaanalízissel is meghatároztuk a fajukat. Az ezekhez szükséges PCR-termékeket 75 µl végtérfogatú elegyekkel (**4.3.3. fejezet**) állítottuk elő, amelyekhez 1,5 µl 20 µM-os VPM_COI_F2 és 1,5 µl 20 µM-os VPM_COI_R4 primert (Oetl és Schlink, 2015; **M8. melléklet**) adtunk. A polimeráz láncreakciót egy GeneAmp 9700 PCR (Applied Biosystems) készülékkel végeztük el. Az alkalmazott PCR kondíció megegyezett Oetl és Schlink (2015) munkájában leírtakkal (**M9. melléklet**). Az RFLP eljárás során *TaqI* FastDigest típusú restrikciós endonukleázzal (Thermo Fisher Scientific) emésztettük a PCR-termékeket. Oetl és Schlink (2015) munkája alapján a *TaqI* enzimmel történő emésztés során a *C. pruni-1* (593bp + 208bp) és *C. pruni-2* (419bp + 364bp + 19bp) változatoknál jól elkülöníthető hosszúságú fragmentumok, míg a *C. pruni-1* és a *C. crataegi* (593bp + 190bp + 19bp) esetében igen hasonló méretű szakaszok keletkeznek. Ezért az ilyen egyedek vizsgálatakor a pontos, fajszerű meghatározáshoz az *AhlI* enzimmel (Thermo Fisher Scientific) történő emésztést is el kell végezni. Ennek során már különböző számú és méretű fragmentum keletkezik a *C. pruni-1* (362bp + 247bp + 134 bp + 37bp + 21bp) és a *C. crataegi* (684bp + 91pb + 21bp) fajoknál (Oetl és Schlink, 2015). A reakciók értékeléséhez a fragmentumokat 2%-os agaróz gélen futtattuk meg, amely GelRed Green (Biotium Inc.) festéket tartalmazott. A fragmentumokat UV transzilluminátorral (UVItec, Uvidoc HD6) tettük láthatóvá és méretüket 100 bp kiosztású marker (Thermo Fisher Scientific) segítségével határoztuk meg.

A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozót hordozó *C. crataegi* minták VPM_COI primer párokkal felszaporított nukleotid szekvenciáit Sanger-féle direkt szekvenáltatással határoztattuk meg. A GenBank-ban BLAST elemzéssel (NCBI, 2023) kerestük meg a legnagyobb azonosságot mutató szekvenciákat. A kromatogram fájlok további feldolgozása az Unipro Ugene v38.0 (Okonechnikov *et al.*, 2012) programmal történt. A szekvenciák illesztését a legnagyobb azonosságot mutató GenBank szekvenciához végeztük, a Trimming quality threshold-ot 0-ra, a Mapping min. similarity-t pedig 50%-ra állítottuk be. Ezután a szekvenciáinkat manuálisan javítottunk és azokat feltöltöttük az NCBI génbankba. A szekvenciák restrikciós enzimek általi hasíthatóságát a CLC Sequence Viewer programmal (v. 8.0; Qiagen, Németország; digitalinsights.qiagen.com) is megvizsgáltuk.

A begyűjtött *C. pruni* egyedek biotípusát Peccoud *et al.* (2013) munkája alapján PCR eljárással határoztuk meg. A vizsgálathoz felhasználható három indítószekvencia készletből a 2-es (CpA50F, CpB350F, Cp480R) és a 3-as (Cp135F, CpA425R, CpB315R) elnevezésű primer szettet alkalmaztuk (Peccoud *et al.*, 2013; **M8. melléklet**). A PCR elegyek végtérfogata 50 µl volt, amely 3 µl TNS-t, primer szettenként 1-1-1 µl 20 µM koncentrációjú indítószekvenciákat, 25 µl Dream Taq Green PCR Master Mix 2X elegyet (Thermo Scientific; **M6. melléklet**) és 20 µl steril vizet tartalmazott. A PCR során Peccoud *et al.* (2013) által közölt protokollt alkalmaztuk (**M9. melléklet**). A polimeráz láncreakciót a GeneAmp 9700 PCR (Applied Biosystems) készülékkel végeztük el. A reakciók értékeléséhez a PCR-termékeket 2%-os agaróz gélen futtattuk meg, amely GelRed Green (Biotium Inc.) festéket tartalmazott. A célszekvenciákat UV transzilluminátorral (UVItec, Uvidoc HD6) tettük láthatóvá és méretüket 100 bp kiosztású marker (Thermo Fisher Scientific) segítségével határoztuk meg.

4.5.3. A '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' kórokozót hordozó *Cacopsylla crataegi* egyedek filogenetikai és rekombinációs vizsgálata

A fertőzött *C. crataegi* egyedek szekvenciáit más GenBank szekvenciákkal (**M13. melléklet**) összehasonlítottuk, majd filogenetikai és rekombinációs elemzéseket végeztünk velük a MEGA X (v. 1.6) program (Kumar *et al.*, 2018) segítségével. Először ClustalW (Larkin *et al.*, 2007) illesztést végeztünk a program alapbeállításával, majd megkerestük a legmegfelelőbb nukleotid helyettesítési modellt. A Bayes-féle információs kritérium (BIC) alapján a legalacsonyabb pontszámú modellt választottuk ki (Nei és Kumar, 2000). Ezzel a modellel egy Maximum Likelihood (ML, legnagyobb valószínűség) filogenetikai törzsfát építettünk (Felsenstein, 1981; Guindon és Gascuel, 2003), amely megbízhatóságát a Bootstrap módszerrel (Felsenstein, 1985) teszteltük, 1000-szeres ismétléssel.

A rekombinációk felderítését az RDP (v. 4.98) (Martin *et al.*, 2015, 2017) programmal végeztük a következő paraméterekkel: a szekvenciák lineárisak, a legmagasabb elfogadható P-érték 0,05 (Bonferroni-korrektúrával). Azt a rekombinációs eseményt, melyet háromnál kevesebb módszer azonosított, elutasítottuk.

4.5.4. A begyűjtött *Cacopsylla* egyedekkel kapcsolatos statisztikai vizsgálatok

A *C. pruni* és a *C. crataegi* egyedek növényfajonkénti előfordulásának összehasonlításához Z-tesztet alkalmaztunk. A két levélbolha fajon belül a fitoplazma-pozitív hím és nőstény egyedek arányait Fisher-féle egzakt teszttel hasonlítottuk össze. A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozót hordozó *C. pruni* és a *C. crataegi* egyedek mennyiségét szintén Fisher-féle egzakt teszttel hasonlítottuk össze. A statisztikai elemzéseket az R program (v. 4.1.2) környezetben futtattuk (R Core Team, 2023).

4.5.5. A begyűjtött *Cacopsylla*-fajok tápnövényeinek '*Candidatus* Phytoplasma prunorum' fertőzöttségi vizsgálata

Több növényfaj '*Ca. Phytoplasma prunorum*' fertőzöttségét is megvizsgáltuk, amelyekről levélbolhát tudtunk gyűjteni. A **4.3.1. fejezetben** említett kajszifák nemes része mellett, kajszifák alansarjhajtásairól ('Myrobalan'), valamint kökényről és egybibés galagonyáról is gyűjtöttünk mintákat. Utóbbi két növényfajhoz tartozó növények az ültetvények melletti természetes növénytársulásokban voltak megtalálhatók. 2015 októberében Pomázon 5 kajszi gyökérsarjhajtásáról, 5 kökény és 1 egybibés galagonya növényről, a másik két ültetvényben pedig a kajszifák alansarjhajtásairól, a kökény- és az egybibés galagonya bokorokról 5-5 mintát gyűjtöttünk. A kiválasztott növényekről 20 centiméter hosszú, körülbelül 1 centiméter átmérőjű fás részeket vágunk le ágvágó segítségével. A mintákról a leveleket leszedtük és címkével ellátva nejlonzacskóba helyeztük. Feldolgozásukig 4 °C-on tároltuk.

A begyűjtött növényi mintákat **4.3.2. fejezetben** leírtak szerint dolgoztuk fel. Ezekből a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kimutatását a **4.3.3. fejezetben** leírtak szerint végeztük el.

4.6. A *Cytospora*-fajok izolálása és a *C. sorbicola* elleni védekezési vizsgálatok

4.6.1. Mintagyűjtés és a *Cytospora* kórokozók izolálása

A négy kajsziültetvényben (**4.1. fejezet**) 2015-ben és 2016-ban, olyan tünetes fákat kerestünk, amelyeken megtaláltuk a *Cytospora* gombafajokra jellemző pszeudopiknídium szaporítóképleteket, vagy rákos sebeket figyeltünk meg az ágakon, vesszőkön (Willison, 1936; Biggs és Grove, 2005; Fan *et al.*, 2015b). A vizsgálat során 15 kajszifajtáról gyűjtöttük be az izolátumainkat (**M14. melléklet**).

A fás részeket, amelyeken pszeudopiknídiumok képződtek, néhány centiméteres részekre daraboltuk fel, majd nedveskamrában (10 °C-on, sötétben) inkubáltuk, hogy elősegítsük a konídiumok képződését. A pszeudopiknídiumokból előtörő friss konídiummasszából egykonídiumos tenyészeteket hoztunk létre malátakivonat agar (malt extract agar, MEA) táptalajon. A rákos sebek esetében a fás részekről eltávolítottuk a kéregrészt, majd a beteg és egészséges xilémszövetrészek határáról (élő részről) szövetmintát vettünk és MEA táptalajra leoltottuk. Ezekből tiszta tenyészetet hoztunk létre. Az izolátumok nevelését és tárolását 25 °C-os hőmérsékleten, megvilágítás nélküli fitotronban végeztük.

4.6.2. A *Cytospora* tenyészetek molekuláris azonosítása

Az általunk izolált tenyészetekből Surve-Iyer *et al.* (1995) és Willison (1936) munkái alapján szemrevételezéssel kiválasztottuk azokat, amelyek *Cytospora*-fajokra jellemző

tenyészetmorfológiával (vizsgált tulajdonságok: alak, szín, telepszél, felület, légmicélium és termőtestek képződése) rendelkeztek.

A tenyészetek molekuláris azonosításához CTAB módszer (Sambrook és Russell, 2001; **M15. melléklet**) segítségével DNS kivonást végeztünk. A kivont TNS-eket 50 µl 1x TE puffer oldatban visszaoldottuk, majd koncentrációjukat spektrofotométerrel (NanoDrop 2000, Thermo Fisher Scientific) állapítottuk meg. A minták DNS koncentrációját 50 ng/µl-re hígítottuk és a *Cytospora*-fajok jelenlétét PCR technikával vizsgáltuk. A vizsgálatához pozitív kontrollként két darab előzetesen már azonosított *Cytospora* izolátum örökítőanyagát használtuk fel. A negatív kontrollhoz (2 darab) pedig desztillált vizet használtunk templátként. Az izolátumok azonosításához az ITS2 régiót és a β -*tubulin* gént vizsgáltuk meg. A PCR eljárásokhoz a **4.3.3. fejezetben** említett PCR elegyet mértük össze. A két primer párt külön-külön alkalmaztuk. Az ITS2 régió vizsgálata során 1-1 µl (20 µM koncentrációjú) ITS5 és ITS4 (White *et al.*, 1990; **M8. melléklet**) primert adtunk a PCR elegyhez. Az eljárás során White *et al.* (1990) által leírt PCR kondíciókat alkalmaztuk (**M9. melléklet**). A β -*tubulin* gén vizsgálatakor 1 µl 20 µM-os CtBTFF1 forward és 1 µl 20 µM-os CtBTFR1 reverse primert (Luo *et al.*, 2017; **M8. melléklet**) adtuk a PCR elegyhez. Az eljárást Luo *et al.* (2017) munkájában megadott protokoll szerint hajtottuk végre (**M9. melléklet**). Az ITS2 régió és a β -*tubulin* gén szekvenciáinak felszaporítását célzó polimeráz láncreakciókat GeneAmp 9700 PCR (Applied Biosystems) készülékkel végeztük el. Az értékeléséhez a PCR-termékeket 2%-os agaróz gélen futtattuk meg, amely GelRed Green (Biotium Inc.) festéket tartalmazott. A célszekvenciákat UV transzilluminátorral (UVItec, Uvidoc HD6) tettük láthatóvá és méretüket 100 bp kiosztású marker (Thermo Fisher Scientific) segítségével határoztuk meg.

Mind az ITS2 régióra, mind a β -*tubulin* génre irányuló vizsgálatokban a megfelelő hosszúságú amplitonnal rendelkező mintákból 45-45 µl PCR-terméket High Pure PCR Product Purification Kit (Roche) segítségével tisztítottunk, majd ezek bázissorrendjét Sanger-féle szekvenálással határoztattuk meg (Sanger és Coulson, 1975; BaseClear, Hollandia). A nukleotidok korrekcióját a CLC Sequence Viewer programban (v. 8.0; Qiagen, Németország; digitalinsights.qiagen.com) hajtottuk végre. A leolvasási hibák javításához a szekvenciák kromatogramjait használtuk fel. A kromatogram fájlokat a Finch TV (v. 1.4.0; Geospiza, USA; <https://finchtv.software.informer.com>) programmal jelenítettük meg. Ezután BLAST-elemzést használtunk a kapott szekvenciáinkkal legnagyobb azonosságot mutató GenBank-ban található szekvenciák meghatározására (NCBI, 2023).

4.6.3. A növénykondicionálás kezelések *Cytospora sorbicola* által okozott szövetváltozásokra és -elhalásokra gyakorolt hatásának vizsgálata

A kajszifák *C. sorbicola* kórokozóval történő mesterséges fertőzését két vizsgálati részre osztottuk. Az első részben (előzetes, tenyészedényes vizsgálat) felmértük, hogy a kórokozó patogén-e a kajszira, illetve van-e hatása az Amalgerolos kezeléseknek a kialakuló nekروزisokra. A második részben (szabadföldi kísérlet) már többféle növénykondicionáló kezelés hatását mértük fel és több fertőzési pontot is alkalmaztunk. Ezzel egy intenzív tápanyagutánpótlásban részesített, erős fertőzési nyomásnak kitett ültetvényt szimuláltunk. A vizsgálatokat csak akkor tekintettük sikeresnek, ha teljesültek a Koch-posztulátumok.

4.6.3.1. A tenyészedényes fák elvégzett kísérlet körülményei és beállítása

Az előzetes kísérletet 2014 és 2015 között végeztük el. A vizsgálathoz 2014. 11. 03-án 9 darab 'Myrobalan'-'Harcot' alany-nemes kombinációjú facsemetét 10 literes műanyag konténerekbe ültettünk. A facsemetéket rendszeresen öntöztük, a téli fagyok ellen pedig lombtakarással védtük.

A mesterséges fertőzéshez a korábban izolált és azonosított (4.6.1. és 4.6.2. fejezet) *C. sorbicola* G3s izolátumot választottuk ki (M16 és M17. melléklet). Ebből MEA táptalajon több tenyészetet is létrehoztunk, amelyeket a leoltásukat követő 7. napon használtunk fel a fák fertőzéséhez.

A 9 facsemetét három csoportra osztottuk fel az alábbiak szerint: nem fertőzött, kezeletlen kontroll; fertőzött, kezeletlen kontroll; fertőzött, növénykondicionálóval kezelt növények. A növénykondicionálóval kezelt fákat 1,0 %-os töménységben Amalgerollal (Nébih, 2023a; M18. melléklet) öntöztük be 4 alkalommal (M19. melléklet). A készítményt 5 liter vízben oldottuk fel. A kezelések során a két kontroll csoport csak vizes beöntözésben részesült.

A facsemeték fertőzéséhez, illetve kórokozó nélküli sebzéséhez egy korábbi vizsgálatot vettünk alapul, amelyben kajszifákat *C. cincta* kórokozóval mesterségesen fertőztek (Rozsnyay, 1977a). A fertőzéseket, illetve sebzéseket 2015. 01. 21-én hajtottuk végre. A facsemeték fertőzése (fertőzött, kezeletlen kontroll; fertőzött, növénykondicionálóval beöntözött) során a törzsükből az oltási pontjaik fölött 10 cm-rel 7 mm széles kéregdarabot és az alatta található floém egy részét (összesen 3–4 mm mélyen) dugófúróval távolítottuk el. Az így keletkezett lyukakba egy, a kiválasztott izolátum micéliumával átszőtt, 7 mm-es agarkorongot helyeztünk, a micéliumos oldalával befelé. Ezt követően a korábban eltávolított kéregkoronggal lezártuk a sebet, majd parafilmmel rögzítettük a törzshöz (3. ábra). A nem fertőzött kontroll fákon szintén 7 mm-es dugófúróval végeztünk kéreg és floém feltárást, de ebben az esetben csak steril agarkorongot helyzetünk a sebekre. A sebek lezárása a fertőzött fáknál leírtakkal megegyező módon történt.



3. ábra Tenyészedényes oltványok mesterséges fertőzése (Foto: Kiss)

Jelmagyarázat: A.) kéregdarab eltávolítása dugófűrővel, B.) micéliummal átszőtt agarkorong beillesztése, C.) kéregdarab visszahelyezése, D.) seb lezárása parafilmmel.

4.6.3.2. A szabadföldi fákon elvégzett kísérlet körülményei és beállítása

A sós-kúti területen (4.1. fejezet) 2015. 03. 25-én 28 darab 'Myrobalan' alanyra szemzett 'Harcot' fajtájú kajszit 6 x 4 méteres sor- és tőtávolságra telepítettük el. Telepítéskor minden oltvány gyökérzetét Manzate 75 DF (hatóanyag: mankoceb) és Champion WG (hatóanyag: rézhidroxid) fungicidet tartalmazó agyagpépbe mártották, hogy a gyökéren keresztül a növénybe jutó kórokozók fertőzését megakadályozzák. A talajlakó kártevők ellen Force 1,5 G (hatóanyag: teflutrin) inszekticidet juttattak ki az ültetőgödörbe. A kísérleti ültetvényben öntözőrendszer nem volt. A facsemeték alakító metszése során váza koronaformát alakítottunk ki. Az ültetvény konvencionális, kémiai növényvédelemben részesült.

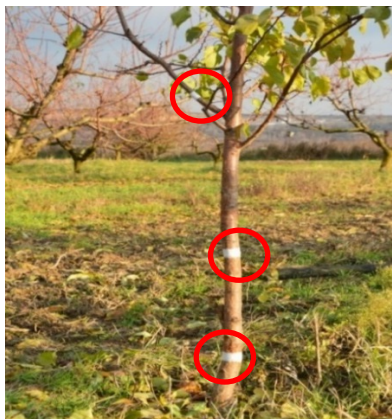
A vizsgálat során két növénykondicionáló készítmény *C. sorbicola* elleni hatását mértük fel kajszin. A felhasznált készítmények az Alginure és az Amalgerol volt (Nébih, 2023a; **M18. melléklet**). A készítményeket külön-külön és együttesen is kijuttattuk. A 18 fertőzött, növénykondicionálós kezelést kapó fa mellett 6 fertőzött, de növénykondicionálóval nem kezelt és 4 nem fertőzött, nem kezelt kontroll fát is értékeltünk:

1. fertőzött, kezelt fák (összesen 18 darab)
 - a. 1,0%-os Amalgerollal beöntözött fák (6 darab),
 - b. 0,5%-os Alginure-ral permetezett fák (6 darab),
 - c. 1,0%-os Amalgerollal beöntözött és 0,5%-os Alginure-ral permetezett (6 darab),
2. fertőzött, nem kezelt kontroll fák (6 darab),
3. nem fertőzött, nem kezelt kontroll (4 darab).

A fertőzés előtt 2 vegetációs időszakon keresztül, a fertőzés után pedig további 1 vegetációs időszakon át kezeltük a fákat (**M20. melléklet**). Ezek során a beöntözéseket minden második héten, a permetezéseket pedig minden negyedik héten végeztük el. Ugyan ezekben az időpontokban a két kontroll csoport fái növénykondicionáló nélküli vizes beöntözésben és permetezésben részesültek.

A kajszikon 2016. 11. 22-én a **4.6.3.1. fejezetben** leírt módszer szerint végeztük el a kéreg feltárásokat és a fertőzéseket, azonban ebben az esetben már három különböző ponton (**4. ábra**) hajtottuk végre az eljárást:

- törzsön a gyökérnyak felett 10–15 cm-rel,
- törzsön a gyökérnyak felett 50–60 cm-rel,
- korona első 2–3 cm átmérővel rendelkező ágán, a törzstől nagyjából 10 cm-re.



4. ábra Az alsó, a középső és a felső fertőzési, illetve sebzési pontok elhelyezkedései a vizsgált fákön (**Foto: Kiss**)

A fertőzésekhez, a tenyészedényes kísérlettel megegyezően, a *C. sorbicola* G3s izolátumot használtuk (**M16 és M17. melléklet**).

4.6.3.3. A tenyészedényes és szabadföldi fákön elvégzett mesterséges fertőzések értékelési időpontjai és módszerei

A tenyészedényes és a szabadföldi mesterséges fertőzéses kísérlet fáit 3-3 alkalommal felvételeztük a kiértékelés évében, amelyekre a tenyészedényes vizsgálatnál 2015. 04. 09-én, 08.27-én és 10.15-én, a szabadföldi vizsgálatnál pedig 2017. 05. 15-én, 07. 25-én és 09. 25-én került sor. Ekkor a sebzési pontokban és a környékükön kialakult tüneteket szemrevételeztük, a fertőzési pontokból kiinduló nektrózisok méreteit megmértük és az elpusztult fák számát feljegyeztük.

Mindhárom időpontban a következő tünetek megjelenését kerestük, illetve értékeltük a sebzéseknél és környékükön: mézgásodás, seb színe, seb környékének állaga (kemény vagy puha), seb típusa (nyílt vagy zárt), sebekhez közel kialakuló repedések megjelenése, termőtestek fejlődése, seb körüli sejtosztódás, lombozat állapota.

A nektrózisok méretét különböző szöveti mélységekben és irányokban mértük meg milliméterben:

- Az első felvételezéseknél a sebzések körül lévő kéreg részen, szabad szemmel észlelhető elváltozások szélességét és hosszát mértük le. Ezt követően szikével vékony rétegben eltávolítottuk a kérget, és az alatta található floém rész nekrózis nagyságát lemértük. A tenyészdedényes fáknál csak az elhalás hosszát, a szabadföldi kísérlet fájánál pedig a floém nekrózis szélességét és hosszát mértük le. Végül a sebet parafilmmel lezártuk.
- A második mérés során csak a floém részben megjelenő szöveti elhalást az első mérési időpontban elvégzett módszerrel megegyezően vizsgáltuk. A mérés során a tenyészdedényes fáknál az elhalás hosszát, a szabadföldi kísérlet fájánál pedig a floém nekrózis szélességét és hosszát jegyeztük fel. Ebben az esetben is parafilmmel zártuk le a vágási felületeket.
- Az utolsó mérési időpontban először a floém-ban található nekrózist, majd a xilém rész szöveti elhalását mértük le. A floém részben megjelenő szöveti elhalást az első mérési időpontban elvégzett méréssel megegyezően módon hajtottuk végre. A tenyészdedényes fáknál az elhalás hosszát, a szabadföldi fáknál pedig a floém nekrózis szélességét és hosszát jegyeztük fel. A xilém nekrózis lemeréséhez vágóeszközökkel teljesen eltávolítottuk a floém szövetet, illetve adott esetben a xilém egy kis részét addig, amíg meg nem találtuk benne a terjedő szövetelhalás végét. A tenyészdedényes és a szabadföldi fáknál is a xilém nekrózis hosszát mértük le. Szintén ekkor vizsgáltuk meg a sebzési pontban a nekrotizálódott rész mélységét a fa keresztmetszetében: a sebzési pontnál a törzset, illetve az ágat keresztben kettévágtuk, majd megmértük az így keletkezett felületen a nekrózis mélységét és szélességét, továbbá a fás rész teljes keresztmetszetét.

4.6.3.4. A tenyészdedényes és szabadföldi vizsgálatokban megjelent szövetelhalások statisztikai értékelése

A statisztikai elemzéseket az SPSS program (v. 25) környezetben futtattuk. (IBM, 2017). Azokban az esetekben, ahol rendelkezésre álltak a szöveti elhalások szélesség- és hosszúság értékei, ott területet számoltunk (mm^2), majd ezzel a számított értékkel végeztük el a statisztikai vizsgálatokat. A mérések során azt tapasztaltuk, hogy a sebzési pontoknál, vagy közvetlen mellettük volt a legszélesebb a nekrotikus folt, a fertőzési ponttól hosszirányban távolodva pedig egyre csökkent a szélesség, ezért megközelítőleg egy ellipszist tudtunk a nekrózisokra illeszteni. Emiatt a területek kiszámításánál az ellipszis területét vettük alapul ($\text{Terület} = \frac{\text{szélesség} \cdot \text{hosszúság} \cdot \pi}{4}$). A sebzési pontban nekrotizálódott rész mélységének vizsgálatakor a fás

rész keresztmetszetében mért szövetszűrlést a törzs-, illetve ág átmérőjéhez arányosítottuk. A kapott eredményeket keresztmetszeti hányadosként neveztük el.

Kéttényezős ANOVA-módszerrel vizsgáltuk egyrészt a tenyészedenyes kísérletnél a beöntözési kezeléseknek és a mérési időpontoknak a floém nekrosis hosszára gyakorolt hatását, másrészt a szabadföldi kísérletben a kezeléseknek és a fertőzési pontok helyzetének a kéregnekrosis méretére gyakorolt hatását. Háromtényezős ANOVA-val elemeztük a szabadföldi kísérlet esetében a kezeléseknek, a fertőzési pontok helyzetének és a mérési időpontoknak a floém nekrosis méretére gyakorolt hatását. Egytényezős MANOVA módszerrel vizsgáltuk a tenyészedenyes kísérletnél a kezelésnek a floémelhalás szélességére, a xilém nekrosis hosszúságára és a keresztmetszeti hányadosra gyakorolt hatását. Kéttényezős MANOVA módszerrel a szabadföldi kísérletnél a kezeléseknek és a fertőzési pontok helyzetének a xilém nekrosis méretére és a keresztmetszeti hányadosra gyakorolt hatását értékeltük.

Az adatok között talált kiugró értékek miatt a tenyészedenyes kísérletben a floém nekrosis hosszának adatainál winzorizálásra volt szükség (Dixon, 1960). Winzorizálást akkor végzünk, ha olyan valós (nem hibás mérésből fakadó) extrém kiugró adatunk van, mely egymaga nagyon torzítja az eredményeket, és nem kívánjuk eltávolítani azt az adatot, valamint transzformációval sem tudunk segíteni a problémán. Az ilyen adat homogén csoportjának az adatot nem figyelembe véve számolt átlagával és szórásával képezzük az átlag + 3*szórás értéket (ha kiugróan nagy értékről volt szó), illetve az átlag - 3*szórás értéket (ha kiugróan alacsony értékről volt szó), és ezzel helyettesítjük a kiugró értéket. Ilyenkor, megtartjuk az ilyen adatról azt az információt, hogy kiugróan magas (vagy alacsony) érték volt, ám az adat torzításának mértékét csökkentjük. Winzorizálást legfeljebb az adatok 0.1 %-ánál végzünk.

A hibatagok normalitásának teljesüléséhez az adatsorokon ezen kívül néhány esetben Box-Cox transzformációt végeztünk (Box és Cox, 1964).

Az $x > 0$ esetén a Box-Cox transzformációt a következőképpen definiáljuk:

$$x = \begin{cases} \frac{x^\lambda - 1}{\lambda} & \text{ha } \lambda \neq 0 \\ \ln(x) & \text{ha } \lambda = 0 \end{cases}$$

A normalitás eléréséhez szükséges optimális λ az alábbi kétváltozós függvény maximumával határozható meg:

$$f(x, \lambda) = -\frac{n}{2} \ln \left[\sum_{i=1}^n \frac{(x_i(\lambda) - \bar{x}(\lambda))^2}{n} \right] + (\lambda - 1) \sum_{i=1}^n \ln(x_i(\lambda))$$

ahol:

n = mintaelemszám

$\bar{x}(\lambda)$ = x átlaga.

Az alábbi esetekben végeztünk transzformációt: a tenyészedenyes kísérlet a kéregnekrózis területénél ($\lambda=0$), a szabadföldi kísérlet a kéregnekrózis területénél ($\lambda=0$), a szabadföldi kísérlet floém nekrózis területénél ($\lambda=0$), a szabadföldi kísérlet xilém nekrózis hosszánál ($\lambda=0,6$) és a szabadföldi kísérlet keresztmetszeti hányadosnál ($\lambda=0,4$). A tenyészedenyes kísérlet esetében a floém nekrózis hosszúságánál $1/x$ függvénnyel transzformáltuk az adatokat.

Feltételevizsgálatként szóráshomogenitás és normalitás vizsgálatot végeztünk. Minden statisztikai vizsgálat esetében Levene-próbával ellenőriztük a szóráshomogenitást ($p>0,05$). A hibatagok normalitását a szabadföldi kísérlet esetében a xilém nekrózis hosszánál d'Agostino teszttel ($p>0,001$), a szabadföldi kísérletben a floém nekrózis területénél a ferdeség és csúcsosság vizsgálatával (a nagy mintaelemszám mellett a ferdeség abszolútértéke 1, a csúcsosság abszolútértéke 2 alatt maradt), a többi esetben pedig Kolmogorov-Smirnov teszttel ($p>0,05$) ellenőriztük. A feltételek minden esetben teljesültek.

A Levene-teszt teljesülésétől függött, hogy milyen *post hoc* vizsgálatot vettünk figyelembe a homogén csoportok szétválasztásához. Abban az esetben, ha teljesült, akkor Tukey-féle *post hoc* tesztet, ha nem teljesült, akkor pedig Games-Howell-féle *post hoc* tesztet használtunk. Ez utóbbira a sóskúti kísérletben a floém nekrózis területénél, a xilém szövetelhalás hosszánál és a keresztmetszeti hányados vizsgálatánál volt szükség.

4.6.4. *Cytospora sorbicola* kórokozó elleni fungicid hatóanyagok hatásának vizsgálata

4.6.4.1. A vizsgálatban felhasznált kórokozó izolátumok és fungicidek

A kísérlethez a négy vizsgálati területről izolált *C. sorbicola* izolátumaink (4.6.1.–4.6.2. fejezet) közül egyet-egyét választottunk ki: E1s (Érd), E3s (Pomáz), G1s (Soroksár), C8s (Sóskút). Ezek az izolátumok gyorsabban nőttek be a 85 mm átmérőjű Petri-csészéket, mint az ugyanazokól az ültetvényekből származó más *C. sorbicola* izolátumok. A kiválasztott izolátumokból MEA táptalajon több tenyészetet is létrehoztunk, majd ezeket 7 nap növekedés után használtuk fel a vizsgálathoz.

A kísérletbe vont hatóanyagok kajszipan engedéllyel rendelkeztek a vizsgálat elvégzésének időpontjában és a leggyakrabban kijuttatott kontakt hatóanyagok közé tartoztak. A kiválasztott hatóanyagok (és készítmények) a következők voltak: tribázikus rézszulfát (Bordóilé Neo SC), réz+mankoceb (Cupertine M), tribázikus rézszulfát (Cuproxat FW), mankoceb (Dithane M 45), kaptán (Merpan 80 WDG), és rézhidroxid (Vitra rézhidroxid) (**M21. melléklet**). A két tribázikus rézszulfát esetében a különböző vivőanyag okozta hatáskülönbséget kívántuk felmérni. A két hatóanyagra a továbbiakban tribázikus rézszulfát-1 (Bordóilé Neo SC) és tribázikus rézszulfát-2 (Cuproxat FW) néven hivatkozunk. A kiválasztott fungicidek mindegyike kontakt hatással bír (Nébih, 2023b). A felhasználásuk során három koncentrációt (1000 l/ha permetlével számolva)

teszteltünk: engedélyezett felhasználási dózist (100%-os koncentráció), engedélyezett felhasználási dózis felére (50%-os koncentráció) és tizedére (10%-os koncentráció) hígított dózisát. A Cupertine M, a Cuproxat FW, a Merpan 80 WDG és a Vitra rézhidroxid növényvédő szereknél a felhasználási dózisokat intervallumban adták meg, ott a megadott maximum mennyiségben alkalmaztuk a készítményeket.

4.6.4.2. A kísérlet körülményei és beállítása

A *C. sorbicola* faj ellen a fungicidek hatását mérgezett agarlemezes módszer segítségével *in vitro* körülmények között vizsgáltuk meg. A kísérlethez mindegyik Petri-csésze (85 mm átmérőjű) alsó részére (külső oldalra) leoltást és mérést segítő egyenest húztunk úgy, hogy az áthaladjon a Petri-csésze középpontján, majd az egyenes közepére egy leoltási pontot jelöltünk ki. A gombaölő szerekből kimértük a 100%-os, az 50%-os és a 10%-os koncentrációkhoz szükséges mennyiségeket, majd a nehezen oldódó készítményeknél egy előzetes feloldást alkalmaztunk. Ennek során kis mennyiségű steril vízben oldottuk fel a felhasználni kívánt készítményt. Következő lépésben az előkészített növényvédő szereket 250 ml mennyiségű steril, kézmeleg MEA táptalajhoz adtuk hozzá, majd azokat elkevertük. A fungicides táptalajokat az egyenesekkel ellátott Petri-csészékbe kiöntöttük (20 ml / darab). A 6 gombaölő 3 dózisához kórokozó izolátumonként 10-10 mérgezett táptalajt, továbbá mindegyik izolátumhoz 10-10 hatóanyagot nem tartalmazó, kontroll táptalajt készítettünk. A táptalajok megszilárdulása után a kórokozó tenyészetek széléből származó micélium korongokat helyeztünk az agarlemezek közepére (a korábban kijelölt leoltási pontra). Az így elkészített Petri-csészéket parafilmmel lezártuk és feliratoztuk. A tenyészetek nevelése megvilágítás nélküli, 25 °C-os fitotronban történt.

4.6.4.3. A felhasznált fungicidek kórokozóval szembeni hatásának felmérése és értékelése

A fungiciddel kezelt és kezeletlen tenyészetek növekedését addig mértük, amíg az összes kórokozó kontroll tenyészet teljesen benőtte a Petri-csészéket. A mérések során a Petri-csészékre rajzolt segédegyenesekre vetítettük le a tenyészetek legszélesebb pontjait, majd ezeknek a pontoknak a távolságát jegyeztük fel. A méréseket 24 órás időközönként végeztük.

A növekedési ütemek egyes kezeléseknél élesen elkülönültek egymástól (az egyik növekedése szinte teljesen befejeződött, mikor a másiké még csak elkezdődött). Ezért a kezelések hatásának pontosabb megismeréséhez az adatokat két részre bontottuk. A tenyészetek növekedésének kezdetétől függően egy „korai” és egy „késői” értékelési csoportot hoztunk létre. Amikor a kontroll tenyészetek többsége benőtte a Petri-csészéket, az azokból származó sok egyező érték miatt a normalitás, szóráshomogenitás és szfericitás feltételek nem teljesültek. Ha

ezek a napokon elhagytuk a kontroll kezelésnél mért növekedést, akkor a korábbi napoknál is figyelmen kívül kellett volna hagynunk. Ezért a korai vizsgálati csoportra vonatkozó értékeléseket a kontroll tenyészetek teljes kifejlődését megelőző napig végeztük el. A „késői” értékelési csoportban a pontosabb értékelés miatt nem vettük figyelembe a kontroll tenyészetek értékeit. Ezek jóval fejlettebbek voltak, mint a mérgezett agarlemezen fejlődő kisméretű tenyészetek, amely eliminálta volna a hatóanyagok kezelése közötti különbségeket. Ha a „korai” és a „késői” csoportok között legalább 3 nap átfedés volt, akkor az átfedő időszakot is megvizsgáltuk, „összesített” értékelési csoport néven. Ezzel a módszerrel mindegyik kezelést össze tudtuk hasonlítani. A sóskúti adatok kivételt képeztek, mert ott az első vizsgálati naptól kezdődően a kísérlet végéig az adatokat együttesen tudtuk vizsgálni.

A statisztikai elemzést az SPSS program (v. 25) környezetben futtattuk (IBM, 2017). A vizsgálatokba csak azokat a tenyészeteket vontuk be, amelyeknél növekedést mértünk. Az összehasonlításokat a *C. sorbicola* gombatenyészetek származási helye (Érd, Pomáz, Soroksár, Sósút) alapján külön-külön végeztük el. Az idő, valamint a kezelések hatásának vizsgálatára ismételt méréses ANOVA módszert választottuk. Szignifikáns interakció esetén a tenyészetek növekedésére tett hatását az alkalmazott kezeléseknél mérési időpontonként, az idő hatását pedig kezelésként és (kezeléseken belül) mérési időpontonként is összehasonlítottuk. Feltételvizsgálatként normalitás-, szóráshomogenitás- és szfericitás-vizsgálatot végeztünk. A hibatagok normalitásvizsgálatához a Shapiro-Wilk tesztet ($p > 0,05$) hajtottuk végre. Abban az esetben, ha ez a feltétel sérült, akkor d'Agostino-féle vizsgálatot hajtottunk végre, ekkor ellenőrizzük, hogy a normalitás sérülése súlyos-e. A szóráshomogenitás-vizsgálatot Levene-teszttel végeztük el ($p > 0,05$). A Levene-teszt teljesülésétől függött, hogy milyen *post hoc* vizsgálatot vettünk figyelembe a homogén csoportok szétválasztásához. Abban az esetben, ha teljesült, akkor Tukey-féle *post hoc* tesztet, ha nem teljesült, akkor pedig Games-Howell-féle *post hoc* tesztet használtunk. A szfericitás-feltételt a Mauchly-féle tesztel ellenőriztük ($p > 0,05$), a feltétel enyhe sérülése esetén a Greenhouse-Geisser-féle ϵ -nal korrigáltuk a szabadsági fokot. Az idő hatását Bonferroni-féle eljárással ($p > 0,05$) mérési naponként vizsgáltuk meg.

4.6.5. A *Trichoderma asperellum* 'T34' a *Cytospora sorbicola* kórokozóval szembeni térkompetíciós és parazitáló képességének vizsgálata

4.6.5.1. A kísérlet körülményei és beállítása

Sivan és Chet (1989) munkája alapján a *Trichoderma asperellum* 'T34' törzsének a *C. sorbicola* elleni biokontroll képességének felmérését konfrontációs-teszttel vizsgáltuk. A kísérlethez két, korábban izolált és azonosított (4.6.1.–4.6.2. fejezet) *C. sorbicola* izolátumot választottunk ki. A G3s izolátum Sósútról, az E2 pedig Pomáztól származott. A *T. asperellum*

'T34' törzsű mikoparazita tenyészet előállításához a Trifender WP elnevezésű készítményből szuszpenziót készítettünk, amelyet táptalajon szélesztettünk. Inverz mikroszkóp segítségével átváltást végeztünk, hogy egykonídiumos tenyészetet kapjunk. A kísérlet beállítása során a 85 mm átmérőjű Petri-csészék alsó részére (külső oldalra) 1-1 egyenest húztunk úgy, hogy azok áthaladjanak Petri-csészék közepén. Ezután az egyenesek végeitől 1 centiméterre 1-1 leoltási pontot jelöltünk ki. Az előkészített Petri-csészékbe vékony rétegben MEA táptalajt öntöttünk. A leoltási pontok segítségével a táptalajra a kiválasztott kórokozó-, illetve a *T. asperellum* 'T34' (tenyészet széléről) micéliumával átszőtt 7 mm-es agarkorongokat helyeztünk. Ennek következtében a két micélium korong egymástól 6 cm-re helyezkedett el. A kórokozó izolátumokat azonos napon oltottuk le. A mikoparazita gomba leoltásához két módszert alkalmaztunk: (1) a kórokozóval egy menetben helyeztük a táptalajra a hiperparazitát, (2) a kórokozó leoltásától számított második napon oltottuk a táptalajra a hiperparazitát. Leoltási módszerenként és izolátumonként 4-4 ismételtsben végeztük el a vizsgálatot. Minden ismételtsben 10-10 Petri-csészét használtunk fel a konfrontációs tesztekhez. A vizsgálathoz 40 darab *C. sorbicola*, valamint szintén 40 darab *T. asperellum* kontroll tenyészetet készítettünk. Továbbá, a két gombafaj interakciójának mikroszkópos vizsgálatához izolátumonként 3-3 kettős tenyészetet is leoltottunk. A kontroll és a kettős tenyészeteket 24 °C-os, megvilágítás nélküli fitotronban neveltük.

4.6.5.2. A térkompetíciós, parazitáló képesség és a tenyészetek morfológiai változásának felmérése

A kettős tenyészeteket 3 héten keresztül, naponta vizsgáltuk. Ekkor a telepek növekedését, azok összenövésének időpontját, a kórokozó telepek mikoparazita általi teljes elfedésének időpontját, a kórokozó, valamint a mikoparazita telepeinek morfológiai változásait (telepszín, -felület változásait) és sporulálásának időpontjait jegyeztük fel. Ez az idő alatt a *C. sorbicola* kontroll tenyészetek növekedését is mértük. Továbbá, a *C. sorbicola* és a *T. asperellum* valamint azok morfológiai (telepszín, -felület változásait) jellemzőit és a mikoparazita sporulációjának időpontját is feljegyeztük. A *Trichoderma*-faj kórokozó növekedésgátló képességét is kiszámoltuk a következő képlettel (El-Naggar *et al.*, 2008):

$$I = \frac{C - T}{C} \times 100$$

ahol:

I= *C. sorbicola* növekedésgátlásának
százalékos értéke

T= *C. sorbicola* növekedése kettős
tenyészetben

C= a kontroll *C. sorbicola* micélium
növekedése

A kapott értékek átlagát vettük végeredményül.

A két gombafaj interakciójának vizsgálatához az erre a célra elkészített kettős tenyészetekből szikével kivágtuk az éppen érintkező részeket. A kiemelt darabokat tárgylemezre helyeztük majd, laktofenolos gyapotkéssel megfestettük a micéliumot és fedőlemezzel lefedtük. Ezeket Nikon Eclipse 50i mikroszkóppal (Nikon Instruments Europe BV) vizsgáltuk, amelynek során egy MicroPublisher 5.0 RTV (QImaging, Kanada) típusú kamerával fotókat készítettük.

4.7. A kajszifajták és alanyok fogékonyságának értékelése az apoplexia vonatkozásában

4.7.1. Vizsgálati körülmények

A **4.1. fejezetben** említett érdi és sósókúti gyümölcsösökben vizsgáltuk a kajszifajták egészségi állapotát. A felméréseket négy éven keresztül (2014–2017), minden év októberében végeztük, amikor a tünetek a legerősebbek voltak. Azonban a '*Mandulakajsz*' fajtát egyik alany kombinációban sem tudtuk megvizsgálni 2014-ben, mert egy korai fagynak köszönhetően a fák levelei lankadttá váltak, amely jelentősen torzította volna a tünetek értékelését.

A begyűjtött meteorológiai adatokat a sósókúti meteorológiai állomásból (METOSZ) származtak. Az érdi és sósókúti ültetvények közelsége miatt a két területet azonos klimatikus viszonyokkal rendelkező területeknek tekintettük. A vizsgálati időszak csapadék (mm), hőmérséklet (°C) és levegő relatív páratartalom (%) adatai a **M22 és M23. mellékletben** találhatóak.

4.7.2. Szemlézett kajszifajták és azok alanyai

Az érdi ültetvényben 3 kajszifajtát értékeltünk 'Myrobalan' alanyon. Sósókúton 5 fajta apoplexia kórokozóival szembeni fogékonyságát mértük fel 'Myrobalan' alanyon, továbbá 3 kajszifajta érzékenységét vadkajsz (P. armeniaca) és szilvatörzs közbenoltású 'Myrobalan' (P. domestica 'Fehérbesztercei' + P. cerasifera) alanyokon is megvizsgáltuk. Az ültetvények fáinak kora heterogén volt, a kipusztult fák rendszeres pótlása miatt. A homogén vizsgálati növényállomány elérése érdekében Érden csak a 7–10 éves (17–21 centiméter törzsátmérőjű), Sósókúton pedig csak 9–13 éves (20–25 centiméter törzsátmérőjű) fákat vettünk figyelembe. Az alany-nemes kombinációkból többségében 120 (Sósókúton), illetve 140 (Érden) élő fát szemléztünk. Azonban az ültetvények alany-nemes kombinációinak megoszlása nem volt egységes, így egyes kombinációkból kevesebbet tudtunk vizsgálni (**6. táblázat**).

6. táblázat Ültetvényekben vizsgált alany-nemes kombinációk és azok mennyisége

Ültetvény	Nemes fajtája	Alany fajtája		
		Myrobalan (N)	Szilvatörzs közbenoltású 'Myrobalan' (N)	vadkajszi (N)
Érd	'Flavorcot'	x (140)	-	-
	'Sweetcot'	x (140)	-	-
	'Zebra'	x (125)	-	-
Sóskút	'Bergeron'	x (120)	x (65)	x (100)
	'Gönci magyar kajszi'	x (120)	x (120)	x (120)
	'Magyar kajszi C.235'	x (100)	-	-
	'Mandulakajszi'	x (120)	x (120)	x (120)
	'Tomcot'	x (120)	-	-

Magyarázat: N=vizsgált fák száma

4.7.3 A kajszifák fogékonyságának felmérése

A vizsgált fák lombkoronájának állapotát vizuálisan értékeltük, amely során a következő tüneteket vettük figyelembe: lombozat elváltozásai (levelek: szín-, forma- textúra változása, mérete, mennyisége, lankadása, pusztulása, hullása), fás részek elváltozásai (fás részek pusztulása, rákos sebek, illetve *Cytospora* termőtestek jelenléte) és azok pusztulása, valamint a fák vitalitásának változásai (növekedési erély mértéke, vesszők ízköz méreteinek változása). A megjelent tüneteket egy hat fokozatú, 0-tól 5-ig terjedő skálán értékeltük (**7. táblázat**).

7. táblázat A kajszifák tüneteinek felméréséhez használt hat fokozatú skála

Tünet kategóriák	Kategória leírása
0	Tünetmentes fa
1	A tünetek gyakorisága és súlyossága: 1–10% (enyhe levél elszíneződés / levélhullás / csökkent levélfejlődés / csökkent hajtásfejlődés)
2	A tünetek gyakorisága és súlyossága: 10–30 % (mérsékelt levél elszíneződés / levélhullás / csökkent levélfejlődés / csökkent hajtásfejlődés / csökkent favitalitás / ágrothadás)
3	A tünetek gyakorisága és súlyossága: 30–50 % (közepes levél elszíneződés / levélhullás / csökkent levélfejlődés / csökkent hajtásfejlődés / csökkent favitalitás / közepes ágpusztulás, de legfeljebb csak 1 vágág pusztult el)
4	A tünetek gyakorisága és súlyossága: 50–75 % (nagyfokú levél elszíneződés / levélhullás / csökkent levélfejlődés / csökkent hajtásfejlődés / csökkent favitalitás / nagyfokú ágpusztulás, de legfeljebb csak 2 vágág pusztult el)
5	A tünetek gyakorisága és súlyossága: 75–100 % (nagyfokú levél elszíneződés / levélhullás / csökkent levélfejlődés / csökkent hajtásfejlődés / csökkent favitalitás / legalább 3 vágág pusztult el vagy teljes fapusztulás)

4.7.4. A kajszifajták és az alany változatok fogékonyságának értékelése

A vizsgálatok során 3 módszerrel vizsgáltuk meg az adatokat: összehasonlítottuk (1) az azonos alany változaton lévő nemes fajtákat, (2) a nemes fajtájától függetlenül az alany változatokat és (3) az azonos nemes fajtaival rendelkező alany változatokat. Mindegyik vizsgálat során a 4 évnyi adathalmazokat együttesen, a helyszínek figyelembevételével értékeltük. A kajszifáknál feljegyzett tünetmegjelenés adatokat két módszerrel értékeltük ki. Az első módszerben a tünet kategóriákból (7. táblázat) tünetsúlyosság-indexet számoltuk ki, amelyhez a Townsend-Heuberger féle képletet (Gartner, 1971) alkalmaztuk:

$$P = \frac{\sum(n \times v)}{Z \times N} \times 100$$

Ahol:

P: tünet súlyosság-index

Z: legmagasabb tünet kategória számértéke

n: a növények száma az adott tünet
kategóriában

N: adott csoporton belül vizsgált növények
száma összesen

v: tünet kategória száma

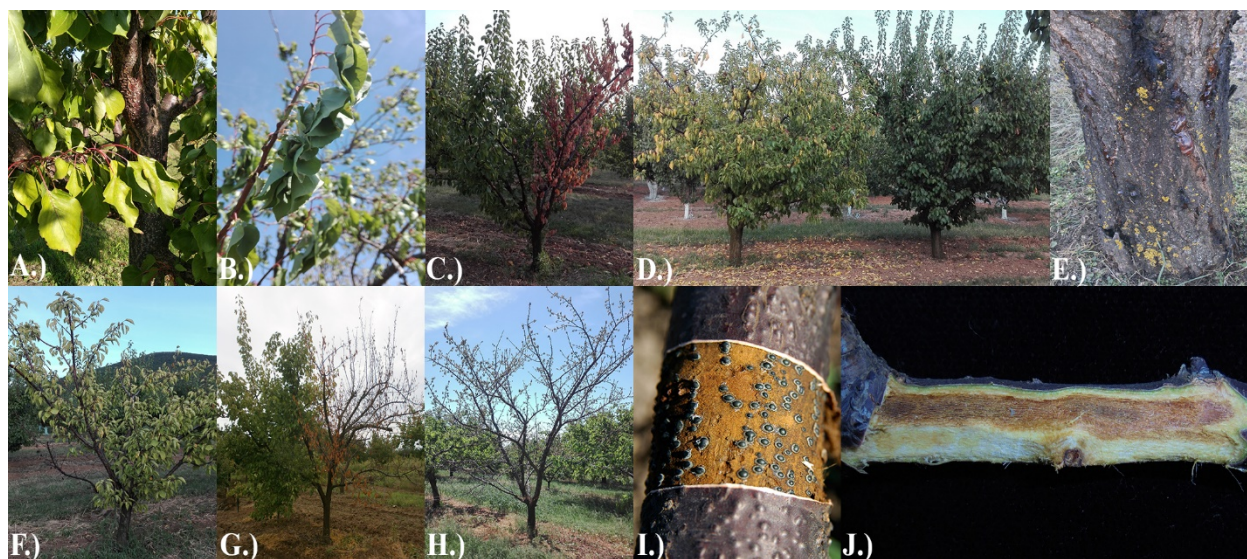
A második módszerben a statisztikai elemzést először a hat fokú skála használata mellett végeztük el, de a normalitás feltételezései sérültek. Ezért a hat kategóriát binarizáltuk, amely során létrehoztunk egy tünetmentes (TM; érték: "0") és egy tünetes (T; érték: "1") csoportot a betegség gyakoriság kiszámításához. A TM és T csoportok összehasonlításához Marascuilo-tesztet ($p > 0,05$) alkalmaztunk az SPSS (v. 25) programban (IBM, 2017).

Az éves ismétlődésű felvételezéseknek köszönhetően, a vizsgálat alatt kipusztult fák számát is nyomon tudtuk követni a vizsgálati területeken. Az elpusztult fák mennyiségét a 2014-ben megvizsgált fák számához viszonyítottuk. A kipusztult fák arányát Marascuilo-tesztel ($p > 0,05$) hasonlítottuk össze az SPSS (v. 25) programban (IBM, 2017).

5. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

5.1. A kajszifákon megfigyelt gutaütés tünetek

A vizsgálatokba vont fákön gyakran megfigyeltük a '*Ca. Phytoplasma prunorum*', a *Cytospora*-fajok és *P. syringae* fertőzésére utaló tüneteket. A beteg fákön több levéltünet is kialakult: törékeny szövetszerkezet, puha szövetszerkezet, klorotikus elszíneződés, sodródás (~kanalasodás) (5A. ábra), hervadás (5B. ábra) és/vagy barnulva száradás (5C. ábra). Egyes fáknál kora őszi levélhullást (5D. ábra) is megfigyeltünk. Az említett tünetek a fák néhány ágára vagy a fa egészére terjedtek ki. Egyes fák fás részein rákos sebeket figyeltünk meg, gyakran mézgaképződés kíséretében (5E. ábra). A beteg fák csökkent életerőt mutattak: rövid, gyenge hajtások fejlődtek, vagy teljesen elmaradt a hajtásképződés (5F. ábra). Súlyosabb esetben gallyak, ágak, vázágak vagy az egész fa elpusztult (5G-H. ábra). Az elhalt fás részeken több esetben is pszeudopiknídiumokat figyeltünk meg (5I. ábra). Egyes beteg fák szövetét megvizsgálva jelentős floém pusztulást azonosítottunk (5J. ábra) és a xilém nektróza is megfigyelhető volt.

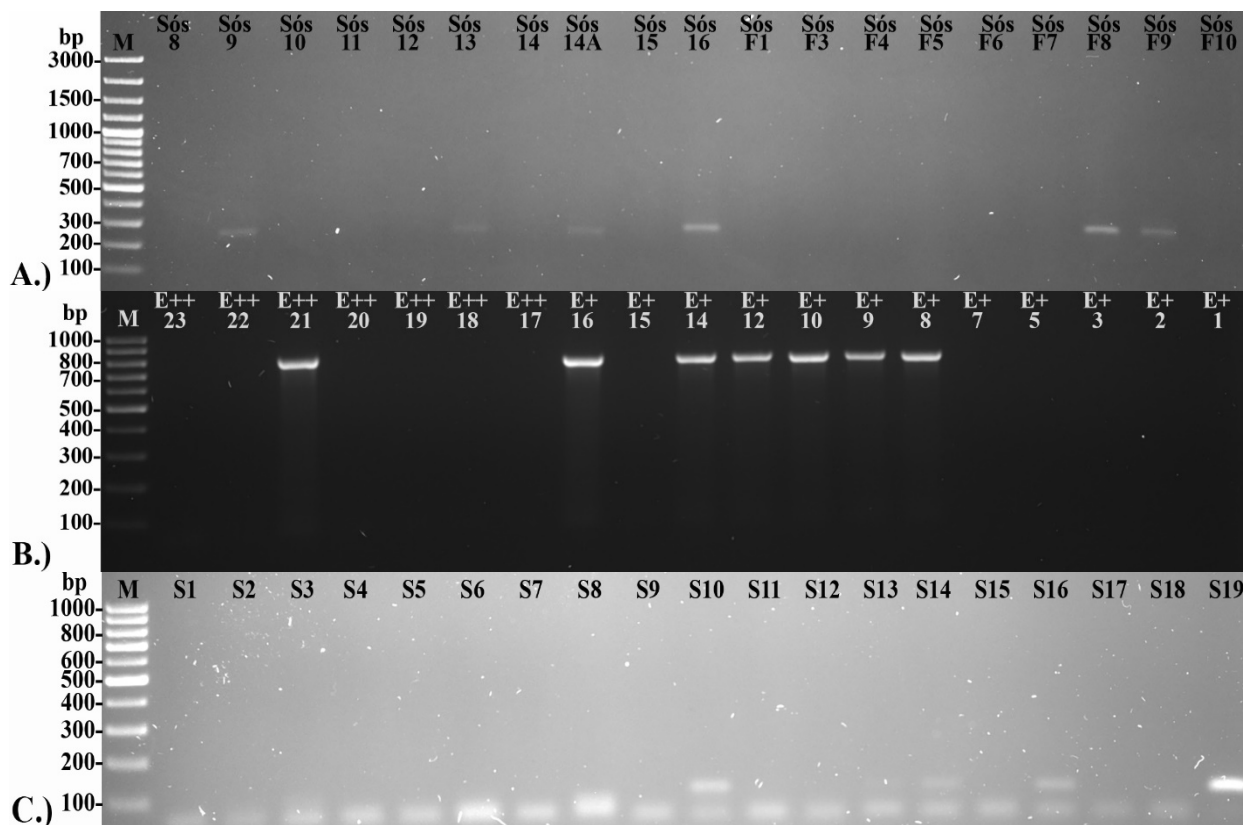


5. ábra Az apoplexia általános tünetei kajszin: **A.)** klorotikus-levélsodródás (Foto: Koncz), **B.)** lankadó levelek (Foto: Bodnár), **C.)** barnuló-száradó levelek (Foto: Koncz), **D.)** korai levélhullás (Foto: Monok-Molnár), **E.)** mézgásodó rákos sebek (Foto: Koncz), **F.)** csökkent hajtásnövekedés (Foto: Monok-Molnár), **G.)** részleges fapusztulás (Foto: Koncz), **H.)** teljes fapusztulás (Foto: Bodnár), **I.)** pszeudopiknídium-képződés a kéreg alatt (Foto: Nagy), **J.)** szállítószöveti nektróza (Foto: Koncz)

5.2. Az apoplexia kórokozóinak kimutatása kajszi-ültetvényekből és szerepük a tünetmegjelenésben

5.2.1. A '*Candidatus Phytoplasma prunorum*', a *Pseudomonas syringae* fajkomplex és a *Cytospora*-fajok molekuláris kimutatása és azonosítása

A vizsgálat három éve alatt begyűjtött 160 darab kajszi fás minta molekuláris vizsgálata során azonosítottuk a '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' (6A. ábra), *Pseudomonas syringae* (6B. ábra) és *Cytospora* spp. (6C. ábra) kórokozók jelenlétét.



6. ábra A három vizsgálati év alatt begyűjtött 160 kajszi fás mintán végrehajtott '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' (A.), *Pseudomonas syringae* (B.) és *Cytospora* spp. (C.) kórokozó kimutatások részeredményei

Megjegyzés: A.) a vizsgálatához 1,5%-os agaróz gélt használtunk és az „M” jelölésű oszlopban 100 bp Plus-os DNS-markert (Thermo Fisher Scientific) futtattunk; B.) a vizsgálatához 1%-os agaróz gélt használtunk és az „M” jelölésű oszlopban 100 bp-os DNS-marker (Thermo Fisher Scientific) futtattunk; C.) a vizsgálatához 1,5%-os agaróz gélt használtunk és az „M” jelölésű oszlopban 100 bp-os DNS-marker (Thermo Fisher Scientific) futtattunk.

A vizsgált minták 28,1%-ában '*Ca. Phytoplasma prunorum*', 17,5%-ában *P. syringae* fajkomplexbe tartozó baktérium és 23,8%-ában *Cytospora* sp. volt jelen. Az összes vizsgált fa tekintetében a fertőzött fák aránya 52,5%. A kimutatási eredmények elemzése során olyan fertőzött fákat is azonosítottunk, amelyekben egyszerre több vizsgált kórokozó is jelen volt. A

kevert fertőzési típusok megoszlásának felméréséhez szét kellett választanunk az egyedi és a kevert fertőzéseket (8. táblázat).

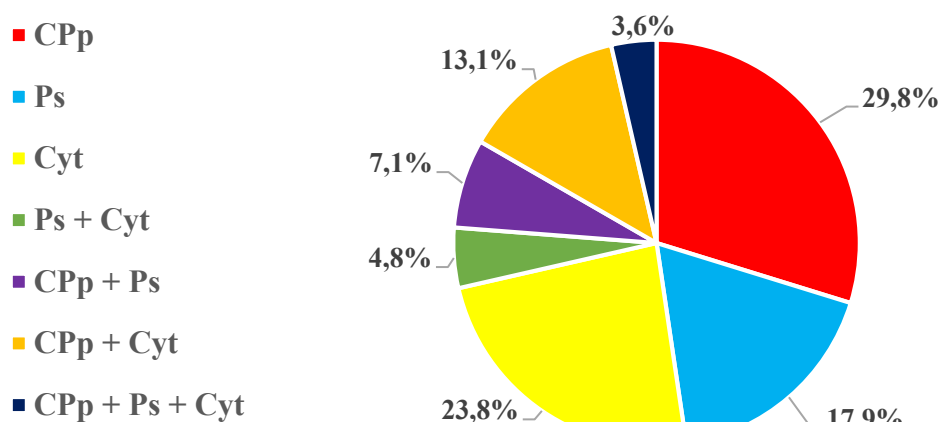
A fák 47,5%-nál a vizsgált kórokozók fertőzése nem volt kimutatható (8. táblázat).

8. táblázat A vizsgált kórokozók jelenlétére nem igazolt és a vizsgált kórokozók által egyedileg, illetve keverten fertőzött kajszifák százalékos arányai

Fertőzés típusa		Kimutatási arány (%)	Összesítés kimutatási arány (%)		
A vizsgált kórokozók jelenléte nem volt kimutatható		47,5	47,5		
Egyedi fertőzés	CPp	15,6%	37,5	52,5	
	Ps	9,4			
	Cyt	12,5			
Két kórokozós kevert fertőzés	Ps + Cyt	2,5	13,1		15
	CPp + Ps	3,8			
	CPp + Cyt	6,9			
Három kórokozós kevert fertőzés	CPp + Ps + Cyt	1,9	1,9		

Jelmagyarázat: CPp: 'Ca. Phytoplasma prunorum'; Ps: *Pseudomonas syringae*; Cyt: *Cytospora* sp.

Csak a fertőzött fákat (84 darab) figyelembe véve a vizsgált kórokozók gyakorisága egyedi fertőzések esetében 17% feletti volt, míg a kevert fertőzéseknél 14% alatt maradt (7. ábra).



7. ábra A vizsgált kórokozók gyakorisága a fertőzött kajszifákban (N = 84)

Jelmagyarázat: CPp: 'Ca. Phytoplasma prunorum'; Ps: *Pseudomonas syringae*; Cyt: *Cytospora* sp.

Az ültetvények közül Érden és Pomázon volt a legtöbb olyan fa (57,5% és 57,5%), amelyekből kimutatható volt a vizsgált kórokozók valamelyike. Egyes ültetvényeknél magasabb egyedi, illetve kevert fertőzés gyakoriságot azonosítottunk, mint a többi ültetvénynél (9. táblázat).

9. táblázat A vizsgált kajszifák fertőzöttségének ültetvényenkénti eloszlása

Ültetvények	Kimutatott kórokozók gyakorisága (%)								
	Nem fertőzött	Fertőzött	CPp	Ps	Cyt	Ps + Cyt	CPp + Ps	CPp + Cyt	CPp + Ps + Cyt
Érd	42,5	57,5	15	12,5	7,5	0	10	12,5	0
Pomáz	42,5	57,5	17,5	7,5	10	2,5	2,5	10	7,5
Soroksár	57,5	42,5	17,5	7,5	10	5	2,5	0	0
Sóskút	47,5	52,5	12,5	10	22,5	2,5	0	5	0

Jelmagyarázat: CPp = 'Ca. Phytoplasma prunorum'; Ps = *Pseudomonas syringae*; Cyt = *Cytospora* sp.; a félkövérrel kiemelt arányok a legmagasabb kórokozó kimutatás értékeket jelölik.

A fás szövetekből származó *P. syringae* mintáink törzsszintű azonosítása során a szekvenciáink BLAST-analízise 98,63%–100% közötti hasonlóságot mutatott ki az NCBI adatbázisában található *P. syringae* pv. *syringae* törzsek szekvenciáival (**M24. melléklet**). A *Cytospora* sp. mintáink fajsztípus azonosításakor a BLAST-analízis a legnagyobb hasonlóságot az NCBI adatbázisában lévő *C. cincta* (96,77%), *C. leucostoma* (98,59%), illetve *C. sorbicola* (97,18–100%) izolátumok szekvenciáival mutatták (**M25. melléklet**).

5.2.2. A tesztelt kajszifák tünetek megjelenése és kórokozó jelenléte közötti összefüggés statisztikai elemzése

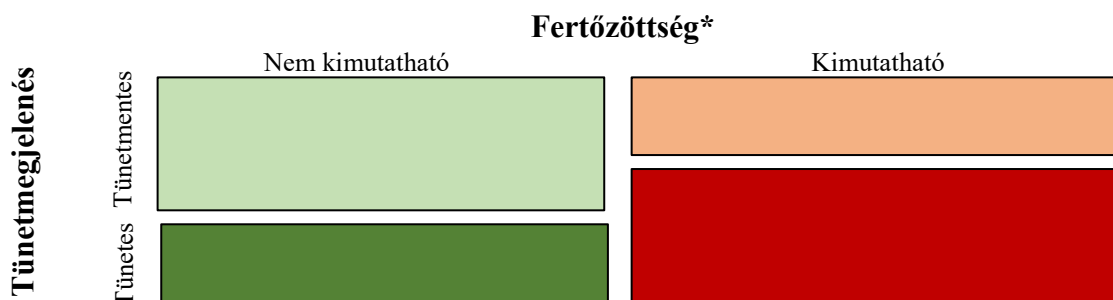
A tünetmegjelenés és a vizsgált kórokozók általi fertőzöttség kapcsolatát vizsgáló modell (GLMM-b) kimutatta, hogy a vizsgált kajszifákon a tünetek megjelenését befolyásolta a kórokozók jelenléte. Az ültetvény (vizsgált minta származási helye) változónak marginális hatása volt (**10. táblázat; M26. melléklet**). A vizsgálatban statisztikailag kimutatható hatással nem rendelkeztek a mintagyűjtés időpontja (2014–2016) és a fajta változók (**M27 és M28. melléklet**).

10. táblázat A mintázott kajszifákon a tünetek megjelenését befolyásoló tényezők vizsgálata általánosított lineáris kevert modellel ($p < 0,05$)

Vizsgált változók	Df	AIC	LRT	<i>p</i> -érték
Teljes modell		244,76		
Fertőzöttség	1	254,70	11,93	0,0006
Minta gyűjtésének ideje	1	243,91	1,14	0,29
Fajta	21	221,91	19,15	0,58
Ültetvény	3	245,52	6,76	0,08

Jelmagyarázat: Az aláhúzott változó a szignifikáns eltérést, a dőlt betűvel szedett változó a marginális eltérést mutató változót jelöli. Df: Szabadság fok; AIC: Akaike information criterion ~ Akaike információs kritérium; LRT: Likelihood ratio test ~ Valószínűségi hányados teszt; *p*-érték: szignifikancia érték.

A vizsgált kórokozók általi fertőzöttség és a tünetmegjelenés közötti kapcsolat további vizsgálata alapján azokból a fákból, amelyekből nem volt kórokozó kimutatható, több volt a tünetmentes (63,2%) volt, mint a tüneteket mutató (36,8%). Az igazoltan fertőzött fák esetében pedig több a tüneteket mutató (63,1%) volt, mint a tünetmentes (36,9%) (**8. ábra**).



8. ábra A vizsgált kórokozók jelenlétére nem igazolt és a vizsgált kórokozók által fertőzött fák tünetmegjelenés szerinti eloszlása

Jelmagyarázat: *Az oszlopok területei a kontingenciátábla celláinak viszonyított, relatív gyakoriságait jelölik.

Az ültetvény hatás vizsgálata kimutatta, hogy Pomázon a tünetmentes, fertőzött fák aránya magasabb, a tünetmentes, nem fertőzött fák aránya pedig kisebb volt, mint a másik három ültetvényben. Érden a tünetes fák közül a fertőzöttek aránya magasabb, míg a nem fertőzötteké alacsonyabb volt, mint a többi ültetvényben (**11. táblázat; M26. melléklet**).

11. táblázat A vizsgált tünetmentes és tünetes fák eloszlása kórokozó kimutatás és ültetvények szerint

Tünetmegjelenés		Tünetmentes		Tünetes	
Vizsgált kórokozók kimutatása		Fertőzött (%)	Nem fertőzött (%)	Fertőzött (%)	Nem fertőzött (%)
Ültetvény	Érd	20	30	37,5	12,5
	Pomáz	22,5	27,5	35	15
	Soroksár	15	32,5	27,5	25
	Sóskút	20	30	32,5	17,5

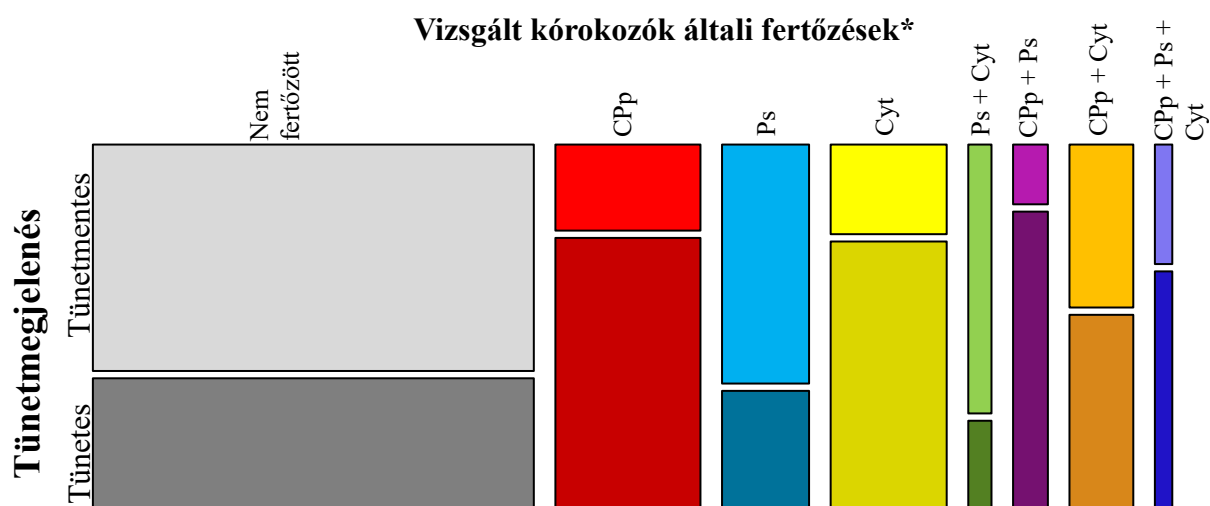
A GLMM-b modell kimutatta, hogy a tünetmegjelenésre hatással volt a kimutatott kórokozó - vagyis hogy mely kórokozó volt jelen az egyedi vagy a kevert fertőzésben - és az ültetvény is, míg a mintagyűjtések idejének (évjárat) és a fajtaának nem volt igazolható hatásuk (**12. táblázat; M29. melléklet**).

12. táblázat A mintázott kajszik tünetmegjelenését befolyásoló tényezők vizsgálata általánosított lineáris kevert modellel ($p < 0,05$)

Vizsgált változók	Df	AIC	LRT	p -érték
Teljes modell		242,09		
Kimutatott kórokozó	7	254,70	26,60	0,0004
Minta gyűjtésének ideje	1	241,34	1,25	0,26
Fajta	21	220,83	20,74	0,48
Ültetvény	3	244,17	8,08	0,04

Jelmagyarázat: Az aláhúzott változó a szignifikáns eltérést, a dőlt betűvel szedett változó a marginális eltérést mutató változót jelöli. Df: Szabadság fok; AIC: Akaike information criterion ~ Akaike információs kritérium; LRT: Likelihood ratio test ~ Valószínűségi hányados teszt; *p*-érték: szignifikancia érték.

A vizsgálat kimutatta, hogy a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' egyedi fertőzése (15,6%) fordult elő a legnagyobb mértékben a vizsgált mintákban. Ezt a *Cytospora* sp. egyedi (12,5%) és végül a *P. syringae* egyedi (9,4%) fertőzése követte. A kevert fertőzések közül a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' + *Cytospora* sp. kevert (6,9%) fertőzésből szignifikánsan több volt, mint a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' + *P. syringae* (3,8%), illetve a *P. syringae* + *Cytospora* sp. (2,9%) kevert fertőzések közül. A legkisebb arányban a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' + *P. syringae* + *Cytospora* sp. kevert fertőzést azonosítottuk: 1,9%. A kimutatott kórokozók és a tünetmegjelenés kapcsolata alapján azon fák több mint fele tünetmentes volt, amelyekből a *P. syringae* (66,7%) és a *P. syringae* + *Cytospora* sp. (75%) kórokozók fertőzése volt kimutatható, illetve amelyekből nem volt azonosítható vizsgált kórokozó (63,2%). A többi egyedi és kevert fertőzésnél pedig többségében apoplexiás tüneteket mutattak a fák (9. ábra; M29. melléklet).



9. ábra A tünetes és tünetmentes fák vizsgált kórokozónkénti eloszlása

Jelmagyarázat: CPp = '*Ca. Phytoplasma prunorum*'; Ps = *Pseudomonas syringae*; Cyt = *Cytospora* sp.;

*Az oszlopok területei a kontingenciátábla celláinak viszonyított, relatív gyakoriságait jelölik.

Az ültetvények közül Pomáz szignifikáns eltérést mutatott a többi ültetvényhez viszonyítva: ebben az ültetvényben mind a négy kevert fertőzési típus megtalálható volt. Ráadásul csak itt fordult elő a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' + *P. syringae* + *Cytospora* sp. kórokozók együttes fertőzése (9. táblázat; M29. melléklet).

A tünetmentes fákat külön elemezve Soroksáron azonosítottuk a legtöbb olyan tünetmentes fát, amelyből a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' volt kimutatható. Érden és Sósúton pedig nagyobb arányban fordultak elő a *P. syringae* által fertőzött tünetmentes fák, mint a másik két ültetvényben. Egyedül Soroksáron nem találtunk, olyan tünetmentes fát, amelyből kimutatható lett volna a *Cytospora* sp. kórokozó. A kevert kórokozó fertőzések közül, a *P.*

syringae + *Cytospora* sp. fertőzött fák szintén 3 ültetvényben fordultak elő, közel azonos arányban. A 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' + *Cytospora* sp. által keverten fertőzött tünetmentes fákat 3 ültetvényben azonosítottunk, arányuk ezek közül Sósikúton volt a legalacsonyabb. Csak 1-1 ültetvényben voltak olyan tünetmentes fák, amelyekben a 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' + *P. syringae* (Érd), illetve a 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' + *P. syringae* + *Cytospora* sp. (Pomáz) kórokozók együttesen voltak kimutathatók (10. ábra; M29. melléklet).

A tüneteket mutató fákat elemezve szintén több eltérést találtunk. Soroksáron fordultak elő legnagyobb arányban az olyan tünetes fák, amelyekben nem volt igazolható egyetlen vizsgált kórokozó fertőzése sem. Érdén a *P. syringae*, Pomázon a 'Ca. *Phytoplasma prunorum*', illetve Sósikúton a *Cytospora* sp. kórokozók okozta fertőzések számottevően gyakrabban fordultak elő a tünetes fákon, mint a többi ültetvényben. A kevert fertőzésű fák tekintetében, 3-3 ültetvényben találtunk olyan tünetes fákat, amelyekből a 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' + *P. syringae*, valamint a 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' + *Cytospora* sp. kórokozók kevert fertőzése volt kimutatható. Ilyen fákat az érdi ültetvényből nagyobb arányban azonosítottunk, mint a többi ültetvényben. Csak 1-1 ültetvényben voltak olyan tünetes fák, amelyekben *P. syringae* + *Cytospora* sp. (Soroksár), illetve a 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' + *P. syringae* + *Cytospora* sp. (Pomáz) kórokozók fertőzése együttesen igazolható volt (10. ábra; M29. melléklet).

A 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' és a *Cytospora* sp. kórokozókkal való fertőzöttség mellett a fák többsége mind a négy ültetvényben tüneteket mutatott. Ezzel szemben a *P. syringae* által fertőzött fák nagyobb része tünetmentes maradt a 4 ültetvényben. A keverten fertőzött tünetes és tünetmentes fák gyakorisága igen eltérő volt: nem találtunk olyan mintázatot a megoszlásukra, amelyik mindegyik ültetvény esetén azonos lett volna. A *P. syringae* + *Cytospora* sp. kórokozók által fertőzött fákból Pomázon és Sósikúton csak tünetmenteset, Soroksáron pedig tünetest és tünetmentest is azonosítottunk. Utóbbi ültetvényben a *P. syringae* + *Cytospora* sp. kevert fertőzése azonos arányban fordult elő a tünetes és tünetmentes fákból. Egyidejű 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' + *P. syringae* fertőzést Soroksáron és Pomázon csak tünetes, Érdén tünetes és tünetmentes fákból is kimutattunk. Utóbbi esetben a fák többsége tüneteket mutatott, csak ritkán maradtak tünetmentesek. Érdén, Pomázon és Sósikúton a 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' + *Cytospora* sp. kórokozók kevert fertőzését tünetmentes és tünetes fákból egyaránt kimutattuk, de Érdén az utóbbiak nagyobb arányban fordultak elő. A pomázi ültetvényben azonosított három kórokozós fertőzések többségénél a fák tüneteket mutattak (10. ábra; M29. melléklet).

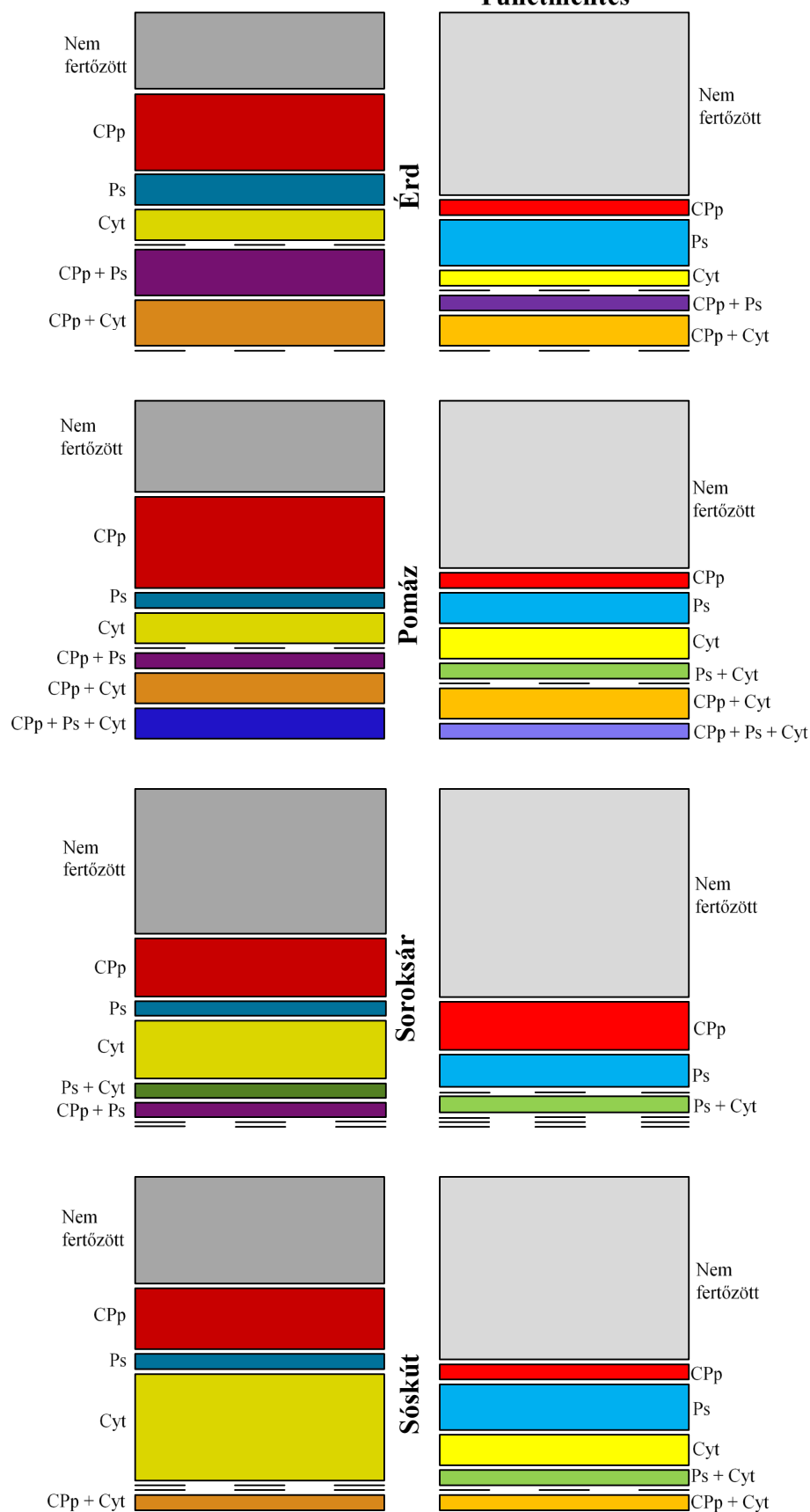
Tünetmegjelenés

Kimutatott
fertőzések**

Tünetes

Tünetmentes

Kimutatott
fertőzések**



10. ábra A tünetes és tünetmentes fák vizsgált kórokozók és ültetvények szerinti eloszlása

Jelmagyarázat: CPp = 'Candidatus Phytoplasma prunorum'; Ps = 'Pseudomonas syringae'; Cyt = 'Cytospora sp.'; * Az oszlopok területei a kontingenciátábla celláinak viszonyított, relatív gyakoriságait jelölik. ** Az oszlopok csak akkor kerültek feliratozásra, ha az adott csoport tartalmazott mintát

5.3. Faiskolai szaporítóanyag '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' fertőzöttsége és a kórokozó vegetatív terjeszthetősége

5.3.1. A fitoplazma kimutathatósága a nyugalmi és a vegetációs időszakban az anyafákról gyűjtött vesszőkben

A vizsgálat során korábban fertőzöttnek bizonyult 4 anyafáról szedett vesszőkből 2016 és 2017 márciusában nem volt kimutatható a '*Ca. Phytoplasma prunorum*'. A kórokozó 2016-ban a vizsgált fák egyes koronaszintjeiből áprilisban (2 fa), illetve májusban (2 fa) vált újra kimutathatóvá. Ennek során 2 fának az alsó, 1 fának a felső és a középső, valamint 1 fának az alsó és a középső koronaszintjéről szedett vesszőkből azonosítottuk a fitoplazmát. A többi koronaszint vesszőiből csak a júniusi, illetve szeptemberi mintázásokkor vált kimutathatóvá a kórokozó. A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' 2017-ben februártól ápriliséig a fákról szedett vesszők egyikéből sem volt kimutatható, májusban pedig már a fák egy vagy két koronaszintjéről származó vesszőkből is azonosítható volt: 2 fa esetén az alsó, 1 fa esetén az alsó és középső, 1 fa esetén pedig a középső és felső koronaszintek vesszőiből. A vizsgálat alatt valamennyi koronaszintnél megfigyeltük, hogy a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kezdeti kimutathatóságát követően eltérő ideig nem volt kimutatható újra a kórokozó, azonban később újra pozitív eredményeket kaptunk (M30. melléklet). A vizsgálatok befejeztét követő két évben tünetek jelentek meg az anyafákon, például: csökkent vesszőprodukción, levelek sárgulása, lankadása.

5.3.2. A szemzéssel szaporított facsemeték fertőzöttsége

A kisvejkei termőültetvényből származó fertőzött fa rügyeivel szemzett növények 36%-a teljesen elpusztult az alannal együtt, 10%-ánál csak a szempajzs pusztult el és az alany életben maradt, 54%-ánál pedig sikeres volt a szemzés. A sikeres szemzésű facsemeték lombkorona állapotát felmérve, csak egyetlen növény esetében figyeltünk meg tüneteket: a levelek kanalasodását és sárgulását. A sikeres szemzésekből kinevelt facsemeték 26%-ából (14 fa) volt kimutatható a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozó, továbbá az egyetlen tünetes facsemete a molekuláris teszt során fitoplazma fertőzöttnek bizonyult.

Az egészséges anyafáról származó rügyekkel szemzett növények esetében az eredés 84%-os, az alanypusztulás 11%-os, míg a szempajzs pusztulás 5%-os volt. Ezeken a facsemetéken nem jelentek meg tünetek. A vizsgált kontroll facsemeték egyikéből sem igazoltuk a fitoplazma jelenlétét.

5.3.3. Kereskedelemről származó facsemeték fitoplazma fertőzöttsége

A kereskedelmi forgalomból származó facsemeték vizsgálata során a 141 nemes minta 2,3%-a (3 facsemete), míg a 109 gyökér minta 2,8%-a (3 facsemete) volt '*Ca. Phytoplasma*

prunorum' fertőzött. Azok közül a facsemeték közül (99 darab), ahol az alanyt és a nemeset egyaránt vizsgáltuk, egy egyednek (1%) mind az alany, mind a nemes része fertőzöttnek bizonyult. A fertőzött nemes minták mindegyike eltérő fajtájú volt: 'Bergerouge', 'Harcot', 'Gönci magyar kajszi'. A fertőzött gyökér minták mind 'Myrobalan' alanyokról származtak.

5.4. A kajszi-ültetvényekből és azok környezetéből begyűjtött *Cacopsylla* egyedekkel kapcsolatos felmérések

5.4.1. A *Cacopsylla* egyedek morfológiai azonosítása, valamint azok növényfajonkénti és nemek szerinti megoszlása

A 414 darab egyed azonosítása után megállapítottuk, hogy a levélbolhák túlnyomó többsége *C. pruni*, vagy *C. crataegi* fajokhoz tartozott. További 5 imágót *C. affinis*-ként, valamint kettőt *C. picta*-ként határoztunk meg. Az utóbbi két fajt az alacsony egyedszám miatt, a további vizsgálatokba nem vontuk be. A legtöbb *C. pruni* egyed kajsziról származott, valamint erről a növényről jelentős mennyiségű *C. crataegi* egyed is gyűjtöttünk, de a két faj közül a *C. pruni* előfordulása szignifikánsan magasabb volt (**13. táblázat**). A begyűjtött egyedek nemét meghatározva megállapítható, hogy a kajszin a *C. pruni* és a *C. crataegi* nőtények aránya nagyobb volt, mint a hímeké (**14. táblázat**).

A gyűjtési eredmények tekintetében fontos kiemelni, hogy a kajszihoz képest kevesebb európai szilvát, kökényt, egybibés galagonyát, valamint kajszifa gyökérsarjat vizsgáltunk. Szilváról csak néhány levélbolhát gyűjtöttünk. Ezek között a *C. pruni* jelenléte szignifikánsan nagyobb volt, mint a *C. crataegi* fajé. A szilváról származó egyedek többsége mindkét *Cacopsylla*-faj esetében nőtény volt, de csak a *C. pruni* esetében azonosítottunk szignifikáns eltérést a hímek és nőtények aránya között. A *C. crataegi* esetében nem mutattunk ki szignifikáns különbséget. A kökényről gyűjtött *C. pruni* és *C. crataegi* aránya, valamint a fajokon belül a nemek aránya nem eredményezett szignifikáns különbséget. Összesen csak négy *C. pruni* példányt gyűjtöttünk be kajszifák sarjhajtásairól. A galagonyán a *C. crataegi* előfordulási aránya statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt, mint a *C. pruni* fajé. A galagonyáról gyűjtött *C. crataegi* egyedek között több nőtény volt, de a hím-nőtény eloszlásának vizsgálata során csak egy enyhe szignifikáns különbséget találtunk. A *C. pruni*-nál pedig a nemek aránya nem különbözött szignifikánsan a galagonya esetében. Az összes vizsgált növény tekintetében szignifikánsan több *C. crataegi* egyed gyűjtöttünk, mint *C. pruni* egyed. A két faj nemek szerinti eloszlás vizsgálata során szignifikánsan magasabb mennyiségű nőtény egyed azonosítottunk (**13. és 14. táblázat**).

13. táblázat A vizsgált növényekről begyűjtött *Cacopsylla pruni* és *C. crataegi* egyedek száma, a két faj eloszlása és annak Z-teszttel történő vizsgálata 95%-os konfidencia intervallum mellett

Vizsgált növények	<i>Cacopsylla</i> -fajok	N	Arányok (%)	95%-os konfidencia intervallum		Z	p
				KIA	KIF		
Kajszi (<i>P. armeniaca</i>)	<i>C. pruni</i>	133	59,9	0,53	0,66	2,89	0,004
	<i>C. crataegi</i>	89	40,1	0,34	0,47		
Európai szilva (<i>P. domestica</i>)	<i>C. pruni</i>	26	86,7	0,68	0,96	3,83	<0,001
	<i>C. crataegi</i>	4	13,3	0,04	0,32		
Kökény (<i>P. spinosa</i>)	<i>C. pruni</i>	16	61,5	0,41	0,79	0,98	0,327
	<i>C. crataegi</i>	10	38,5	0,21	0,59		
Kajszifa gyökérsarjhajtás (<i>P. cerasifera</i>)	<i>C. pruni</i>	4	100	0,40	1,00	1,5	0,13
	<i>C. crataegi</i>	0	0	0,00	0,60		
Egybibés galagonya (<i>C. monogyna</i>)	<i>C. pruni</i>	4	3,0	0,01	0,08	10,71	<0,001
	<i>C. crataegi</i>	128	97,0	0,92	0,99		
Összes vizsgált növény	<i>C. pruni</i>	183	44,2	0,39	0,49	2,31	0,021
	<i>C. crataegi</i>	231	55,8	0,51	0,61		

Jelmagyarázat: N: a *Cacopsylla* egyedek száma a vizsgált növényeken; KIA: Konfidencia intervallumok alsó határa; KIF: Konfidencia intervallumok felső határa; Z: Z-teszt egyenlőségi érték; p-érték: szignifikancia érték.

14. táblázat A vizsgált növényekről begyűjtött *Cacopsylla pruni*, valamint a *C. crataegi* hím és nőtény egyedek száma, azok aránya, valamint eloszlásuk Z-teszttel történő vizsgálata 95%-os konfidencia intervallum mellett

Vizsgált növények	Nemek	<i>Cacopsylla pruni</i>						<i>Cacopsylla crataegi</i>					
		N	Arány (%)	95%-os konfidencia intervallum		Z	p	N	Arány (%)	95%-os konfidencia intervallum		Z	p
				KIA	KIF					KIA	KIF		
Kajszi (<i>P. armeniaca</i>)	♂	27	20,3	0,16	0,29	6,76	<0,001	35	39,3	0,29	0,50	1,91	0,056
	♀	106	79,7	0,72	0,86			54	60,7	0,50	0,71		
Európai szilva (<i>P. domestica</i>)	♂	3	11,5	0,03	0,31	3,73	<0,001	1	25,0	0,01	0,78	0,50	0,62
	♀	23	88,5	0,69	0,97			3	75,0	0,22	0,99		
Kökény (<i>P. spinosa</i>)	♂	6	37,5	0,16	0,64	0,75	0,453	5	50,0	0,24	0,76	0,00	1,00
	♀	10	62,5	0,36	0,84			5	50,0	0,24	0,76		
Kajszifa gyökérsarjhajtás (<i>P. cerasifera</i>)	♂	1	25,0	0,01	0,78	0,50	0,62	0					
	♀	3	75,0	0,22	0,99			0					
Egybibés galagonya (<i>C. monogyna</i>)	♂	2	50,0	0,15	0,85	0,00	1,00	53	41,4	0,33	0,50	1,86	0,063
	♀	2	50,0	0,15	0,85			75	58,6	0,50	0,67		
Összes vizsgált növény	♂	40	21,9	0,16	0,29	7,5	<0,001	93	40,3	0,34	0,47	2,89	0,004
	♀	143	78,1	0,71	0,84	4		138	59,7	0,53	0,66		

Jelmagyarázat: ♂: hím; ♀: nőtény; N: A *Cacopsylla*-fajok hím és nőtény egyedeinek mennyisége a vizsgált növényeken; KIA: Konfidencia intervallumok alsó határa KIF: Konfidencia intervallumok felső határa; Z: Z-teszt egyenlőségi érték; p-érték: szignifikancia érték.

5.4.2. A *Cacopsylla* egyedek 'Candidatus Phytoplasma prunorum' fertőzöttsége

A vizsgált növényekről begyűjtött összes *C. pruni* egyed 6,6%-a volt fertőzött a 'Ca. Phytoplasma prunorum' kórokozóval (**15. táblázat**). A fertőzött szilva levélbolhák aránya a

kajszi esetében 7,5% (133/10 egyed), az európai szilváról származóknál 7,7% (26/2 egyed) volt. A többi, mintagyűjtésbe vont növényfajról nem gyűjtöttünk 'Ca. Phytoplasma prunorum' kórokozó által fertőzött *C. pruni* egyedet. A fitoplazma fertőzött hímek aránya 2,6%, a nőtények aránya pedig 7,6% volt. A hímek és nőtények fertőzöttségi aránya között nem volt szignifikáns különbség (16. táblázat).

A begyűjtött *C. crataegi* egyedből 2,6% hordozta a 'Ca. Phytoplasma prunorum' kórokozót (15. táblázat). A növényfajok szerint a fertőzött egyedek aránya kajszi esetében 3,2% (89/3 egyed), a galagonyánál pedig 2,2% (128/3 egyed) volt. A többi növényfajról begyűjtött *C. crataegi* egyedek között nem azonosítottunk 'Ca. Phytoplasma prunorum' kórokozót hordozót. A fertőzött nőtények és hímek mennyisége között nem mutattunk ki különbséget (16. táblázat). A *C. pruni* egyedek fitoplazma fertőzöttsége magasabb volt, mint a *C. crataegi* egyedeké, azonban szignifikáns különbséget nem azonosítottunk a két faj kórokozó hordozásában (15. táblázat).

15. táblázat A vizsgált *Cacopsylla pruni* és *C. crataegi* egyedek száma, a 'Candidatus Phytoplasma prunorum' kórokozóval fertőzött egyedek száma és aránya, valamint a fajok fertőzési arányait összehasonlító Fisher-féle egzakt teszt eredményei 95%-os konfidencia intervallum mellett

Faj	Vizsgált egyedek (N)	Fertőzött egyedek (N)	Fertőzött egyedek aránya (%)	Fischer-féle egzakt teszt
<i>C. pruni</i>	183	12	6,6	Esély arány = 2,63 (KI: 0,890; 8,705) Relatív rizikó = 2,52 $p = 0,06$
<i>C. crataegi</i>	231	6	2,6	

Jelmagyarázat: N: egyedek száma; KI: Konfidencia intervallum; p -érték: szignifikancia érték.

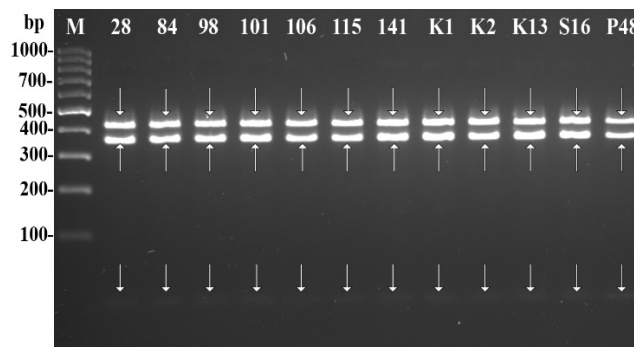
16. táblázat A vizsgált *Cacopsylla pruni* és *C. crataegi* hím és nőtény egyedek száma, a 'Candidatus Phytoplasma prunorum' kórokozóval fertőzött egyedek száma és aránya, valamint a fajokon belüli nemek fertőzési arányait összehasonlító Fisher-féle egzakt teszt eredményei 95%-os konfidencia intervallum mellett)

Faj	Nem	Vizsgált egyedek (N)	Fertőzött egyedek (N)	Fertőzött egyedek aránya (%)	Fisher- féle egzakt teszt
<i>C. pruni</i>	♂	39	1	2,6	Esély arány = 0,32 (KI: 0,007; 2,330) Relatív rizikó = 0,34 $p = 0,47$
	♀	144	11	7,6	
<i>C. crataegi</i>	♂	94	3	3,2	Esély arány = 1,47 (KI: 0,193; 11,218) Relatív rizikó = 1,46 $p = 0,69$
	♀	137	3	2,2	

Jelmagyarázat: ♂: hím; ♀: nőtény; N: egyedek száma; KI: Konfidencia intervallum; p -érték: szignifikancia érték.

5.4.3. A *Cacopsylla* egyedek molekuláris azonosítása

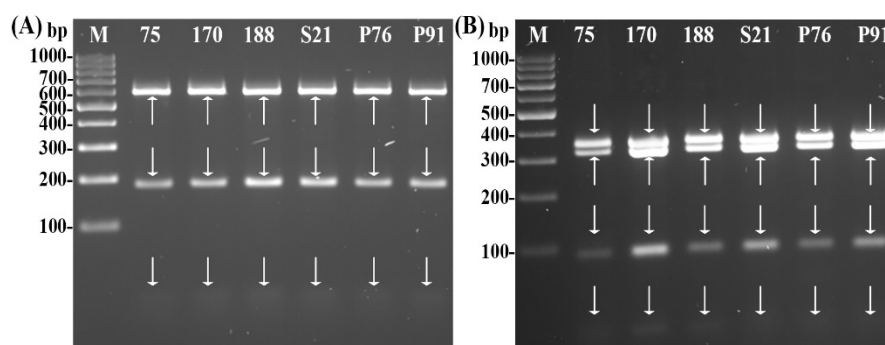
A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozóval fertőzött szilva levélbolhák mindegyikénél a molekuláris azonosítás eredménye megerősítette a morfológiai azonosítást. A 12 fertőzött szilva levélbolha esetében a VPm_COI_F2 / VPm_COI_R4 primerpár felhasználásával kapott PCR-termékek *TaqI* enzimmel végzett RFLP vizsgálata során keletkezett fragmentumok hossza (**11. ábra**) a *C. pruni*-2 változatra jellemző restrikciós mintázattal (419bp/364bp/19bp) volt azonos.



11. ábra A morfológiai vizsgálattal szilva levélbolhaként azonosított és '*Candidatus* *Phytoplasma prunorum*' fertőzött minták (28, 84, 98, 101, 106, 115, 141, K1, K2, K13, S16, P48) PCR-t követő *TaqI* endonukleázzal elvégzett RFLP-elemzésének eredményei

Jelmagyarázat: A 2,0%-os agaróz gélen az „M” jelölésű oszlop egy 100 bp-os DNS-marker (Thermo Fisher Scientific). A nyílak a keletkezett fragmentumokat jelölik.

A 6 fertőzött *C. crataegi* minta VPm_COI_F2 / VPm_COI_R4 primerpár felhasználásával kapott PCR-termékeinek *TaqI* enzimmel végzett restrikciós hasítása a várt fragmentumhosszokat (593bp/190bp/19bp) eredményezte (**12A. ábra**). Azonban a biztos fajazonosításhoz szükséges *AluI* enzimmel történő emésztés a várttól (684bp/91bp/21bp) eltérő restrikciós mintázatot adott, a várt 3 helyett 4 fragmentum keletkezett (**12B ábra**).



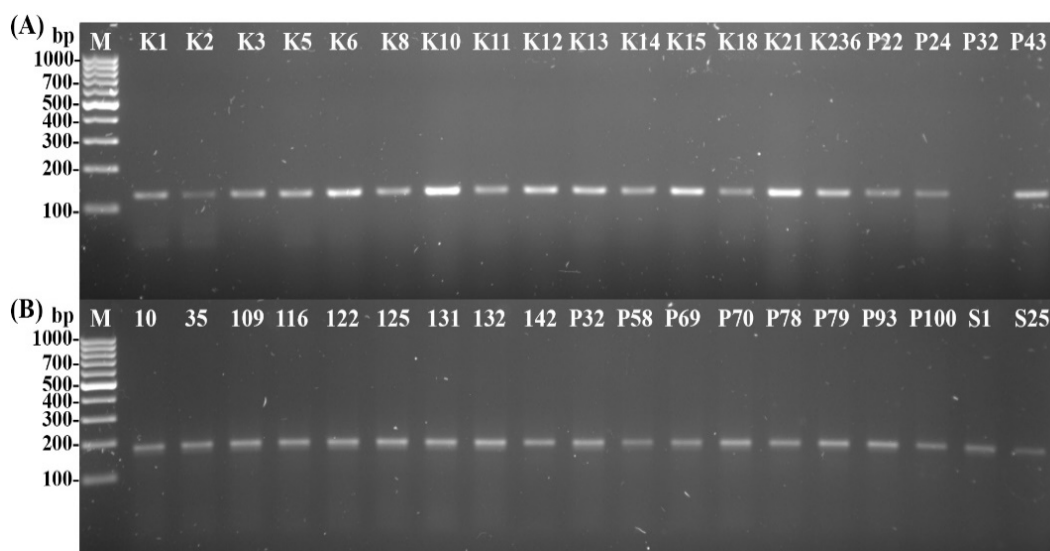
12. ábra A morfológiai vizsgálattal galagonya levélbolhaként azonosított és '*Candidatus* *Phytoplasma prunorum*' fertőzött minták (75, 170, 188, P76, P91, S21) PCR-t követő *TaqI* endonukleázzal elvégzett RFLP-elemzésének eredményei

Jelmagyarázat: **A.)** *TaqI* endonukleázzal, **B.)** *AluI* endonukleázzal elvégzett emésztés. A 2,0%-os agaróz géleken az „M” jelölésű oszlop egy 100 bp-os DNS-marker (Thermo Fisher Scientific). A nyílak a keletkezett fragmentumokat jelölik.

A jelenség jobb megértése érdekében meghatároztattuk a PCR-termékek bázissorrendjét. Az izolátumaink (NCBI azonosító: MZ209170–MZ209175) 99,60%–100% közötti hasonlóságot

mutattak egymással a vizsgált régióban. Az NCBI adatbázisában található szekvenciák közül a legnagyobb egyezést (100%-os lekérdezési lefedettséget és 95,39%–95,79% közötti azonossági értékeket) a korábban publikált, Olaszországból származó *Cacopsylla crataegi* (NCBI azonosító: KM206155) egyeddel mutatták. A szekvenciáinkat a CLC Sequence Viewer program (v. 8.0) restrikciós helyek keresőmotorjával is megvizsgáltuk. A *TaqI* és *AluI* enzimekkel vizsgálva a következő fragmentumokat jósoltuk: 593 bp/190 bp/19 bp (*TaqI*) és 363 bp/327 bp/91 bp/21 bp (*AluI*). Ezek a fragmentum méretek megerősítették a fenti PCR-RFLP vizsgálatok eredményeit (12. ábra).

Az összes begyűjtött *C. pruni* egyed biotípusát meghatároztuk. Néhány minta esetében nem keletkezett amplikon, amikor a 2. primer szettet alkalmaztuk (13A. ábra). Ezeknél a mintáknál a 3. indítószekvencia készlet alkalmazása már eredményezett PCR-terméket (13B. ábra). Megállapítottuk, hogy a begyűjtött egyedek között csak a „B” biotípus volt jelen.



13. ábra A *Cacopsylla pruni* biotípus vizsgálatának rész eredménye (183 vizsgált mintából 38 minta)

Jelmagyarázat: A.) a 2-es indítószekvencia készlettel („B” biotípus: 151 bp), B.) a 3-as indítószekvencia készlettel („B” biotípus: 177 bp) elvégzett vizsgálatok. A 2%-os géleken az „M” jelölésű oszlopok egy-egy 100 bp-os DNS-marker (Thermo Fisher Scientific).

5.4.4. A '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' kórokozót hordozó *Cacopsylla crataegi* egyedek filogenetikai és rekombinációs elemzése

A legalacsonyabb BIC-pontszámmal (9667,00725) rendelkező modell a Hasegawa-Kishino-Yano modell (Hasegawa et al., 1985) volt, gammaeloszlással és invariáns helyekkel. Ezzel a modellel felépítettünk egy filogenetikai törzsfát, amelynek pontosságát Bootstrap módszerrel, 1000 ismétléssel teszteltük (M31. melléklet). A filogenetikai törzsfán a *C. crataegi* faj a többi levélbolha fajtól elkülönülő kládot alkotott, amit magas (99%-os) Bootstrap-érték támasztott alá. Ezen belül az izolátumaink egy különálló csoportot alkottak, amelyet 99%-os Bootstrap-érték támogatott. Két egyed (P170 és P188) elkülönült a többi mintánktól 89%-os

Bootstrap-értékkel, ami nagyon magasnak tekinthető (**M31. melléklet**). A génbanki szekvenciák rekombinációs elemzésekor csak gyenge rekombinációs jeleket kaptunk. Azonban ezeket elvetettük, ugyanis minden rekombinációs eseményt háromnál kevesebb módszer ismert fel.

5.4.5. A begyűjtött *Cacopsylla* egyedek tápnövényeinek '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' fertőzöttsége

A vizsgálatba vont kajszifák alanyaiból előtörő vadhajtások, illetve a korábban tesztelt tünetes és tünetmentes kajszifák közelében vadon növény tápnövények fitoplazma fertőzöttségének tesztelése során növényfajonként közel azonos fertőzöttségi értékeket kaptunk. A kajszifák gyökérhajtásai 28,6%-ban, a kökénybokrok 26,7%-ban, míg a galagonyabokrok 27,3%-ban voltak fertőzöttek a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozóval. Fontos kiemelni, hogy a növények fitoplazma fertőzöttségre utaló tüneteket nem mutattak.

5.5. *Cytospora* izolátumok azonosítása és a *C. sorbicola* faj elleni védekezés

5.5.1. *Cytospora* izolátumok molekuláris és morfológiai azonosítása

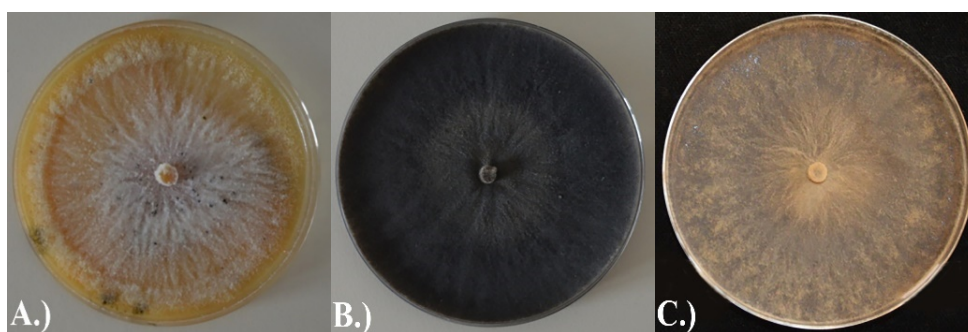
A kajszifákról izolált, *Cytospora*-fajokra jellemző morfológiai bélyegekkel (**M32. melléklet**) rendelkező izolátumok ITS2 régiójának bázissorrendjét meghatároztattuk. A BLAST-analízisük során az izolátumaink több *Cytospora*-faj izolátumaival, illetve csak nemzetség szinten (például: *Valsa* sp.) meghatározott mintákkal is ugyanakkora azonosságot mutattak. Az izolátumok ITS2 szekvenciáinak NCBI azonosítóit és a BLAST-analízis eredményeit a **M16. mellékletben** tüntettük fel. A pontos fajmeghatározásához az izolátumok β -tubulin génjének bázissorrendjét is megvizsgáltuk. Ezek rövidségük miatt az NCBI adatbázisába nem tölthetők fel, így azokat **M17. mellékletben** tüntettük fel. A BLAST-analízis alapján az izolátumaink közül 4 *C. cincta*, 14 *C. leucostoma* és 9 *C. sorbicola* fajnak bizonyult (**M17. melléklet**).

A *C. cincta* tenyészetek zonáltak voltak, amelyek egyes esetekben egymáshoz viszonyítva eltérő színnel rendelkeztek. Az izolátumok színe sárgásbarna, barnásfehér, világosbarna-barna, sárgásbarna és mogyoróbarna volt, sima, illetve barázdált felszínnel. Két tenyészetben légmicélium is képződött. A 3.-4. héttől indult meg a pszeudopiknídiumok képződése, mennyiségük minden izolátum esetében alacsony volt. A tenyészetek között ép és hullámos szélű is volt (**14A. ábra**).

A *C. leucostoma* izolátumok zonáltak voltak. Ezek közül néhány eltérő színnel rendelkezett, mint a mellettük létrejött zóna. A tenyészetek színe a vizsgálatok során változatosságot mutatott: megfigyeltünk sötétszürke, zöldes-szürkésbarna és sötétbarna

tenyészeteket. A tenyészetek egyrésze bőrszerű-, a másik része bársonyos, felszínnel rendelkezett. Sima és különböző mértékben barázdált tenyészetfelszíneket figyeltünk meg. Néhány izolátum légmicéliumot is képezett. A tenyészetek széle hullámos, illetve ép volt. A 3.-4. héttől kezdődően a tenyészetekben pszeudopiknídium képződést figyeltünk meg (**14B. ábra**).

A *C. sorbicola* izolátumok mindegyike zonált volt. A tenyészeteken belül egyes zónák a többihez viszonyítva eltérő színnel rendelkeztek. Az izolátumok krém, világosbarna, illetve sötétbarna színűek voltak. Egyes tenyészetek képeztek légmicéliumot, de csak kis mennyiségben. Más tenyészeteken képződésük nem volt megfigyelhető. Mindkét esetben a tenyészetek felülete bársonyos volt. Egyes tenyészeteknél sugár irányú barázdáltságot, míg más izolátumoknál sima felületet figyeltünk meg. A tenyészetekben kismennyiségű pszeudopiknídium alakult ki, amelyek képződését 3.-4. héttől figyeltük meg (**14C. ábra**).



14. ábra *Cytospora cincta* (A.), *C. leucostoma* (B.) és *C. sorbicola* (C.) fajok 14 napos tenyészei (Foto: Márton és Koncz)

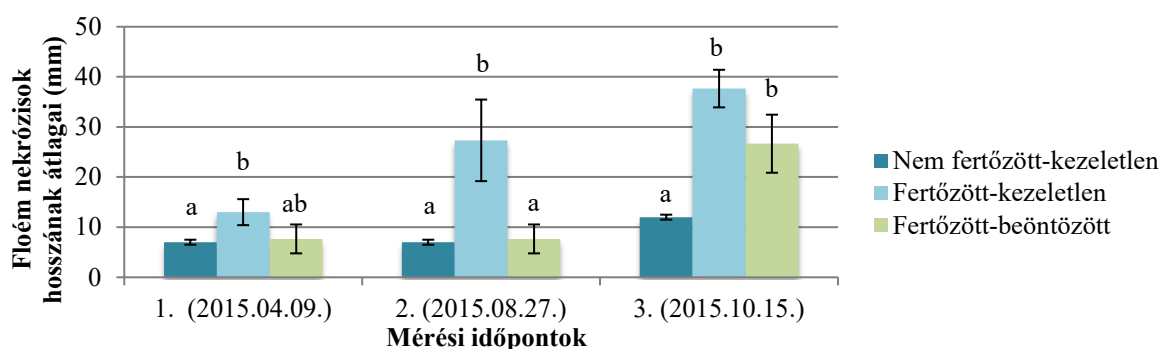
5.5.2. A növénykondicionálás kezelések hatása a *Cytospora sorbicola* által okozott szövetelváltozásokra és -elhalásokra

Mind a tenyészedenyes, mind a szabadföldi vizsgálatban teljesültek a Koch-féle posztulátumok. A visszaizolált kórokozó tenyészeinek morfológiája az eredeti tenyészetekével megegyezett: kívül világosbarna, közepén barna telepszínnel, ép telepszéllal, sima és bársonyos telepfelszínnel rendelkeztek. Az ezek közül véletlenszerűen kiválasztott és molekulárisan azonosított tenyészetek (**M33. melléklet**) faji szinten megegyeztek a fertőzésre felhasznált izolátummal.

5.5.2.1. Tenyészedenyes vizsgálatban kialakult szövetelhalások értékelése

A mesterséges fertőzések és sebzések hatására az értékelés időpontjáig nem keletkezett számottevő elváltozás a kéregrészekben, így ebben az esetben statisztikai elemzést nem végeztünk. A floém és xilém részben azonban jelentős szövetelhalást figyeltünk meg. A kéttényezős ANOVA teszt kimutatta, hogy a kezelési módszereknek ($F(2;18)=41,11; p<0,001$) és a mérési időpontoknak ($F(2;18)=40,01; p<0,001$) is kimutatható hatása volt a floém nekrózis méretére. Továbbá a kezelési módszerek és a mérési időpontok közötti kölcsönhatás is

szignifikáns hatással ($F(4;18)=3,47; p<0,05$) volt a floém elhalásra. A Tukey-féle *post hoc* teszt alapján a floém nekrosis hosszúsága mindhárom mérési időpontban a nem fertőzött, kezeletlen kontroll fáknál szignifikánsan kisebb volt, mint a fertőzött, kezeletlen kontroll fáknál. A fertőzött, növénykondicionálóval beöntözött fák mindhárom vizsgálati időpontban eltérő statisztikai csoportokba kerültek. Az első mérési időpontban a beöntözéssel kezelt fák nem különböztek a másik két csoport fától. A második időpontban szignifikánsan kisebb nekrozissal rendelkeztek, mint a fertőzött, kezeletlen kontroll fák. A harmadik időpontban pedig szignifikánsan nagyobb szövetelhalást azonosítottunk a növénykondicionálás kezelésénél, mint a nem fertőzött, kezeletlen kontrollnál (15. ábra).



15. ábra A három kezelésnél megjelenő floém nekrosisok hosszának átlaga (mm) és szórása a három mérési időpontban

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek az egyes mérési időpontokon belül (Tukey, $p<0,05$).

A harmadik mérési időpontból származó floém nekrosis hosszúságát, xilém elhalás hosszúságát, valamint a fertőzési pontnál mért keresztmetszeti nekrosis hányadosát elemző egytényezős MANOVA vizsgálat kimutatta, hogy mindhárom változóra szignifikáns hatással voltak a kezelési módszerek (Wilk-féle $\lambda=0,048, p<0,05$). Ennek ellenére, amikor a változókat külön-külön vizsgáltuk a Tukey-féle *post hoc* teszttel, csak a xilém nekrosis hosszúságánál volt kimutatható kismértékű szignifikáns eltérés ($F(2; 6)=7,84; p<0,05$). Az elemzés alapján a nem fertőzött, kontroll fák esetében volt a legkisebb mértékű a szövetelhalás, a leghosszabb nekrosisok pedig a fertőzött, kezeletlen fák alakultak ki. A növénykondicionálás beöntözéssel kezelt fák szignifikánsan nem különböztek egyik kontroll csoporttól sem.

5.5.2.2. Felmért tünetek a tenyészedenyes vizsgálatban

Az oltványok szemrevételezése során a nem fertőzött, kezeletlen-, a fertőzött, kezeletlen kontroll és a fertőzött, kezelt fák sebzési pontjainak több tulajdonságában is eltéréseket figyeltünk meg. A nem fertőzött, kezeletlen kontroll fák esetében sejtosztódás következtében élő növényi szövettel fedett, barna kéreggel határolt, zárt sebeket figyeltünk meg mindhárom mérési

időpontban. A seb környékének állaga kemény volt, mézgásodást egyik értékelési időpontban sem figyeltünk meg.

A fertőzött, kezeletlen kontroll csoport esetében sötétbarna, feketésbarna színű, nyílt sebeket figyeltünk meg a mérési időpontokban (**16A. ábra**). A seb körül található szövetek az első mérési időpontban puhák és mézgával átitatottak voltak, a második mérési időpontra keménnyé váltak és a mézgaképződés megszűnt. A sebeken, illetve környékén új szövetek nem képződtek.

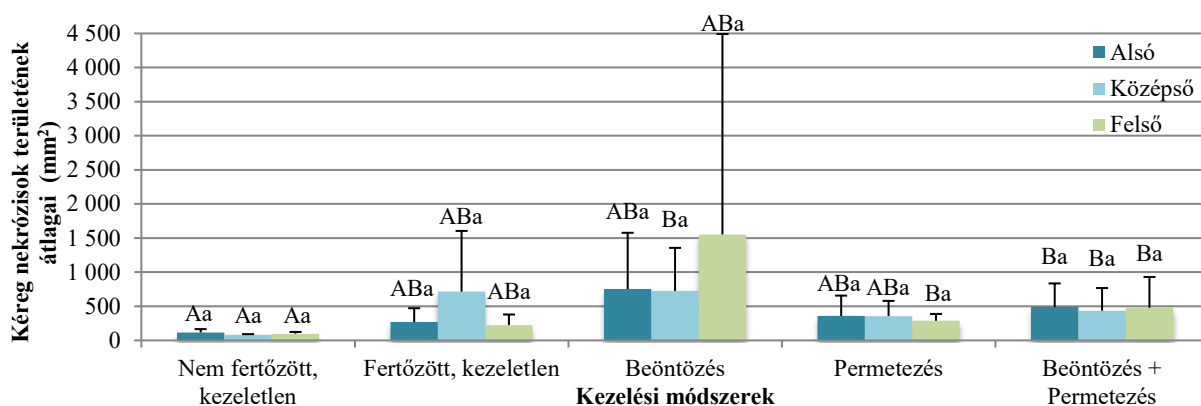
A beöntözéssel kezelt fáknál barna, kezdetben nyílt sebeket azonosítottunk, amelyeknél mézgaképződést nem figyeltünk meg. A környező szövetek kemények voltak (**16B. ábra**). A második és harmadik mérési időpontra a fertőzési pontokat élő szövet fedte el és a környező szövetek kemények maradtak.



16. ábra A fertőzött, nem kezelt (A.) és a fertőzött, növénykondicionálóval kezelt (B.) tenyészedenyes fákon kialakult rákos sebek (Foto: Nagy)

5.5.2.3. Szabadszíni kísérletben kialakult szövetelhalások értékelése

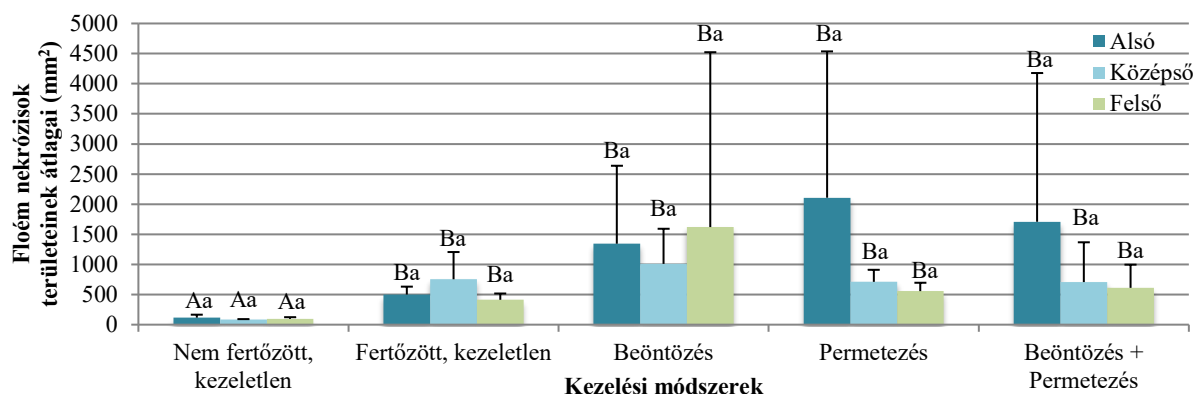
Az első értékelési időpontra a permetezéssel kezelt csoportban részesülő fák közül egy, az alsó fertőzési ponttól felfelé elpusztult (a törzs 70%-a). Az elszáradás következtében nem lehetett pontosan meghatározni a *C. sorbicola* okozta nektrózisok méretét, így ezt a növényt nem vettük figyelembe a mérések során. A kéttényezős ANOVA vizsgálat kimutatta, hogy a kezelési módszereknek szignifikáns hatása volt a kéregnektrózis területére ($F(4;65)=6,81; p<0,001$), míg a fertőzési pontok helyének ($F(2;65)=0,18; p=0,83$) nem volt hatása. A kezelési módszerek és a fertőzési pontok elhelyezkedése között nem volt kimutatható kölcsönhatás ($F(8;65)=0,34; p=0,95$). A Games-Howell-féle *post hoc* teszt eredményei alapján a beöntözéssel és permetezéssel kezelt fák mindhárom fertőzési pontjának, míg a permetezéssel kezelt fák felső és a beöntözéssel kezelt fák középső inokulálási pontjának kéreg nektrózisai szignifikánsan különböztek a nem fertőzött, kezeletlen kontroll fákon mért elhalásoktól (**17. ábra**, nagybetűk). Fontos megemlíteni, hogy a beöntözéssel kezelt csoport felső fertőzési pontjában a szórás mértéke nagyon magas volt, amely azt jelezte, hogy egyes fák nagy, míg más fák kisméretű kéreg nektrózissal rendelkeztek (**17. ábra**, kisbetűk).



17. ábra Az első időpontban (2017.05.15.) mért kéreg nekrozisok területeinek átlaga (mm²) és azok szórása a különböző kezelési csoportokban és a három (alsó, középső és felső) fertőzési pontban

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (Games-Howell, $p < 0,05$). Nagybetűk: a kezelési módszerek összehasonlítása fertőzési pontonként, kisbetűk: a fertőzési pontok összehasonlítása kezelési módszerenként.

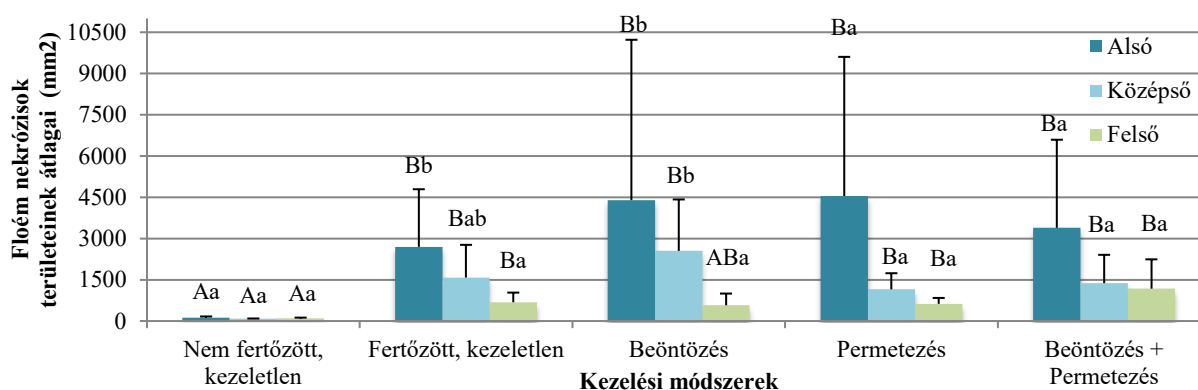
A floém nekrozisok területének háromtényezős ANOVA módszerrel történő kiértékelése után megállapítottuk, hogy a fertőzési pontnak ($F(2;189)=22,50$; $p < 0,05$), a kezelési módszereknek ($F(4;189)=42,56$; $p < 0,05$), a mérési időpontoknak ($F(2;189)=5,76$; $p < 0,05$), valamint a fertőzési pontok és kezelési módszerek kölcsönhatásának ($F(8;189)=2,93$; $p < 0,05$) is szignifikáns hatása volt a hancs nekrozis méretére. A Games-Howell-féle *post hoc* teszttel történő összehasonlítás rámutatott arra, hogy az első mérési időpontban a nem fertőzött, kezeletlen kontroll fák szövetelhalásaitól szignifikánsan különböztek a kezeletlen, fertőzött kontroll és a három fertőzött, növénykondicionálással kezelt csoportok. A kezeletlen, fertőzött kontroll és a növénykondicionálással kezelt csoportok szövetelhalásai nem különböztek egymástól (**18. ábra**, nagybetűk). A fákon belüli fertőzési pontok nekrozisai egyik esetben sem különböztek egymástól (**18. ábra**, kisbetűk).



18. ábra Az első időpontban (2017.05.15.) mért floém nekrozisok területeinek átlaga (mm²) és azok szórása a különböző kezelési csoportokban és a három (alsó, középső, felső) fertőzési pontban

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (Games-Howell, $p < 0,05$). Nagybetűk: a kezelési módszerek összehasonlítása fertőzési pontonként, kisbetűk: a fertőzési pontok összehasonlítása kezelési módszerenként.

A Games-Howell-féle *post hoc* teszt alapján a második mérési időpontra a nem fertőzött, kezeletlen kontroll fák kialakult floém nekrosisok szignifikánsan kisebbek voltak a fertőzött kezeletlen és fertőzött, kezelt fákéhoz képest, kivéve a beöntözéses kezelésben részesülő fák felső inokulációja esetében. Ez utóbbi egyik csoporttól sem különbözött szignifikánsan. A fertőzött fák kezelési módszerei között különbséget nem találtunk (19. ábra, nagybetűk). A fák belüli floém elhalások összehasonlításakor a fertőzött, kezeletlen kontroll és beöntözéses kezelésű fáknál azonosítottunk szignifikáns eltéréseket. A fertőzött, kezeletlen fák alsó fertőzési pontjában, a beöntözéssel kezelt fák alsó és középső inokulálási pontjában szignifikánsan nagyobb elhalást azonosítottunk, mint a felső pontban (19. ábra, kisbetűk).

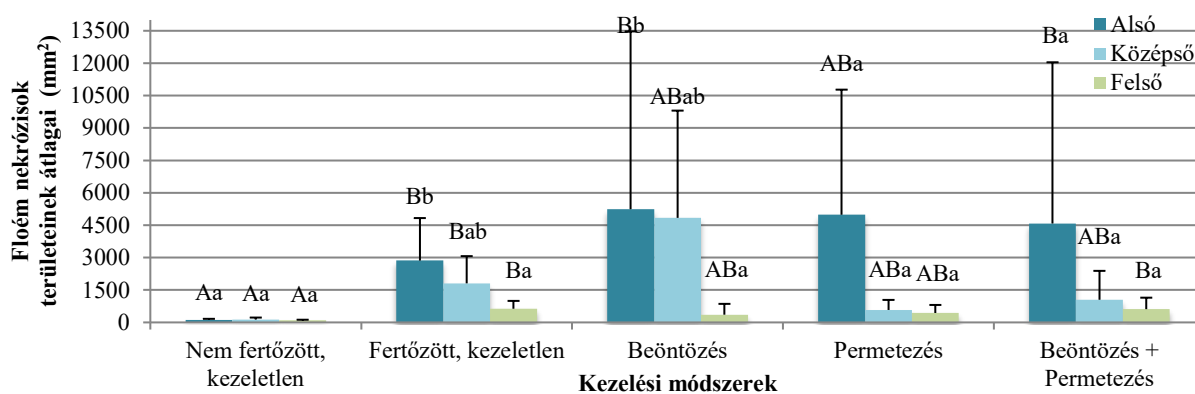


19. ábra A második időpontban (2017.07.25.) mért floém nekrosisok területeinek átlaga (mm²) és azok szórása a különböző kezelési csoportokban és a három fertőzési pontban (alsó, középső, felső)

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (Games-Howell, $p < 0,05$). Nagybetűk: a kezelési módszerek összehasonlítása fertőzési pontonként, kisbetűk: a fertőzési pontok összehasonlítása kezelési módszerenként.

A harmadik mérési időpontra egy beöntözéses kezelésben részesülő fa a *C. sorbicola*-val elvégzett mesterséges fertőzés következtében részlegesen elpusztult, így ennek a növénynek a szövetelhalásait nem vettük figyelembe. A Games-Howell-féle *post hoc* teszt kimutatta, hogy a nem fertőzött, kezeletlen kontroll fák sebzési pontjában szignifikánsan kisebb floém nekrosisokat mértünk, mint a fertőzött, kezeletlen fák mindhárom és a növénykondicionálóval kezelt fák néhány fertőzési pontjában. Azonban a beöntözéses + permetezéses csoport középső, a beöntözéses csoport középső és felső, a permetezéses csoport mindhárom inokulációs pontjában a növénykondicionálás kezelése kisebb mértékű pozitív hatását tapasztaltuk. Ezekben a fertőzési pontokban mért szövetelhalások a fertőzött kontroll és a nem fertőzött kontroll csoport között helyezkedett el. Meg kell említeni, hogy a beöntözéses, a permetezéses és a beöntözéses + permetezéses csoport egyes fertőzési pontjánál nagy mértékű szórásokat azonosítottunk, amelyek alapján egyes fákban nagyobb, míg másokban jelentősen kisebb szövetelhalás alakult ki (20. ábra, nagybetűk). A fertőzött, kezeletlen kontroll és a beöntözéssel

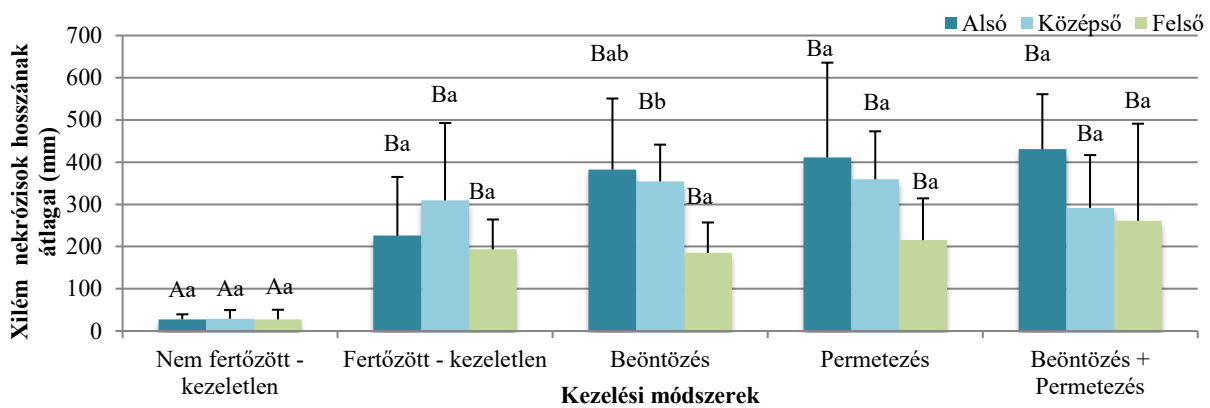
kezelt fákon belül az alsó fertőzési pontokban szignifikánsan nagyobb floém nekrozist azonosítottunk, mint a felső inokulációs pontban (**20. ábra**, kisbetűk).



20. ábra A harmadik időpontban (2017.09.25.) mért floém nekrozisok területeinek átlaga (mm²) és azok szórása a különböző kezelési csoportokban és a három fertőzési pontban (alsó, középső, felső)

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (Games-Howell, $p < 0,05$). Nagybetűk: a kezelési módszerek összehasonlítása fertőzési pontonként, kisbetűk: a fertőzési pontok összehasonlítása kezelési módszerenként.

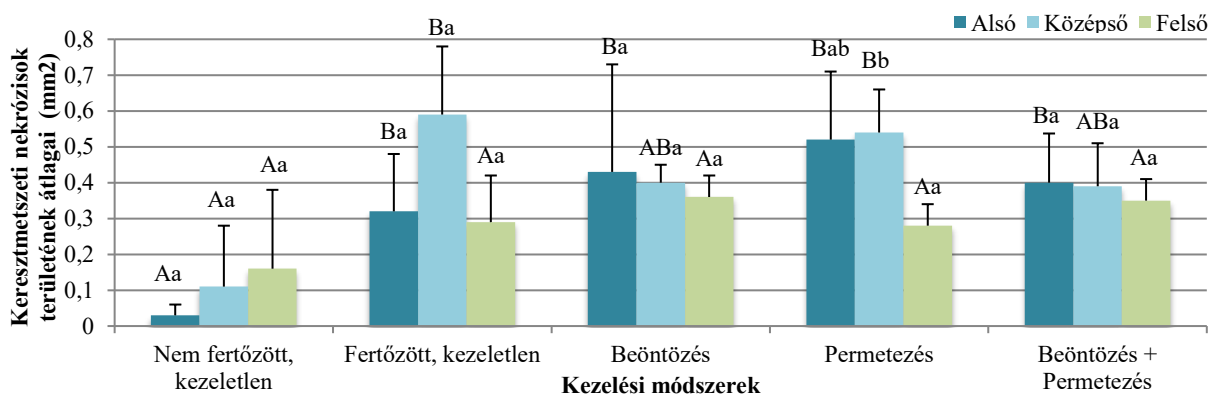
A xilémekben jelentkező nekrozis hosszúságának és a keresztmetszeti nekrozis hányadosának kéttényezős MANOVA módszerrel történő értékelése kimutatta, hogy külön a kezelések típusa (Wilk-féle $\lambda = 0,388$, $p < 0,01$) és külön a fertőzési pontok helye (Wilk-féle $\lambda = 0,804$, $p < 0,01$) egyaránt szignifikáns hatása volt a nekrozisokra. Azonban a két tényező együttesen már nem volt hatással a szövetelhalásra. Az egyes változók vizsgálatakor is azt tapasztaltuk, hogy a xilém nekrozis hosszúságára és a keresztmetszeti nekrozis hányadosra külön-külön hatással voltak mind a kezelések típusa ($F_{\text{xilém nekrozis}} (4;64) = 17,65$; $p < 0,001$; $F_{\text{keresztmetszeti nekrozis hányados}} (4;64) = 12,13$; $p < 0,001$), mind pedig az inokulációs pontok helye ($F_{\text{xilém nekrozis}} (2;64) = 4,90$; $p < 0,05$; $F_{\text{keresztmetszeti nekrozis hányados}} (2;64) = 3,58$; $p < 0,05$). A Games-Howell-féle *post hoc* teszt eredményei szerint a nem fertőzött, kezeletlen kontroll fák xilém nekrozisának hossza szignifikánsan kisebb volt a fertőzött csoportoktól. A fertőzött, kezeletlen és a fertőzött, növénykondicionálóval kezelt fák szövetelhalás méretei szignifikánsan nem különböztek egymástól (**21. ábra**, nagybetűk). A kezelések fertőzési pontjainak összehasonlítása során csak a beöntözéses kezelésnél kaptunk szignifikáns különbséget. Ennek során a felső fertőzési pont szövetelhalása szignifikánsan kisebb volt, mint a középső fertőzési ponté (**21. ábra**, kisbetűk). Az alsó fertőzési pontban jelentős szórást azonosítottunk, amelynek köszönhetően a másik két fertőzési ponttól szignifikánsan nem különbözött.



21. ábra A xilém nekrozisok hosszának átlagai (mm) és szórásai a különböző kezelési csoportokban és a három (alsó, középső, felső) fertőzési pontban

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (Games-Howell, $p < 0,05$). Nagybetűk: a kezelési módszerek összehasonlítása fertőzési pontonként, kisbetűk: a fertőzési pontok összehasonlítása kezelési módszerenként.

A keresztmetszeti nekrosis hányadosok Games-Howell-féle *post hoc* teszttel végzett értékelése során a fertőzött, kezeletlen és fertőzött, kezelt csoportok alsó fertőzési pontjai azonos statisztikai csoportba kerültek. Ezek szignifikánsan különböztek a nem fertőzött, kezeletlen kontroll fák szövetelhalásától. A nem fertőzött, kezeletlen fák középső sebzési pontjának keresztmetszeti nekrosis hányadosánál szignifikánsan nagyobb volt a fertőzött, kezeletlen és a permetezéssel csoportoké. A beöntözött és a beöntözött + permetezett kezelésű fák középső fertőzési pontjainak nekrosis értékei egyik kontroll csoporttól sem különböztek. A felső fertőzési pontban egyik kezelésnél sem azonosítottunk szignifikáns eltérést (**22. ábra**, nagybetűk). A kezelési csoportokon belüli fertőzési pontok nekrozisának összehasonlításakor a permetezéssel kezelt fánál azonosítottunk különbséget. A felső inokulációs pontban szignifikánsan kisebb volt a fák szövetelhalása, mint a középső fertőzési pontban (**22. ábra**, kisbetűk).



22. ábra A keresztmetszeti hányadosok átlagai (mm) és szórásai a különböző kezelési csoportokban és a három (alsó, középső, felső) fertőzési pontban

Jelmagyarázat: Az eltérő betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek (Games-Howell, $p < 0,05$). Nagybetűk: a kezelési módszerek összehasonlítása fertőzési pontonként, kisbetűk: a fertőzési pontok összehasonlítása kezelési módszerenként.

5.5.2.4. Felmért tünetek a szabadföldi vizsgálatban

Az első, részben elhalt fán az elhalt törzs részen termőtestek képződtek a második mérési időpontra. A második, részben elhalt fa alsó fertőzési pontja és gyökérnyak közötti életben maradt részéből új hajtások fejlődtek a harmadik mérési időpontra. Az elpusztult rész egyes pontjain szintén termőtestek jelentek meg.

A fertőzött, kezeletlen kontroll fák és a fertőzött, növénykondicionálókkel kezelt fák között több hasonlóságot is megfigyeltünk. Az első szemrevételezéstől kezdődően az alsó fertőzési pontoknál gyakran jelent meg mézga kiválás, míg a középső fertőzési pontoknál csak néhány esetben alakult ki **(23A. ábra)**. Ezek általában később sem szűntek meg. Mindkét csoportban a fertőzési pontok színe változatos volt, a világosbarnától a feketés barnáig terjedt. Mintázatot nem találtunk a sebek színe és azok kialakulási pontja között. Az első és második felvételezési időpontban a fertőzött, kezelt és fertőzött, kezeletlen fák főként alsó inokulálási pontjainál több esetben szöveti kollapszust figyeltünk meg, amelyek a harmadik időpontra teljesen felnyílt rákos sebekké váltak. A zárt és nyílt rákos sebek vertikális irányban nagyobbak voltak, mint horizontálisan. Az első két időpontban a sebek környéke általában puha volt. A szövetfeltárásokkal láthatóvá vált, hogy egyes sebek körül körkörös zonáltság alakult ki, amely a növénykondicionálóval kezelt fáknál gyakoribb volt. A második vizsgálati időpontra számos középső és felső inokulációs ponton, a szöveti nekrosis határán jelentős mennyiségű új szövet képződött. Néhány sebben termőtestképződést figyeltünk meg a második és harmadik vizsgálati időpontokban **(23B. ábra)**. A harmadik mérési időpontra majdnem az összes felső fertőzési pont körül, a középsők esetében pedig felénél a szövetek megkeményedtek **(23C. ábra)**, míg az alsó fertőzési pontok sebeinek többsége puha maradt. A második felmérési időponttól több fertőzött fa kéreg részén hosszirányú, vékony kéregrepedések jelentek meg. Ezekről a szövet feltárások során kiderült, hogy a floémában és xilémben húzódnak nekrosisok felett alakultak ki. A fertőzött kezelt és kezeletlen fák lombkoronáját vizsgálva egyenlő arányban fordult elő tüneteket mutató és egészséges. A tüneteket mutató lombkoronán kevesebb levél volt, amelyek lankadtak és fakózárd színűek voltak. Érdemes megjegyezni, hogy a lombkoronán nem csak a súlyos szöveti nekrosisokkal rendelkező fáknál alakultak ki tünetek.

A nem fertőzött, kezeletlen kontroll fák több tekintetben is eltérést mutattak a növénykondicionálóval kezelt és kezeletlen fertőzött növényekhez képest. Előbbi csoport fáinál kivétel nélkül világosbarna kérgű, élő szövettel zárt, kemény udvarú sebzési pontokat találtunk mindegyik vizsgálati időpontban. Termőtestképződést, kéregrepedéseket egyik esetben sem jegyeztünk fel. A lombzatok szemrevételezése alapján a fák egészségeseknek látszottak.



23. ábra Néhány tünet a *Cytospora sorbicola* kórokozóval fertőzött szabadföldi oltványokon

(Foto: Kiss és Koncz)

Jelmagyarázat: **A.)** mézgakiválással kísért nyílt seb, az egyik beöntözéses kezelésű oltványon a második vizsgálati időpontban; **B.)** termőtestképződés és koncentrikus mintázat az egyik beöntözéses + permetezéses kezelésű oltványon a harmadik felvételezés során; **C.)** kalluszosodott seb, felszíni gyulladás az egyik beöntözéses + permetezéses kezelésű oltványon a második vizsgálati időpontban.

5.5.3. Fungicid hatóanyagok hatása a *Cytospora sorbicola* faj növekedésére *in vitro* körülmények között

A kaptán hatóanyag alkalmazása mellett egyik dózisban sem tapasztaltunk micélium növekedést a mérgezett agarlemezekeken (**24. ábra**). Egy kismértékű fejlődést csak a növényvédő szer tízszeres hígítása mellett tapasztaltunk. Ekkor a mérgezett agarlemezekre ráoltott micéliumkorongon megindult a kórokozó növekedése, de arról nem terjedt tovább a gomba.

A tribázikus rézszulfát-1 hatóanyag használati dózisban gátolta az összes izolátum növekedését. Az 50%-ra csökkentett dózis mellett csak a sóskúti izolátumnál figyeltünk meg növekedést (**24. ábra**). A hatóanyag 10%-os dózisa mellett már mindegyik izolátum növekedésnek indult.

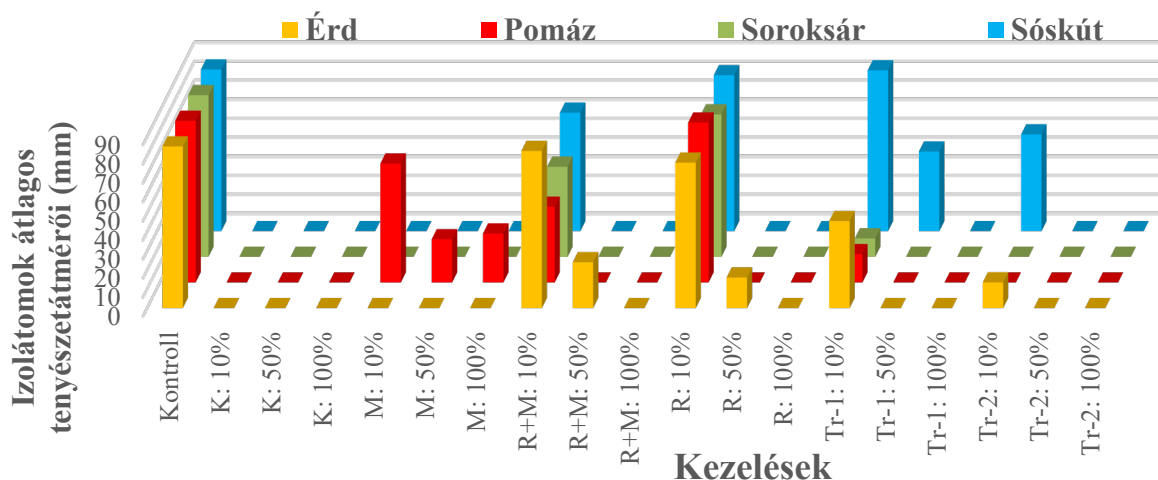
A tribázikus rézszulfát-2 hatóanyag 100%-os és 50%-os dózisokban gátolta a *C. sorbicola* izolátumok növekedését. A hatóanyag 10%-os dózisa mellett csak az érdi és a sóskúti izolátumok indultak növekedésnek (**24. ábra**).

A réz+mankocéb hatóanyag-keverék üzemi gyakorlatban használt dózisének alkalmazásakor nem tapasztaltunk hifanövekedést egyik izolátum esetében sem. Az 50%-ra csökkentett dóziséknél csak az érdi izolátum mutatott micélium fejlődést. A 10%-ra csökkentett dózis mellett az összes izolátum fejlődésnek indult (**24. ábra**).

A rézhidroxid 100%-os dózisa mellett nem tapasztaltunk tenyészetfejlődést egyik izolátum esetében sem. Az 50%-ra csökkentett hatóanyag dózis alkalmazásakor az érdi izolátum mutatott növekedést. A 10%-ra csökkentett hatóanyag dózis egyik izolátum növekedését sem tudta megakadályozni (**24. ábra**).

A mankoceb hatóanyag mindhárom dózisének alkalmazása mellett a pomázi izolátum képes volt növekedésnek indulni. A másik három izolátumnál fejlődést nem azonosítottunk (**24. ábra**).

A kontroll kezeléseknél az izolátumok tenyészei 4–7 nap alatt nőtték be a Petri-csészéket (24. ábra). Az egy nap alatt bekövetkezett legnagyobb átlagnövekedés 39 mm volt.



24. ábra *Cytospora sorbicola* izolátumok átlagos tenyészetátmérője, amikor a kontroll tenyészetek teljesen benőtték a Petri-csészéket (Érd: 7 mérési nap; Pomáz: 7 mérési nap; Soroksár: 6 mérési nap; Sósikút: 6 mérési nap)

Jelmagyarázat: K: Kaptán, M: Mankoceb, R+M: Réz+Mankoceb, R: Rézhidroxid, Tr-1: Tribázikus rézszulfát-1, Tr-2: Tribázikus rézszulfát-2; 100%: a fungicid engedélyezett felhasználási dózisa, 50%: a fungicid engedélyezett felhasználási dózisa felére hígítva, 10%: a fungicid engedélyezett felhasználási dózisa tízszeresére hígítva.

A növekedésnek indult tenyészeteknél mért adatokat izolátumok és növekedési csoportok szerint tovább elemeztük (a 4.6.4.3. fejezetben leírtak szerint) és értékeltük.

Érdi izolátum

A vizsgálat során korai, késői és összesített vizsgálati csoportokat hoztunk létre. A korai csoportban a 10%-os réz + mankoceb, a 10%-os rézhidroxid, a 10%-os tribázikus rézszulfát-1 és a kontroll kezelések szerepeltek. Az összes kontroll tenyészet a 8. napra teljesen benőtte a Petri-csészéket. A 2–7. napig tartó időintervallum vizsgálata kimutatta, hogy a kezelés és az idő hatás tényezők, valamint ezek kölcsönhatása is szignifikáns hatással voltak a tenyészetek növekedésére ($F_{\text{kezelés}}(3;406)=558,17$; $p<0,001$; $F_{\text{idő}}(2,0;78,8)=3193,28$; $p<0,001$; $F_{\text{kezelés+idő}}(5,9;78,8)=80,47$; $p<0,001$). A kezelések hatását vizsgáló *post hoc* teszt alapján az alábbi csökkenő sorrend alakult ki: 10%-os tribázikus rézszulfát-1 > 10%-os rézhidroxid $\geq$ 10%-os réz + mankoceb $\geq$ kontroll (Games-Howell teszt, $p<0,05$). A 3. mérési naptól kezdődően a kezelések mellett a tenyészetek méretei minden nap szignifikánsan növekedtek az előző napi értékekhez viszonyítva, egyetlen kivétellel (Bonferroni-féle vizsgálat, $p<0,05$). A kontroll tenyészetek az 5. napról a 6. napra nem mutattak szignifikáns növekedést. Ez arra volt visszavezethető, hogy a tenyészetek széle megközelítette a Petri-csészék falát, így a növekedési ütemük lelassult (M34. melléklet).

A késői csoportban a 10%-os tribázikus rézsulfát-2, az 50%-os rézhidroxid és az 50%-os réz + mankoceb kezelések 5–7. napig tartó vizsgálata alapján a kezelés és az idő hatás tényezők külön-külön, valamint a két tényező kölcsönhatása is szignifikánsan befolyásolták a tenyészetek növekedését ($F_{\text{kezelés}} (2;27)=1455,52; p<0,001$; $F_{\text{idő}} (1,2;33,3)=258,26; p<0,001$; $F_{\text{kezelés+idő}} (2,5;33,3)=37,20; p<0,001$). A kezelések hatását vizsgáló Games-Howell *post hoc* teszt ($p<0,05$) alapján a következő (csökkenő) sorrendet állítottuk fel: 10%-os tribázikus rézsulfát-2 > 50%-os rézhidroxid > 50%-os réz + mankoceb. A Bonferroni-féle vizsgálat ($p<0,05$) szerint a 6. mérési naptól a kezelések mellett a tenyészetek mérete minden nap szignifikánsan növekedett az előző napokon mértékhez képest (**M34. melléklet**).

Az összesített csoportban a korai és a késői csoportok kezeléseit együttesen vizsgáltuk meg. Az 5–7. napi megfigyelések alapján a kezelés, az idő hatás, valamint a két tényező kölcsönhatása is szignifikáns hatással volt tenyészetek növekedésére ($F_{\text{kezelés}} (6;67)=2411,26; p<0,001$; $F_{\text{idő}} (1,4;93,2)=570,44; p<0,001$; $F_{\text{kezelés+idő}} (8,3;93,2)=32,30; p<0,001$). A kezelések hatásának erőssége alapján a következő csökkenő sorrendet állítottuk fel: 10%-os tribázikus rézsulfát-2 > 50%-os rézhidroxid > 50%-os réz + mankoceb > 10%-os tribázikus rézsulfát-1 > 10%-os rézhidroxid $\geq$ 10%-os réz + mankoceb $\geq$ kontroll (Games-Howell teszt, $p<0,05$). A Bonferroni-féle vizsgálat ($p<0,05$) kimutatta, hogy 6. mérési naptól kezdődően a fungicides kezelések mellett a tenyészetek mérete minden nap szignifikánsan növekedett az előző napokon mértékhez képest. A kontroll tenyészetek növekedési üteme az 5. és 6. napon lelassult (a korai csoportnál említett ok miatt), ezért csak a 6. és a 7. nap között volt kimutatható szignifikáns növekedés (**M34. melléklet**).

Pomázi izolátum

A növekedési ütemek alapján korai, késői és összesített vizsgálati csoportokat hoztunk létre. A korai csoportban a 2–6. napok között végeztük el a méréseket, amelyben a 10%-os rézhidroxid, a 10%-os mankoceb, a 10%-os réz + mankoceb és a kontroll kezelések szerepeltek. A kontroll tenyészetek a 7. napra nőttek be teljesen a Petri-csészéket. A kezelés, az idő hatása, valamint ezeknek a tényezőknek kölcsönhatása is szignifikánsan befolyásolta a tenyészetek fejlődését ($F_{\text{kezelés}} (3;36)=127,14; p<0,001$; $F_{\text{idő}} (1,3;47,8)=327,87; p<0,001$; $F_{\text{kezelés+idő}} (4;47,8)=10,32; p<0,001$). A *post-hoc* teszt alapján a kezelések hatásai között a következő (csökkenő) sorrend alakult ki: 10%-os réz + mankoceb > 10%-os mankoceb > 10%-os rézhidroxid és kontroll (Games-Howell teszt, $p<0,05$). A Bonferroni-féle vizsgálat ($p<0,05$) kimutatta, hogy a fungicid hatóanyagok kezeléseiben a 3. mérési naptól kezdődően a tenyészetek mérete minden nap szignifikánsan növekedett az előző napokon mértékhez képest. A kontroll kezelés esetében csak a 4. naptól voltak igazolhatóan nagyobbak a tenyészetek, amely

a 2. és 3. napi magas szórásokra volt visszavezethető (**M35. melléklet**).

A késői csoportban 4–7. napok között vizsgáltuk a kezeléseket. A vizsgálatba a 10%-os tribázikus-rézszulfát-1, az 50%-os és 100%-os mankoceb kezeléseket vontuk be. A kezelés, az idő hatás valamint a két tényező kölcsönhatása is szignifikánsan hatott a tenyészetek növekedésére ($F_{\text{kezelés}} (2;19)=30,60; p<0,001$; $F_{\text{idő}} (1,8;34,8)=103,31; p<0,001$; $F_{\text{kezelés+idő}} (3,7;34,8)=10,77; p<0,001$). A kezelések hatását összehasonlító *post hoc* teszt alapján a következő csökkenő sorrend állt fel: 10%-os tribázikus-rézszulfát-1 > 50%-os mankoceb $\geq$ 100%-os mankoceb (Games-Howell teszt, $p<0,05$). Az idő hatás tekintetében csak az 50%-os mankoceb kezelésnél (5. naptól kezdődően) voltak minden nap szignifikánsan nagyobbak a tenyészetek az előző napokon mért adatokhoz viszonyítva. A 10%-os tribázikus-rézszulfát-1 esetében az 5. napi gyengébb növekedés miatt csak a 4., a 6. és a 7. napok között volt szignifikáns különbség. A 100%-os mankoceb kezelésnél a vizsgálati napokon a tenyészet átmérői között szignifikáns eltérést nem azonosítottunk (Bonferroni-féle vizsgálat, $p<0,05$; **M35. melléklet**).

Az összesített vizsgálati csoportban a korai és a késői csoportok összes kezelési típusát figyelembe vettük. A 4–6. napig terjedő időszak vizsgálata alapján a kezelés, az idő hatás, valamint a két tényező kölcsönhatása is szignifikánsan befolyásolta a tenyészetek növekedését ($F_{\text{kezelés}} (6;55)=309,20; p<0,001$; $F_{\text{idő}} (2,8; 98,8)=437,34; p<0,001$; $F_{\text{kezelés+idő}} (10,8;98,8)=22,75; p<0,001$). A kezelések hatását vizsgáló Games-Howell *post hoc* teszt ($p<0,05$) eredménye szerint a következő csökkenő sorrendet állítottuk fel: 10%-os tribázikus rézszulfát-1 $\geq$ 50%-os mankoceb és 100%-os mankoceb $\geq$ 10%-os réz + mankoceb > 10%-os mankoceb > 10%-os rézhidroxid és kontroll. A 100%-os mankoceb és a 10%-os tribázikus rézszulfát kezeléseket kivéve, a többi kezelésnél az 5. naptól kezdődően a tenyészetek nagysága minden mérési napon szignifikánsan növekedett az előző napokon mértetekhez képest. A 10%-os tribázikus rézszulfát esetében az 5. napon a növekedési ütem csökkenése miatt csak a 4. és a 6. nap között volt szignifikáns különbség a tenyészetek növekedésében. A 100%-os mankoceb kezelésnél szignifikáns eltérés nem volt a vizsgálati napokon mért tenyészet átmérők között (Bonferroni-féle vizsgálat, $p<0,05$; **M35. melléklet**).

Soroksári izolátum

A kezelések melletti növekedések vizsgálatához korai és késői csoportokat hoztunk létre. A korai csoportban a kontroll tenyészetek az 5. napra teljesen benőtték a Petri-csészéket. Ezért az elemzéseket csak a 2–4. mérési napok között tudtuk elvégezni a kontroll, a 10%-os réz + mankoceb és a 10%-os rézhidroxid kezeléseken. A kezelés, az idő hatás, valamint a két tényező kölcsönhatása is szignifikáns hatással volt a tenyészetek növekedésére ($F_{\text{kezelés}} (2;25)=377,37; p<0,001$; $F_{\text{idő}} (2;50)=1268,15; p<0,001$; $F_{\text{kezelés+idő}} (4;50)=112,46; p<0,001$). A Games-Howell

post-hoc teszt ($p < 0,05$) alapján a kezelések hatásai között a következő csökkenő sorrendet állítottuk fel: 10%-os réz + mankoceb > 10%-os rézhidroxid > kontroll (**M36. melléklet**).

A késői csoportban a vizsgálatokat a 4–6. napok között a 10%-os rézhidroxid, a 10%-os réz + mankoceb és a 10%-os tribázikus rézsulfát-1 kezeléseken végeztük el, amely alapján a kezelés, az idő hatás, valamint a két tényező kölcsönhatása szignifikánsan befolyásolta a tenyészetek növekedését ($F_{\text{kezelés}} (2;25)=1337,81$; $p < 0,001$; $F_{\text{idő}} (1,6;39,3)=179,83$; $p < 0,001$; $F_{\text{kezelés+idő}} (3,1;39,3)=42,24$; $p < 0,001$). A Games-Howell *post-hoc* teszt alapján a kezelések hatásai között a következő csökkenő sorrendet határoztuk meg: 10%-os tribázikus rézsulfát-1 > 10%-os réz + mankoceb > 10%-os rézhidroxid. Az idő hatás tekintetében a Bonferroni-féle vizsgálat ($p < 0,05$) kimutatta, hogy a korai és a késői csoportokban a 3., illetve a 5. mérési naptól kezdődően a tenyészetek minden mérési napon szignifikánsan nagyobbak voltak az előző napokon mértékhez képest (**M36. melléklet**).

Sóskúti izolátum

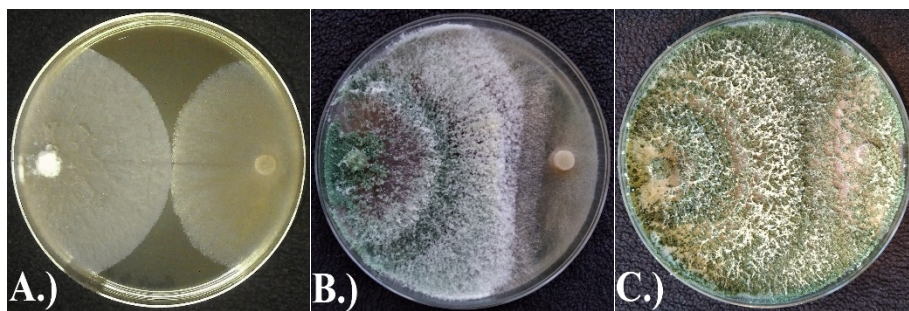
A sóskúti izolátum tenyészetei a különböző kezelések mellett ugyanazon a mérési napon kezdtek fejlődni, így azokat együttesen vizsgáltuk. A kontroll tenyészetek a 6. napon nőttek be a Petri-csészéket. Az 1–5. napok közötti időintervallum vizsgálata alapján a kezelés, az idő hatás, valamint a kezelés az idő hatás tényezők kölcsönhatása szignifikáns hatással volt tenyészetek növekedésére ($F_{\text{kezelés}} (5;54)=294,46$; $p < 0,001$; $F_{\text{idő}} (2,5;127,6)=4014,76$; $p < 0,001$; $F_{\text{kezelés+idő}} (3,1;127,6)=171,60$; $p < 0,001$). A kezelések hatását vizsgáló Games-Howell teszt ($p < 0,05$) szerint a következő csökkenő sorrend alakult ki: 50%-os tribázikus rézsulfát-1 > 10%-os tribázikus rézsulfát-2 > 10%-os réz + mankoceb > 10%-os rézhidroxid $\geq$ 10%-os tribázikus rézsulfát-1 $\geq$ kontroll. A Bonferroni-féle vizsgálat ($p < 0,05$) alapján a 2. vizsgálati naptól kezdődően a tenyészetek mérete minden nap szignifikánsan növekedett az előző napokon mértékhez képest (**M37. melléklet**).

5.5.4. A *Trichoderma asperellum* 'T34' *Cytospora sorbicola* kórokozóval szembeni térkompetíciós és parazitáló képessége *in vitro* körülmények között *in vitro* körülmények között

A vizsgálatba vont *C. sorbicola* „E2s” és „G3s” izolátumok kontroll tenyészetei 5–6 nap alatt, míg a *T. asperellum* kontroll tenyészetei 3–5 nap alatt nőttek be a Petri-csészéket.

Az egyidejű leoltás esetében, a mikoparazita mindkét kórokozó izolátumával a 2. és 3. vizsgálati napon nőtt össze. Ezeken a napokon a hiperparazita kórokozó növekedésére gyakorolt gátlóhatása 20–44,9% között volt (**17. táblázat**). Az összenövést követően a mikoparazita ránőtt a kórokozó tenyészetekre és a 7. napra teljesen elfedte azokat (**25. ábra**). A hiperparazita a kórokozó nélküli részen a 2–3. naptól, az E2s izolátum telepein a 8. naptól és a G3s izolátum

telepein a 7. naptól sporulált.



25. ábra A *Trichoderma asperellum* 'T34' (baloldali) és a *Cytospora sorbicola* (jobb oldali) telepeinek fejlődése

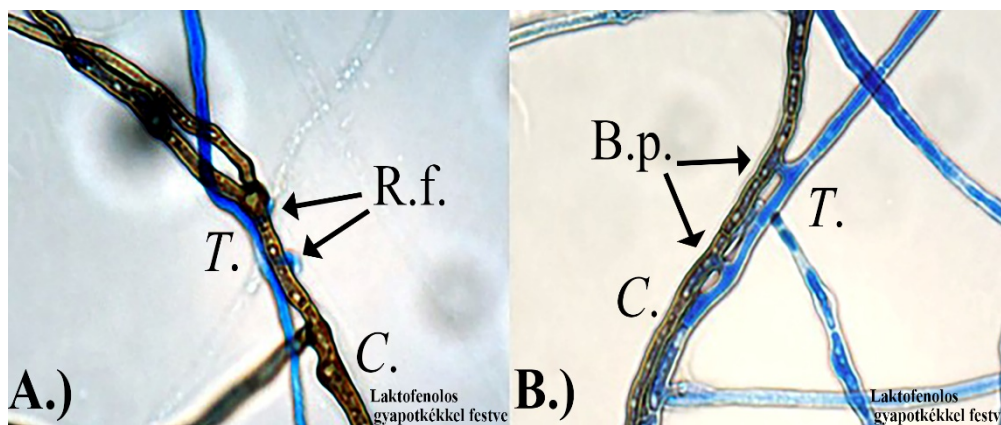
Jelmagyarázat: A.) a hiperparazita és a kórokozó telepeinek találkozása; B.) a hiperparazita ránő a kórokozó telepére; C.) a hiperparazita teljesen elfedi a kórokozó telepét.

17. táblázat A *Trichoderma asperellum* 'T34' törzs *Cytospora sorbicola* E2s és G3s izolátumaira kifejtett növekedésgátlásának mértéke

Hiperparazita leoltása a kórokozó leoltásához viszonyítva	Vizsgálati napok	G3s izolátum növekedésgátlása (%)	E2s izolátum növekedésgátlása (%)
Egyidejű	2. nap	29,2	20,0
	3. nap	41,5	44,9
Késleltetett	3. nap	0,9	1,9
	4. nap	24,8	22,7

A késleltetett módszernél a hiperparazita és a kórokozó telepei a hiperparazita leoltását követő 1. és 2. napon (a kórokozó leoltását követő 3. és 4. napon) érintkezett. Ezeken a napokon a növekedésgátlás 0,9–24,8%-ig terjedt. A G3s izolátum esetében a 4–5., míg az E2s izolátum esetében az 6. vizsgálati napon a mikoparazita és a kórokozó telepek határán egy sárga színű sáv alakult, amely a következő napokban fokozatosan kisebbé és zöldebbé vált, majd teljesen eltűnt. A kórokozó telepek látható részén a telepek színe a 2. (G3s izolátum), illetve a 6. (E2s izolátum) vizsgálati napon fehérről barnás fehérre változott. Ez a kontroll G3s izolátumnál a 3., az E2s izolátumnál pedig a 7. napon következett be. A mikoparazita tenyésztete a kórokozó nélküli részen a leoltását követő 3. napon (5. vizsgálati nap), míg a G3s és az E2s izolátumok telepein a 6. napon (8. vizsgálati napon) sporulált. A hiperparazita a 9. napon (11. vizsgálati napon) nőtte be teljesen a kórokozó telepeit. Mind az egyidejű és a késleltetett módszernél a mikoparazita tenyésztete, a kórokozó nélküli részhez hasonlóan, a kórokozó telepeken is zonált, sárgás-zöld és zöld volt. A kórokozó kontroll tenyésztetein a 18-20. naptól kezdődően, míg az egyidejű és a késleltetett leoltási módszer kórokozó tenyésztetein nem volt megfigyelhető termőtestképződés.

A mikoparazita és a kórokozó telepeinek érintkezésekor az érintkezési zóna mikroszkópos vizsgálata segítségével megállapítottuk, hogy a *T. asperellum* 'T34' képes volt parazitálni a *C. sorbicola* hifáit, amelynek során a *T. asperellum* hifái ráfonódtak (**26A. ábra**), valamint behatoltak a kórokozó gombafonalaiba (**26B. ábra**).



26. ábra *Cytospora sorbicola* („C.”) hifáit parazitáló *Trichoderma asperellum* ’T34’ („T.”) (400x-os nagyítás; Foto: Izsépi és Koncz)

Jelmagyarázat: A.) a hiperparazita ráfonódik („R.f.” = Ráfonódás) a kórokozó hifájára; B.) a hiperparazita behatol („B.p.” = Behatolási pontok) a kórokozó hifájába.

5.6. A kajszifajták és alany változatok fogékonyságának értékelése az apoplexia vonatkozásában

5.6.1. Kajszifajták fogékonyságának értékelése

Érdi ültetvény

Az ültetvényben a vizsgált három fajtánál kapott betegség gyakorisági értékek szignifikánsan eltértek egymástól. A legkisebb betegség gyakoriságot a ’Zebra’, míg a legnagyobbat a ’Sweetcot’ fajtánál azonosítottuk. A két fajta között helyezkedett el a ’Flavorcot’ (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$). Továbbá, a legkisebb tünetsúlyosság-indexszel a ’Zebra’, míg a legmagasabbal a ’Sweetcot’ rendelkezett. A ’Flavorcot’ betegség súlyossága a másik két fajta között helyezkedett el. A három fajta fapusztulás aránya szintén szignifikánsan különbözött egymástól, az előzővel megegyező mintázatot mutatva (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$; **18. táblázat**).

18. táblázat Az érdi ültetvényben vizsgált fajták betegség gyakoriságainak és a fapusztulás arányainak összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$), valamint a tünetsúlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA)

Fajta (Nemes)	Betegség gyakoriságok összehasonlítása*	TSI (%)	FA (%)	Fapusztulás arányok összehasonlítása*
’Flavorcot’	B	23,8	24,3	B
’Sweetcot’	C	35,3	40	C
’Zebra’	A	11,1	11,2	A

Jelmagyarázat: *a különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek.

Sóskúti ültetvény

Sóskúton a 'Myrobalan' alanyú fajták betegség gyakoriságát vizsgáló Marascuilo-teszt ($p<0,05$) alapján a 'Bergeron' fajtánál szignifikánsan kisebb betegség gyakoriságot azonosítottunk, mint a 'Gönci magyar kajszi', a 'Magyarkajszi C.235' és 'Tomcot' fajtáknál. A 'Mandulakajszi' betegség gyakorisága szignifikánsan nem különbözött a 'Bergeron' fajtaétól, de az előbbi alacsonyabb tünet súlyosság-indexszel rendelkezett. A 'Gönci magyar kajszi', a 'Magyarkajszi C.235' és 'Tomcot' fajták tünet súlyosság-index értéke magas, 46% fölötti volt. A legkisebb fapusztulás aránnyal a 'Mandulakajszi' rendelkezett, amelytől szignifikánsan nagyobb volt a többi fajtaé (Marascuilo-teszt, $p<0,05$; **19. táblázat**).

19. táblázat A sóskúti ültetvényben vizsgált 'Myrobalan' alanyon lévő fajták betegség gyakoriságainak és a fapusztulás arányainak összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p<0,05$), valamint a tünet súlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA)

Fajta (Nemes)	Betegség gyakoriságok összehasonlítása*	TSI (%)	FA (%)	Fapusztulás arányok összehasonlítása*
'Bergeron'	A	30,2	35	B
'Gönci magyar kajszi'	C	49,4	62,5	C
'Mandulakajszi'	AB	24,9	8,3	A
'Magyarkajszi C.235'	BC	46,9	40	B
'Tomcot'	C	46,1	26,7	B

Jelmagyarázat: *A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek.

A szilvatörzs közbenoltású 'Myrobalan' alanyú fajtákon a betegség gyakoriság értékei között szignifikáns különbség nem volt (Marascuilo-teszt, $p>0,05$). Azonban a legkisebb tünet súlyosság-index értékkel a 'Mandulakajszi' rendelkezett, amelytől számottevően magasabb volt a 'Bergeron' és a 'Gönci magyar kajszi' fajtáké. A 'Bergeron' és a 'Mandulakajszi' fapusztulás aránya statisztikailag alátámasztottan alacsonyabb volt, mint a 'Gönci magyar kajszi' fajtaé (Marascuilo-teszt, $p<0,05$; **20. táblázat**).

20. táblázat A sóskúti ültetvényben vizsgált szilvatörzs közbenoltású 'Myrobalan' alanyon lévő fajták betegség gyakoriságainak és a fapusztulás arányainak összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p<0,05$), valamint a tünet súlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA)

Fajta (Nemes)	Betegség gyakoriságok összehasonlítása*	TSI (%)	FA (%)	Fapusztulás arányok összehasonlítása*
'Bergeron'	A	42,3	3,1	A
'Gönci magyar kajszi'	A	39,3	26,7	B
'Mandulakajszi'	A	25,4	1,7	A

Jelmagyarázat: *A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek.

A betegség gyakoriság vizsgálata során mind a három vadkajsi alanyú fajta szignifikánsan különbözött egymástól (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$). A legkisebb betegség gyakorisággal a 'Bergeron', a legnagyobb pedig a 'Gönci magyar kajsi' rendelkezett. A két fajta között helyezkedett el a 'Mandulakajsi'. Kiemelkedően magas tünet súlyosság-indexet számítottunk a 'Gönci magyar kajsi'-nál, amelytől számottevően alacsonyabb volt a 'Mandulakajsi' és a 'Bergeron' fajtáké. Azonban az utóbbi két fajtán is jelentős volt a tünetek súlyossága ($> 31\%$). A 'Mandulakajsi' fákból igazolhatóan kevesebb pusztult el, mint a másik két fajtából (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$; **21. táblázat**).

21. táblázat A sóskúti ültetvényben vizsgált vadkajsi alanyon lévő fajták betegség gyakoriságainak és a fapusztulás arányainak összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$), valamint a tünet súlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA)

Fajta (Nemes)	Betegség gyakoriságok összehasonlítása*	TSI (%)	FA (%)	Fapusztulás arányok összehasonlítása*
'Bergeron'	A	31,4	31	B
'Gönci magyar kajsi'	C	54,9	41,7	B
'Mandulakajsi'	B	31	10	A

Jelmagyarázat: *A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek.

5.6.2. Az alany változatok fogékonyságának értékelése kajszifajtától függetlenül

A sóskúti ültetvényben vizsgált alany változatok ('Myrobalan', szilvatörzs közbenoltású 'Myrobalan', vadkajsi) fogékonyságát az apoplexia kórokozóra a nemes résztől függetlenül is felmértük. Az összehasonlított betegség gyakoriságok között szignifikáns különbséget nem azonosított a Marascuilo-teszt ($p > 0,05$). A legmagasabb tünet súlyosság-indexet a vadkajsinál számoltuk ki, amelytől a két 'Myrobalan' alany változat értékei 5%-kal maradtak el. A szilvatörzs közbenoltású 'Myrobalan' alany szignifikánsan kisebb fapusztulással rendelkezett, mint a másik két alany változat (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$; **22. táblázat**).

22. táblázat A sóskúti ültetvényben vizsgált 'Myrobalan', szilvatörzs közbenoltású 'Myrobalan' és vadkajsi alanyok betegség gyakoriságainak és a fapusztulás arányainak összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$), valamint azok tünet súlyosság-indexei (TSI) és fapusztulás arányai (FA)

Fajta (Alany)	Betegség gyakoriságok összehasonlítása*	TSI (%)	FA (%)	Fapusztulás arányok összehasonlítása*
'Myrobalan'	A	35,4	35,3	B
Szilvatörzs közbenoltású 'Myrobalan'	A	35,4	14,4	A
vadkajsi	A	40,2	27,4	B

Jelmagyarázat: *A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek.

5.6.3. Az alany változatok fogékonyságának értékelése kajszfajtánként

A sós-kúti ültetvényben a 'Bergeron', a 'Gönci magyar kajszi' és a 'Mandulakajszi' fajtánál az **5.7.1. fejezetben** már említett 3 alany változatot kajszfajtánként összehasonlítottuk.

A 'Myrobalan' és a vadkajszi alanyú 'Bergeron' fák az apoplexia szignifikánsan kisebb mértékben jelent meg, mint a szilvatorzsos közbenoltású 'Myrobalan' alanyúakon (Marascuilo teszt, $p < 0,05$). Mindhárom alany változat tünet súlyosság-indexe 30% feletti volt, de a legnagyobb arányt a szilvatorzsos közbenoltású 'Myrobalan' alanyánál azonosítottuk. Ugyanakkor a szilvatorzsos 'Myrobalan' alanyú fák pusztulási aránya igazolhatóan kisebb volt, mint a másik két alany esetében (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$; **23. táblázat**).

23. táblázat A sós-kúti ültetvényben vizsgált 'Bergeron' fajta esetében az alany változatokénti betegség gyakoriságok és a fapusztulás arányok összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$), valamint a tünet súlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA)

Fajta (Alany)	Betegség gyakoriságok összehasonlítása*	TSI (%)	FA (%)	Fapusztulás arányok összehasonlítása*
'Myrobalan'	A	30,3	35	B
Szilvatorzs közbenoltású 'Myrobalan'	B	40,3	15,4	A
vadkajszi	A	31,4	31	B

Jelmagyarázat: *A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek.

A 'Gönci magyar kajszi' két 'Myrobalan' alany változatának betegség gyakorisága szignifikánsan kisebb volt a vadkajsziétól (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$). A legkisebb tünet súlyosság-indexet a szilvatorzs közbenoltású 'Myrobalan' alanyánál, míg a legnagyobbat a vadkajszinál azonosítottuk. Utóbbi arányától csak kismértékben alacsonyabb a 'Myrobalan' alany értéke. A három alany változat fapusztulás aránya szignifikánsan különbözött egymástól (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$; **24. táblázat**). A legkisebb fapusztulást a szilvatorzsos közbenoltású 'Myrobalan' alanyánál azonosítottuk, amelytől számottevően nagyobb volt a vadkajszi fapusztulási aránya. Azonban a 'Myrobalan' alanyánál, a vadkajsziénál is magasabb, 60% feletti fapusztulást figyeltünk meg.

24. táblázat A sós-kúti ültetvényben vizsgált 'Gönci magyar kajszi' fajta esetében az alany változatonkénti betegség gyakoriságok és a fapusztulás arányok összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$), valamint a tünet súlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA)

Fajta (Alany)	Betegség gyakoriságok összehasonlítása*	TSI (%)	FA (%)	Fapusztulás arányok összehasonlítása*
'Myrobalan'	A	49,4	62,5	C
Szilvatorzs közbenoltású 'Myrobalan'	A	39,3	26,7	A
vadkajszi	B	54,9	41,7	B

Jelmagyarázat: *A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek.

A 'Mandulakajszi' három alany változatának betegség gyakoriságát vizsgáló Marascuilo-teszt szignifikáns különbséget nem mutatott ki ($p > 0,05$). A két 'Myrobalan' alany változat tünet súlyosság-indexe közel azonos volt, amelyektől kis mértékben magasabb értékkel rendelkezett a vadkajszi alany. A szilvatorzs közbenoltású 'Myrobalan' alany változat fapusztulás aránya szignifikánsan különbözött a vadkajszi alanyétól. A 'Myrobalan' alany szignifikánsan egyik alanytól sem különbözött (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$; **25. táblázat**).

25. táblázat A sós-kúti ültetvényben vizsgált 'Mandulakajszi' fajta esetében az alany változatonkénti betegség gyakoriságok és a fapusztulás arányok összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$), valamint a tünet súlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA)

Fajta (Alany)	Betegség gyakoriságok összehasonlítása*	TSI (%)	FA (%)	Fapusztulás arányok összehasonlítása*
'Myrobalan'	A	24,9	8,3	AB
Szilvatorzs közbenoltású 'Myrobalan'	A	25,4	1,7	A
vadkajszi	A	31	10	B

Jelmagyarázat: *A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek.

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK

Munkánk során komplex megközelítéssel vizsgáltuk a 'Ca. Phytoplasma prunorum', a *P. syringae* és a *Cytospora*-fajok szerepét a kajszi gutaütésében Eichmeier *et al.* (2019) és Rejlová *et al.* (2021) munkáihoz hasonlóan. Korábbi tanulmányok is ezeket a fajokat emelik ki a kajszi apoplexiás betegségének elsődleges kórokaiként Közép-Európában (Klement, 1977a; Rozsnyay, 1977a; Rozsnyay és Klement, 1977; Süle, 2014). Ugyan a fent említetteken kívül más kórokozók is összefüggésbe hozhatók a kajszi apoplexiájával, például *Verticillium* spp., *Eutypa lata* (Persoon) Tulasne & C.Tulasne, *Armillariella mellea* (Vahl.) Karst, *Phytophthora* spp. (Klement, 1977b; Pane *et al.*, 2009), azonban vizsgálataink ezekre nem terjedtek ki. Felméréseinket árutermő ültetvényekben végeztük, 8–13 éves fákat vizsgálva, míg a *Verticillium dahliae* Klebahn -t több szerző is inkább a fiatalabb (4–6 éves) kajszifák esetében tartja igazán jelentősnek (Popushoi, 1977; Stapleton *et al.*, 1993; Colella *et al.*, 2004). Más vélemények szerint a kórokozó jelenléte a kajszi-ültetvényekben szorványos (Pénzes *et al.*, 2003). A *Phytophthora*-fajokat hazánkban kajsziról még nem mutatták ki. A melegigényes *E. lata* pedig inkább a mediterrán országokban bizonyult nagyobb jelentőségűnek (Klement, 1977b; Rozsnyay, 1977b).

6.1. Az apoplexia kórokozóinak jelentősége és hatása a tünetek megjelenésére kajszifákon

A vizsgált növényekben igazoltuk a 'Ca. Phytoplasma prunorum', a *P. syringae* fajkomplex tagjainak, illetve a *C. cincta*, a *C. leucostoma* és a *C. sorbicola* gombafajok jelenlétét. Ezek gyakorisága, megoszlása és a tünetek kialakulására gyakorolt hatása eltérőnek bizonyult.

Ha nem vesszük figyelembe, hogy a vizsgált kórokozók együttesen is előfordultak (hanem csak külön-külön, egymástól függetlenül értékeljük a gyakoriságukat a tesztelt növényekben), akkor a mintáinkban leggyakrabban a 'Ca. Phytoplasma prunorum' fordult elő (a minták 28,1%-ában), amelyet a *Cytospora*-fajok (23,8%) és a *P. syringae* fajkomplex tagjai (17,5%) követték. Ezek az arányok közel azonosak voltak egyes ültetvények egy adott kórokozó előfordulását célzó monitoring eredményeivel (Scortichini, 2006; Pokharel és Larsen, 2009a; Ami *et al.*, 2016; Yıldız *et al.*, 2016; Ivić *et al.*, 2017), míg más esetekben jelentősen alacsonyabbak voltak (Kotan és Şahin, 2002; Pokharel, 2013; Nečas *et al.*, 2015; Jarausch *et al.*, 2019; Riedle-Bauer *et al.*, 2019; Doolotkeldieva és Bobusheva, 2020).

Ha a mintáink fertőzöttség felmérése során figyelembe vesszük a vizsgált kórokozók egyedi és kevert fertőzését is, akkor is a 'Ca. Phytoplasma prunorum' egyedi fertőzése adta a legnagyobb gyakoriságot (15,6%). A fertőzött fák közül pedig 29,7%-ból volt kimutatható a fitoplazma egyedi fertőzése. A többi egyedi fertőzés típusból a *Cytospora*-fajokat (összes fa esetében: 12,5%; fertőzött fák esetében: 23,8%) magasabb gyakorisággal figyeltük meg, mint a

P. syringae fertőzését (összes fa esetében: 9,4%; fertőzött fák esetében: 17,9%). Rejlová *et al.* (2021) augusztusban végzett tesztelése során a mintákban a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' fordult elő a leggyakrabban (31%), viszont a *P. syringae*-t az általunk mértnél magasabb (24%), a *Cytospora*-fajokat pedig alacsonyabb (7%) gyakorisággal mutatta ki. A *P. syringae* egyedi fertőzését a kevert kórokozó jelenlétek követték. Ezek közül a legnagyobb gyakorisággal a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' és *Cytospora* sp. kevert fertőzését mutattuk ki (összes fa esetében: 6,9%; fertőzött fák esetében: 13,1%). Érdekes, hogy a *P. syringae*-t és a *Cytospora*-fajokat együttesen ritkán (2,5%) azonosítottuk Rejlová *et al.* (2021) eredményeihez hasonlóan. Korábról (Rozsnyay és Klement, 1977; Rozsnyay, 1977b) ismert, hogy a két kórokozó képes együttesen megfertőzni a kajszi fák, sőt a nyugalmi időszakban egymásra gyakorolt szinergista hatásuk is megfigyelhető. Azonban később, a vegetáció előrehaladtával, a baktérium jelenléte már nem mutatható ki. A *P. syringae* és a *Cytospora*-fajok alacsony arányú kevert fertőzésére még magyarázatot adhat az is, hogy a *P. syringae* esetében antifungális (Kim, 1996; Maslova *et al.*, 2020), míg a *Cytospora*-fajoknál antibakteriális anyagok képződését figyelték meg (Brady *et al.*, 2000; Singh *et al.*, 2007). Eredményeink alapján annak a valószínűsége, hogy mindhárom kórokozó egyszerre legyen jelen egy növényben viszonylag kicsi. A három kórokozó együttes előfordulását csupán három növény esetében igazoltuk. A szakirodalomban a '*Ca. Phytoplasma prunorum*', a *P. syringae* fajkomplex és a *Cytospora*-fajok együttes előfordulásáról nem találtunk adatot.

A fertőzött fák mennyisége jelentősen emelkedett (9-16%-ról 52,5%-ra), amikor a három vizsgált kórokozó egymástól független monitoringja helyett együttes értékelést alkalmaztunk. A fertőzött fák 28,6%-ából (összes fa esetében: 15%) több kórokozó is kimutatható volt. Ezek az eredmények rávilágítanak arra, hogy a kajszi gutaütésére, továbbra is komplex módon, több kórokozót figyelembe véve kell tekinteni. Azonban az eredményeink alapján a kórokozók gyakorisága számottevően eltérő lehet a kajszi fákban. Érdekes lenne megvizsgálni, hogy a kórokozók egyedi és kevert jelenlétét milyen tényezők határozzák meg.

Az érdi és a pomázi ültetvényekben nagyobb gyakorisággal igazoltuk a kórokozók fertőzését, mint a másik két ültetvényben. Emellett összehasonlítva a négy ültetvényt az egyedi és a kevert fertőzések több esetben is más-más arányban fordultak elő. Ezek a fertőzések eltérő mértékben tudtak kialakítani tüneteket a fákon. Ebből arra következtettünk, hogy a kórokozók terjedését és az azok okozta tünetmegjelenést az ültetvények környezeti- és termesztési körülményei is befolyásolhatták. Ezt a megállapítást alátámasztja, hogy más vizsgálati területeken elvégzett felmérésekben az eredményeinktől számottevően eltérő kórokozó jelenlét és tünetmegjelenési arányokat is megfigyeltek (Pokharel, 2013; Nečas *et al.*, 2015; Ami *et al.*,

2016; Ivić *et al.*, 2017; Riedle-Bauer *et al.*, 2019; Doolotkeldieva és Bobusheva, 2020; Rejlová *et al.*, 2021).

Az általunk vizsgált kórokozók fertőzését az esetek 63%-ában tünetek megjelenése is kísérte, amely alapján megállapítható, hogy a fertőzöttség a fák többségénél tünet alapján is felismerhető. A fákon megfigyelt tünetekből számos esetben valószínűsíthető, hogy melyik kórokozó lehet felelős a megbetegedésért: a sárguló-kanalasodó levelek például jellegzetes tünetei a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozónak (Morvan, 1977; Süle, 2014; Nečas *et al.*, 2015; Žežlina *et al.*, 2016), míg a pszeudopiknídiumok megjelenéséből a *Cytospora*-fajok fertőzése ismerhető fel könnyen (Rozsnyay, 1977a; Pokharel, 2013; Žežlina *et al.*, 2016; Shukla és Fatima, 2020). Más, általunk is megfigyelt szimptómák (például a levelek lankadása, rákos sebek kialakulása, fás részek vagy az egész fa pusztulása) több, az apoplexia kialakulásában szerepet játszó kórokozó jelenlétét is jellemezhetik (Klement, 1977a; Morvan, 1977; Rozsnyay, 1977a; Biggs és Grove, 2005; Kennelly *et al.*, 2007; Lamichhane *et al.*, 2014; Žežlina *et al.*, 2016). Bizonyos esetekben, ha az említett általános tünetek kialakulását nem kíséri egyéb tünet vagy szaporítóképlet megjelenése, akkor a szimptómákat okozó kórokozó vizuális úton történő azonosítása nehéz, vagy akár lehetetlen (Rozsnyay és Klement, 1973; Morvan, 1977). A tünet alapján történő meghatározást tovább nehezíti, hogy a kórokozók együttesen is fertőzhetik a növényeket (Rozsnyay, 1977b; Eichmeier *et al.*, 2019; Rejlová *et al.*, 2021).

A kórokozók mellett a fák egy részén (37%) nem jelentek meg tünetek a vizsgálat időpontjában. A szakirodalomból is ismert, hogy egyes tünetmentes fák pozitív eredményeket adnak a '*Ca. Phytoplasma prunorum*', a *P. syringae* és a *Cytospora* spp. kórokozók kimutatása során (Torres *et al.*, 2004; Nečas *et al.*, 2015; Rejlová *et al.*, 2021). Megfigyelésünk szerint leginkább a *P. syringae* egyedi és a *P. syringae* + *Cytospora*-fajok kevert fertőzése maradt látens. A tünetmentességnek több magyarázata lehetséges. Ha a fertőződés nagyon korai stádiumában gyűjtjük a mintákat, akkor a kórokozók még gyakran nem okoznak tüneteket. Továbbá, olyan kórokozó törzsek is jelen lehetnek az ültetvényekben, amelyek csökkent virulenciával rendelkeznek (hipovirulensek), vagy az adott gazdanövényen az egyed / fajta genotípusából adódóan nem okoznak szimptómákat (Kison és Seemüller, 2001; Musetti *et al.*, 2005; Osler *et al.*, 2016; Nečas *et al.*, 2018; Moale és Septar, 2019; Nesheva *et al.*, 2020). Nem tartjuk azt sem kizártnak, hogy a kórokozók kevert fertőzésükkel csökkentik egymás agresszivitását. Egyes megfigyelések szerint a fertőzött sejtekben a *Cytospora*-fajok másodlagos anyagcseretermékei okozta pH csökkenés elpusztítja a *P. syringae* fajokat, mert azok érzékenyek a savas közegre (Rejlová *et al.*, 2021).

Eredményeinkből arra következtettünk, hogy azoknál a fáknál, amelyekben a kórokozók látens fertőzése volt kimutatható, ismételt (például félévente) tünetfelmérések elvégzése lenne

szükséges, mert így a kórokozó virulenciája is azonosítható lenne. Az így kapott eredmények és a tünetes fák esetében azonosított kórokozók összegzésével meghatározhatóvá válna az is, hogy a kórokozók pontosan milyen szerepet töltenek be az apoplexiás betegségben. Ezekkel az ismeretekkel az adott ültetvényre specifikus gutaütés elleni védekezés stratégiát lehetne kifejleszteni.

A vizsgálatunk során előfordult az is, hogy apoplexia tüneteit mutató fáknál egyetlen vizsgált kórokozó jelenlétére sem kaptunk pozitív eredményt. Ennek is több magyarázata lehet. Előfordulhat, hogy a kórokozók mennyisége a kimutathatósági határ alatt maradt a mintázott növényi részekben. A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' esetén ez egyáltalán nem ritka, hiszen alacsony koncentrációban és egyenetlen eloszlásban fordul elő a növény szállítószöveteiben (Jarausch *et al.*, 1999; Berges *et al.*, 2000; Nečasová *et al.*, 2016). Az érzékenyebb molekuláris diagnosztikai módszerek közül a kvantitatív, valós-idejű PCR nyújthat megoldást a problémára (Christensen *et al.*, 2004; Eichmeier *et al.*, 2019; Rejlová *et al.*, 2021). Továbbá nem lehet kizárni azt sem, hogy a fákon a tüneteket más kórokozó (például: *Eutypa lata*), vagy abiotikus tényezők okozták, amelyeket nem vizsgáltunk.

Mindezek tükrében a tüneti megfigyeléseket célravezető érzékeny, molekuláris diagnosztikai eljárással kiegészíteni, mert ezáltal pontosabb diagnózis állítható fel az apoplexia kórokozóiban. A molekuláris vizsgálatokkal a kórokozók látens jelenléte is jól azonosítható. A látensen fertőzött fák, amelyekben virulens kórokozó törzs van jelen, fontos és potenciális fertőzési források a termőültetvényekben, de a jelenségnek a szaporítóanyag előállítás során is kiemelt jelentősége van (Ambrožič Turk *et al.*, 2008; Süle, 2014; Van der Merwe, 2019; Pankova és Krejzar, 2022; Luo *et al.*, 2023).

6.2. A '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' terjedésének jelentősége szaporító anyaggal és jelenléte az anyafákban

A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kiemelkedő gyakorisága miatt vizsgálatokat végeztünk a kórokozó szaporítóanyaggal történő terjedésével kapcsolatban. A 2015-ben és 2016-ban mintázott faiskolai csemeték között néhány esetben igazoltuk az alany, a nemes és az alany-nemes egyidejű fertőzöttségét, ami új fertőzési forrást jelenthet az ültetvényekben. Egyetértünk Mergenthaler *et al.* (2017) azon meglátásával, hogy a kereskedelmi forgalomba kerülés előtt nem lehetséges az összes facsemetét megvizsgálni, mert az jelentős idő- és energiabefektetést, illetve pénzt igényel. Célszerűbb a törzsültetvények anyafáit tesztelni, mert azok száma jóval kisebb, mint a facsemetéké. Ezt a gondolatmenetet követi a gyümölcs szaporítóanyagok előállításáról és forgalomba hozataláról szóló 14/2017. (III. 23.) FM rendelet is. Eszerint a kajszi szemzőhajtást termő prebázis és bázis törzsültetvények anyanövényeinek 100%-át, míg a szemzőhajtást termő

certifikált törzsültetvények anyafáinak 25%-át évente meg kell vizsgálni a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' jelenlétére. Meggondolandó, hogy a certifikált törzsültetvények esetében is érdemes lenne az összes növényt évente megvizsgáltatni, mert ezek a fák -hasonlóan az ültetvények fáihoz- a fertőződésüket követően eltérő ideig tünetmentesek (Süle, 2014). Így minimálisra csökkenhetne a fitoplazma terjedésének lehetősége az oltványokkal. A detektálás szempontjából megnyugtató, hogy hazai időjárási körülmények között a fertőzött, tünetmentes anyafákról gyűjtött szaporítóanyagokból ki tudtuk mutatni a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozót a vegetációs- és a nyugalmi időszakban egyaránt, Seemüller *et al.* (1998) Németországban kapott eredményeivel összhangban. Azonban fontos kiemelni, hogy egyes mintavételi pontokból hosszabb, illetve rövidebb ideig nem volt igazolható a kórokozó jelenléte. Ez a jelenség a fitoplazma növényen belüli heterogén eloszlására vezethető vissza (Jarausch *et al.*, 1999; Berges *et al.*, 2000; Nečasová *et al.*, 2016). Ezért az anyafák fertőzöttségének vizsgálatakor érdemes a növény több pontjáról is mintát venni a megbízható detektálás érdekében. Továbbá, Jarausch *et al.* (1999) és a saját eredményeink alapján a mintavételezést nem érdemes márciusban és áprilisban elvégezni. Ekkor a fák floém része megújul, aminek során a fitoplazma szint a kimutathatósági határ alá csökken (Jarausch *et al.*, 1999).

Vegetatív szaporítással kapcsolatos vizsgálataink is megerősítik, hogy fontos az anyafák '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozó mentességének évenkénti ellenőrzése. A fertőzött anyafáról származó hajtásokkal a szemzések több mint egynegyedénél (26%) tudtuk átvinni a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozót. Az igazoltan fertőzött facsemeték közül azonban csak egy mutatott tüneteket a vizuális értékelés során, így a szaporítóanyaggal legtöbb esetben látens a fitoplazma terjedése. Ezt igazolja Riedle-Bauer *et al.* (2012) vizsgálata, ahol a kórokozó szemzéssel történő terjedése a 84%-ot is elérte és az így előállított fertőzött facsemeték közül egyik sem mutatott tüneteket. A szemzések eredési aránya, valamint az alanyok pusztulási aránya alapján felvetődött, hogy a fertőzött anyanövényekről származó szaporítóanyag jelentősen csökkenti a vegetatív szaporítás hatékonyságát.

Érdemes megemlíteni, hogy egészséges szaporítóanyag állítható elő az anyafák izolált, vektorhálós termesztőberendezésben történő fenntartásával (Fajt *et al.*, 2009). Továbbá, a faiskolai szaporítóanyagok fitoplazma mentesítésére meleg vízfürdős eljárást is alkalmaznak (Bianco *et al.*, 2000; Salazar és Javasinghe, 2001), azonban ezt kajszin még nem tesztelték.

6.3. A begyűjtött *Cacopsylla pruni* és *C. crataegi* egyedek azonosítása

A '*Ca. Phytoplasma prunorum*' az ültetvényekbe a vektora, a *C. pruni* által is bekerülhet, ezért felmértük a kajszi-ültetvényekben és közvetlen környezetükben a *Cacopsylla* nemzetségbe tartozó rovarok jelenlétét és azok fitoplazma fertőzöttségét. A gyűjtéseket jelentősen

befolyásolták az időjárási körülmények (gyakori szél, intenzív csapadék), amelyek miatt a populáció rajzási dinamikáját nem sikerült értékelni. A begyűjtött levélbolhák morfológiai vizsgálata alapján, túlnyomó többségben a *C. pruni* (szilva levélbolha) és a *C. crataegi* (galagonya levélbolha) egyedei fordultak elő a mintagyűjtési területeken, melyet később a molekuláris azonosítás is alátámasztott. A *C. pruni* egyedek biotípus vizsgálata igazolta a morfológiai azonosítás eredményét, ugyanis az alkalmazott PCR alapú módszer *C. pruni* specifikus (Peccoud *et al.*, 2013). A vizsgált egyedek között kizárólag a „B” biotípust azonosítottuk, hasonlóan Viczián *et al.* (2017) korábbi vizsgálataihoz, így az „A” biotípus hazai jelenléte továbbra sem igazolható. Etropolska *et al.* (2016) korábbi munkák alapján megállapította, hogy a közép- és kelet-európai régiókban csak a „B” biotípus fordul elő, azonban újabb vizsgálatok az „A” biotípus jelenlétét is azonosították nyugat-németországi (Jarausch *et al.*, 2019) és észak-olaszországi (Sauvion *et al.*, 2021) területeken. Így a korábbi és saját eredményeink alapján kijelenthetjük, hogy a „B” biotípus márcsak Közép- és Dél-Európa keleti régióiban egyedüli *C. pruni* változat (Peccoud *et al.*, 2013; Etropolska *et al.*, 2016; Lepres *et al.*, 2018; Sauvion *et al.*, 2021). A 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' fertőzött *C. pruni* egyedek a PCR+RFLP vizsgálat (Oetl és Schlink, 2015) alapján a *C. pruni*-2 klaszterbe sorolhatók. A kórokozót hordozó *C. crataegi* egyedek PCR + RFLP vizsgálata során, a PCR-termék *AluI* enzimmel történő hasítása a várttól eltérő fragmentum hosszúságokat eredményezett. A nukleotid szekvenciák analízise igazolta, hogy eggyel több hasítási pont található a vizsgált szakaszon a korábbiakhoz képest (Oetl és Schlink, 2015). A *C. crataegi* filogenetikai elemzése a saját és a vizsgálatba vont olasz mintákat elkülönülő kládokba rendezte, de a két csoport közös ősré vezethető vissza. Így elképzelhető, hogy a *C. crataegi* fajon belül, a *C. pruni*-hoz hasonlóan, több változat, esetleg biotípus is lehet.

6.4. A begyűjtött *Cacopsylla pruni* és *C. crataegi* egyedek megoszlása, az egyedek és tápnövényeik fitoplazma-fertőzöttsége

A kajszi és a 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' kapcsolatában a kórokozó vektoraként kizárólag a *C. pruni* ismert (Carraro *et al.*, 1998a). A szilva levélbolhát nagy egyedszámban azonosítottuk kajsziról, Jarausch *et al.* (2008) és Lepres *et al.* (2018) megfigyeléseivel megegyezően. Ezzel szemben Labonne és Lichou (2004) tápnövény-preferencia vizsgálata alapján a *C. pruni* a kajszit kevésbé kedveli, mint más csonthéjasokat (például: *P. spinosa*, *P. cerasifera*). Továbbá, más vizsgálatokban nem vagy csak kevés egyedet gyűjtöttek kajsziról (Jarausch *et al.*, 2001a; Viczián *et al.*, 2017). Az ellentmondások pontos okát érdemes lenne feltárni, mert ez segíthet a 'Ca. *Phytoplasma prunorum*' vektorával szembeni védekezés optimalizálásában.

Vizsgálatunkban a kajsziról származó szilva levélbolhák között nagyobb arányban (79,7%) voltak jelen a nőstények, mint a hímek, ahogy ezt Ermacora *et al.* (2011) és Lepres *et al.* (2018) is megfigyelték. Érdekes azonban, hogy a faj tojásait, lárváit és az új nemzedék imágóit nem találtuk meg kajszin. A nyári nemzedék egyedeit csak kökényen azonosítottuk. A gyűjtéseket minden bizonnyal befolyásolták az időjárási körülmények és a vizsgált ültetvényekben, valamint azok környezetében elvégzett inszekticides kezelések is. Lehetségesnek tartjuk azonban, hogy kajszin alacsonyabb a *C. pruni* reprodukciós képessége, mint más csonthéjas fajokon. Ezért és a korábbiakban említett ellentmondásos megfigyelések miatt is fontos lenne tisztázni a kajsziz szerepét a szilva levélbolha életsiklusában.

Az alany sarjhajtásokról ('Myrobalan') csak elenyésző mennyiségű *C. pruni* egyedet gyűjtöttünk, ellentétben más, korábbi vizsgálatokkal (Jarausch *et al.*, 2001a; Labonne és Lichou, 2004; Mergenthaler *et al.*, 2017), ahol a vadhajtásokon a vektor tömeges jelenlétét figyelték meg. Ennek ellenére a sarjhajtások tesztelése során azok 31%-át fertőzöttnek találtuk a fitoplazmával. Jarausch *et al.* (2001a) és Riedle-Bauer *et al.* (2019) véleményével összhangban, eredményeink alapján megerősítést nyert, hogy a sarjak a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' rezervoárjai, így azok rendszeres eltávolítása fontos eleme a kórokozó elleni védekezésnek.

Vizsgálatunk során a környékbeli egybibés galagonyáról csak elvétve gyűjtöttünk be *C. pruni* egyedeket, hasonlóan Serçe *et al.* (2011) eredményeihez. Vélhetően a faj nagyobb előnyben részesíti a csonthéjas-féléket.

A szilva levélbolhák vektor szerepét vizsgálva, az egyedek 6,6% hordozta a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozót, amely közel hasonló volt több korábbi vizsgálatban kapott arányhoz (0,8–4,8%) (Jarausch *et al.*, 2008; Etropoliszka *et al.*, 2015; Warabieda *et al.*, 2018; Jarausch *et al.*, 2019; Marie-Jeanne *et al.*, 2020). Eszerint a vizsgálati területeinken a fitoplazma terjedésében számottevő szerepe volt a *C. pruni* fajnak. Megállapítottuk, hogy a kórokozó-hordozás nemtől független, Ermacora *et al.* (2011) és Peccoud *et al.* (2013) korábbi eredményeikhez hasonlóan. A fertőzött levélbolhák kajsziról és szilváról származtak, emiatt kiemelten fontos, hogy a vektor elleni védekezés a kajsziiültetvények melletti, egyéb csonthéjas ültetvényekre is kiterjedjen. Vizsgálataink során a kajsziiültetvények közvetlen környezetében található kökények több mint, negyedéből kimutattuk a '*Ca. Phytoplasma prunorum*'-ot. Ezekről a növényekről szilva levélbolhákat is tudtunk gyűjteni. Ez az eredmény összhangban van azokkal az irodalmi adatokkal, amelyek szerint a kökény gazdanövénye a szilva levélbolhának és rezervoárja a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozónak is (Jarausch *et al.*, 2001b, 2008; Carraro *et al.*, 2002; Carraro és Osler, 2003; Viczián *et al.*, 2017; Warabieda *et al.*, 2018; Jarausch *et al.*, 2019). Annak ellenére, hogy a növényekről gyűjtött levélbolhák nem hordozták a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozót, fontosnak tartjuk kiterjeszteni a *C. pruni* elleni

védekezésekhez szükséges megfigyeléseket az ültetvények környezetében lévő vad csonthéjasokra is. Ezt igazolják Marie-Jeanne *et al.* (2020) eredményei is, amelyek alapján a vektor elsősorban a vad *Prunus*-fajokból veszi fel a 'Ca. Phytoplasma prunorum' kórokozót.

A vizsgálatunk során jelentős mennyiségű galagonya levélbolhát is gyűjtöttünk. Molekulárisan igazoltuk, hogy a *C. crataegi* egyedek 2,6%-a nemtől függetlenül hordozta a fitoplazmát. Erre vonatkozó korábbi adatot sem a hazai, sem a nemzetközi szakirodalomban nem találtunk. A vizsgált *C. pruni* egyedek fitoplazma fertőzöttségének aránya magasabb volt, mint a *C. crataegi* egyedekénél, azonban a két faj kórokozó hordozásában igazolható különbséget nem azonosítottunk. A fertőzött egyedek kajsziról és egybibés galagonyáról származtak. Előbbi növények esetében az egyedek 3,2%-a, utóbbiaknál az egyedek 2,2%-a volt fertőzött a 'Ca. Phytoplasma prunorum' kórokozó által. Mind kajsziról, mind galagonyáról nagy egyedszámban gyűjtöttünk *C. crataegi* egyedeket. Korábban, Dér (2005) szintén nagy egyedszámban azonosított galagonya levélbolhát kajszin. Fontos kérdés, hogy a kajszi vajon gazda- vagy tápnövényei-e a galagonya levélbolhának.

Érdekes továbbá, hogy a gyűjtésekbe és tesztelésbe bevont *C. monogyna* bokrok mintegy harmadánál molekuláris vizsgálatokkal alátámasztva kimutattuk a fitoplazma fertőzöttséget. Az áttekintett szakirodalom alapján úgy tűnik, hogy az egybibés galagonya új gazdanövénye és egyben rezervoárja a 'Ca. Phytoplasma prunorum' kórokozónak. Nem kizárt, hogy a kórokozó fennmaradásának és terjedésének új módját tártuk fel. Ahhoz, hogy bizonyítást nyerhessen a *C. crataegi* vektor szerepe, mindenképpen átviteli vizsgálatokra lenne szükség, ami azonban meglehetősen nehéz és időigényes feladat. Amennyiben a *C. crataegi* valóban vektora a 'Ca. Phytoplasma prunorum' kórokozónak, akkor a megelőző növényvédelemmel kapcsolatos ismereteinket tovább kell bővítenünk.

6.5. *Cytospora*-fajok jelentősége az aploplexiában

Megállapítottuk, hogy a *Cytospora*-fajok továbbra is fontos szerepet töltenek be a kajszi gutaütéses betegségében, Klement (1977b) és Rozsnyay (1977a) korábbi megfigyeléseivel egyezően. A *Cytospora* nemzetség jól felismerhető a növényi részeken megjelenő termőtestek (pszeudopiknídiumok), valamint a tenyészetek általános, ismert morfológiai bélyegei alapján (Willison, 1936; Surve-Iyer *et al.*, 1995; Lawrence *et al.*, 2018; Fan *et al.*, 2020; Nourian *et al.*, 2021). Azonban az egyes fajok a tenyészetek és a konídiumok morfológiai jellemzői alapján nehezen különböztethetők meg (Lawrence *et al.*, 2018), így a pontos fajmeghatározáshoz molekuláris azonosításra is szükség van. Vizsgálatunkban úgy találtuk, hogy az ITS2 régió szekvenciái alapján nem lehet pontosan meghatározni a *Cytospora*-fajokat, amely megállapításunk megegyezett Lawrence *et al.* (2018) megfigyelésével. Ezért más szakaszok -

például az általunk is vizsgált a *β -tubulin* gén - vizsgálatát is szükségesnek tartjuk. Jelen vizsgálatban - szállítószövetekből történő kimutatásokkal megegyezően - *C. cincta* (15%), *C. leucostoma* (52%) és *C. sorbicola* (33%) fajokat izoláltunk a kajszifákon képződött rákos sebekből és a pszeudopiknídiumokból, összhangban Biggs és Grove (2005), Lawrence *et al.* (2018), valamint Pokharel (2013) munkáival. Pokharel (2013) szerint több *Cytospora*-faj is megjelenhet egy adott termesztési területen belül, de a kórokozók dominanciája a környezeti- és termesztési körülmények miatt eltérő lehet.

A *C. sorbicola* kórokozó kártételét és hazai jelenlétét elsőként mutattuk ki Magyarországon. A kórokozót néhány évvel ezelőtt, 2017-ben írták le új fajként *Acer pseudoplatanus*-ról (Norphanphoun *et al.*, 2017). A faj kártétele ismert kajszin (Lawrence *et al.*, 2018), de még kevés információ érhető el ezzel kapcsolatban. A molekulárisan *C. sorbicola*-ként meghatározott izolátumok tenyészet morfológiái megegyeztek a Lawrence *et al.* (2018) által közöltekkel. Konténeres- és szabadföldi mesterséges fertőzés alapján a felhasznált *C. sorbicola* izolátumunk patogénnek és virulensnek bizonyult a kajszifákon ('Harcot'). A kórokozóval végzett mesterséges fertőzés kajszi esetén nem ismert az irodalomból, ez idáig csak almát (Hanifeh *et al.*, 2022), mandulát (Holland *et al.*, 2021b), illetve cseresznyét inokuláltak (Li, 2023). Hasonló fertőzéseket eddig *C. cincta* és a *C. leucostoma* fajokkal végeztek kajszin (Kovács, 1970; D'Ambra és Mutto, 1972; Rozsnyay, 1977b). Vizsgálataink alapján a *C. sorbicola* képes a kajszifák megsebzett, élő fás szöveteit megfertőzni: nem csak a kéregszövetben, hanem a floémában és a xilémében is jelentős méretű nekrózisokat alakít ki. Egyes esetekben a fák részleges pusztulását is okozta. Ezek alapján a *C. sorbicola* nem csak másodlagos kórokozója a kajszinak.

6.6. Növénykondicionálók hatása a *Cytospora sorbicola* ellen

Az előzetes (tenyészedényes) kísérletek során a beöntözéssel kijuttatott Amalgerol kis mértékben csökkentette a kajszifákban a *C. sorbicola* okozta szövetelhalásokat. Továbbá, a kezelésben részesülő, fertőzött fák rákos sebei erősebben mutatták a gyógyulás jeleit, mint azok, amik kezelésben nem részesültek.

A biztató kezdeti eredmények után a szabadföldi teszteket már kétféle növénykondicionáló készítménnyel és többféle kijuttatási móddal folytattuk, azonban átütő sikereket sajnos nem értünk el. Mindegyik kijuttatási módszernél, a fertőzött, kezeletlen kontrollhoz viszonyítva, kimutattunk egy enyhe, szövetelhalást csökkentő hatást. Azonban ezek a hatások csak néhány nekrózis típusnál és azokon belül is általában csak egy vagy két fertőzési pontnál nyilvánultak meg. A két alga tartalmú készítmény hatását összehasonlítva sem figyeltünk meg említésre méltó különbséget.

Egyes megfigyelések szerint, ha több ponton fertőzzük mesterségesen a növényeket, akkor a legelső inokulációs pont olyan növényi védekezési mechanizmusokat indít el, ami miatt a felsőbb fertőzési pontoknál gyengébb tünetek alakulnak ki (Rozsnyay, szóbeli közlés). A fákon belüli fertőzési pontok összehasonlítása során erre a jelenségre utaló nekrosis méret különbségeket csak a floém vizsgálatánál azonosítottunk. Ráadásul ez az eltérés csak a fertőzött, kezeletlen kontroll (2 mérési időpontban) és a fertőzött, beöntözéssel kezelt (1 mérési időpontban) fáknál volt kimutatható. Megfigyelésünk alapján sem a nekrosisok méretét, sem a kezelések hatását nem befolyásolta jelentősen az inokulációs pontok elhelyezkedése.

A növénykondicionálókkal végzett kezelések hatékonyságát összegezve, úgy látjuk, hogy erős fertőzési nyomás mellett, önmagukban nem elég hatékonyak, illetve egy már elindult kórfolyamatot sem képesek kellőképpen gátolni. Azonban lehetségesnek tartjuk, hogy a növényre, vagy más kórokozókval szemben kedvező hatást gyakorolnak, de ezt jelen vizsgálatban nem értékeltük.

6.7. Fungicidek *in vitro* hatékonysága a *Cytospora sorbicola* kórokozóval szemben

Vizsgálatunkban a *C. sorbicola* ellen több, kontakt hatásmechanizmusú gombaölő hatóanyag is hatékonynak bizonyult. Ezek az első hazai fungicid tesztek a kórokozó kapcsán, de nemzetközi viszonylatban is kevés információ érhető el. Holland *et al.* (2021a) által tesztelt készítmények közül a metszési felületekre preventíven kijuttatott tiofanát-metil és fluopiram + trifloxistrobin hatóanyagok gátolták legnagyobb mértékben a *C. sorbicola* terjedését, azonban ezek a fungicidek sem nyújtottak teljeskörű védelmet. *In vitro* kísérletünkben a kaptán, a rézhidroxid, a réz + mankoceb és a tribázikus rézszulfát engedélyezett felhasználási dózisban képesek voltak a kórokozó micélium növekedését teljesen gátolni az értékelés végéig. Korábbi vizsgálatokban a kaptán a *C. cincta* és a *C. leucostoma* kórokozók ellen is hatékonynak bizonyult szabadföldi vizsgálatokban (Northover, 1976; Biggs *et al.*, 1994; Biggs és Grove, 2005; Miller *et al.*, 2019). Ha a kaptán *in vivo* körülmények között is hatékonynak bizonyul a *C. sorbicola* fajjal szemben, akkor a hatóanyag kiemelt szerepet kaphat a *Cytospora*-fajok okozta komplex fertőzési nyomás leküzdésében. Irodalmi források alapján a réztartalmú készítmények közül több is hatásos a *C. leucostoma* és a *C. cincta* ellen is (Popović és Balaž, 2005; Miller *et al.*, 2019). Azonban ezeket a gombaölő szereket csak a kajszi pirosbimbós állapotáig (BBCH: 57) szabad felhasználni, ezután a fajta érzékenységtől függően fitotoxikusak lehetnek (Lalancette és McFarland, 2007). Így a réz alapú készítmények használatát, baktériumok elleni hatásukat is figyelembe véve, a fák lemosó permetezésére javasoljuk, az inokulum mennyiségének csökkentése érdekében. Ennek a kezelésnek fontos szerepe van, ugyanis a *Cytospora*-fajok konídiumai egész évben, nagy mennyiségben megtalálhatók az ültetvényekben (Rosenberger,

1982; Biggs és Grove, 2005). A mankoceb hatóanyaggal mérgezett agarlemezeken (valamennyi dózisban) az egyik izolátum növekedésnek indult, míg a kórokozó többi izolátumánál nem volt megfigyelhető fejlődés. Így lehetséges, hogy a kórokozó populációban elindult egy diszkrét elmozdulás a csökkent érzékenység felé a hatóanyaggal szemben (Malandrakis *et al.*, 2015). Collina *et al.* (2006) szintén nem találta hatékonynak a mankocebet *C. vitis* ellen *in vitro* körülmények között. Ugyanakkor a kevert hatóanyagú (réz + mankoceb) készítmény felhasználása már fungicid hatásának bizonyult, ami rávilágít arra, hogy milyen fontos szerepe van a növényvédelmi kezelések során a kombinált hatóanyagú készítményeknek.

A csökkentett hatóanyag dózisok alkalmazása során (kaptán hatóanyagot kivéve) több izolátum is fejlődésnek indult. A tenyészetek kontrollhoz viszonyított növekedési ütem csökkenése alapján, ezek a dózisok is rendelkeztek fungisztikus hatással, de annak mértéke izolátumonként eltérő volt. Ezért egyik készítmény hatását sem lehetett kiemelni a többi közül. Továbbá, a kórokozó elleni hatásuk folyamatosan csökkent a kísérlet végéig, így az ezekkel a készítményekkel végzett permetezések során kiemelt figyelmet kell fordítani a megfelelő dózisban történő kijuttatásra. Míg a kaptánnal, a környezetbarátabb technológiák kifejlesztése érdekében, érdemes lehet csökkentett dózisú kezeléseket is elvégezni az *in vivo* vizsgálatokban.

A tribázikus-rézszulfát-„2” fungicid csökkentett dózisa mellett kevesebb izolátum indult növekedésnek, mint a tribázikus-rézszulfát-„1” esetében. Ezek alapján valószínűnek tartjuk, hogy a hatóanyag hatékonyságában a készítményekben található koformulánsok is fontos szerepet játszhatnak.

6.8. A *Trichoderma asperellum* 'T34' *Cytospora sorbicola* kórokozóval szembeni térkompetíciós és parazitáló képessége

Eredményeink azt mutatják, hogy a *T. asperellum* 'T34' képes parazitálni a *C. sorbicola* kórokozót táptalajon. A kórokozóval szembeni biológiai védekezés lehetőségeiről csak kevés információ van, pedig a jelenlegi növényvédelmi tendenciák (például a fungicid hatóanyagok kivonása) alapján a környezetbarát, fenntartható védekezési lehetőségek iránt egyre nagyobb az igény. Holland *et al.* (2021a) vizsgálatában a metszési felületeket a permetezéssel kijuttatott *T. atroviride* 'SC1' hatékonyan meg tudta védeni a *C. sorbicola* fertőzésével szemben. *In vitro* vizsgálatunkban a *T. asperellum* 'T34' törzse gátolta a *C. sorbicola* tenyészeinek növekedését, sőt elfedve azokat, intenzíven sporulált is rajtuk. Továbbá megfigyeltük, hogy a *T. asperellum* hifái körülölelik és behatolnak a kórokozó hifáiba. A biztató laboratóriumi eredmények alapján a mikoparazita bevonható *in vivo* kísérletekbe (például metszési sebek védelme). Holland *et al.* (2021a) már említett vizsgálatában a metszési felületek teljes védelmét csak a *T. atroviride* 'SC1' legmagasabb dóziséval (5g/liter) tudták elérni. Így célszerű lenne a *T. asperellum* 'T34' hatását

is több dózisban vizsgálni. Vizsgálatunkban a *Trichoderma* gomba kisebb mértékben, de képes volt parazitálni a fejlettebb kórokozó tenyészeteket is. Így olyan vizsgálatokat is érdemes végrehajtani, amelyekben a mikoparazita a már károsító kórokozóval szemben kerül alkalmazásra (például rákos sebek kezelése).

6.9. Kajszi alany-nemes kombinációk hatása az apoplexia kialakulására

Vizsgálataink alapján a kajszifajták fogékonysága eltérő az apoplexia tekintetében, ami összhangban van a korábbi 'Ca. Phytoplasma prunorum', *P. syringae* és *Cytospora* spp. kapcsán végzett fajtafogékonysági vizsgálatok eredményeivel (Audergon *et al.*, 1991; Brun *et al.*, 2011; Gormez *et al.*, 2013; Yilmaz és Erincik, 2017; Nečas *et al.*, 2018; Moale és Septar, 2019). Felmeréseink azt mutatják, hogy több közkedvelt és széles körben termesztett fajta (például 'Bergeron', 'Gönci magyar kajszi') csak magas kockázat mellett termesztethető. Jelenleg nem ismert olyan preventív, vagy kuratív hatású növényvédő szer, amely mindegyik, apoplexiáért felelős kórokozóval szemben hatékony lenne. A legkézenfekvőbb megoldás a kajszi gutaütéses betegségére a toleráns fajták nagyobb volumenű termesztése lenne. Vizsgálatunkban a tünetek megjelenésére és a fapusztulásra kiemelkedő ellenállóságot mutatott a 'Zebra' fajta. Jelentős toleranciát figyeltünk meg még a 'Mandulakajszi' fajtánál 'Myrobalan', szilvatörzs közbeoltású 'Myrobalan' és vadkajszi alanyokon is. Érdekes lenne a kiemelkedő toleranciával rendelkező, ám gyengébb gyümölcsminőségű fajtákat (például 'Zebra') alanyként vagy közbeoltásként kombinálni fogékony, de kiváló élvezeti értékkel rendelkező fajtákkal, csökkentve ezáltal az apoplexia okozta veszteségeket. Hasonlót már Jafarpour (1993) is megfogalmazott a *P. syringae* kórokozóval végzett vizsgálatait követően. Továbbá, a toleránsnak azonosított fajták genetikai forrásként szolgálhatnak újabb, toleráns fajták létrehozása során. Ezt a módszert a *Cytospora* kórokozó esetében már alkalmazzák (Bălan *et al.*, 2006; Trandafirescu, 2008; Trandafirescu *et al.*, 2011).

A nemes részekről független vizsgálat során az alany változatok a betegség gyakoriságban nem mutattak különbséget. Továbbá, a 'Myrobalan' és a szilvatörzs közbeoltású 'Myrobalan' változatok csak kismértékben csökkentették a tünetek súlyosságát a vadkajszihoz képest. Az alanyok nemes fajtánként történő összehasonlítása során már jelentősebb eltéréseket is azonosítottunk. Azonban a kapott eredményeink nem konzekvensek, ugyanis kajszifajtánként más-más alany változat csökkentette a betegség gyakoriságát és a tünetek erősségét. Ezekből azt a következtetést vontuk le, hogy a fák apoplexia fogékonyságát a nemes és az alany rész együttes kölcsönhatása alakítja ki. Így a megfelelő alany-nemes kombináció kiválasztásával jelentősen csökkenthetők a tünetek, amelyhez hasonló megfigyeléseket tettek korábbi, 'Ca. Phytoplasma prunorum', *P. syringae* és *Cytospora* spp. kórokozókval kapcsolatos vizsgálatokban (Dosba *et*

al., 1990; Prunier *et al.*, 1999; Kison és Seemüller, 2001; Richter, 2002; Pokharel és Reighard, 2015). Az alanyok közül a szilvatörzs közbenoltású 'Myrobalan' változat jelentősen csökkentette a fapusztulás mértékét a másik két alanyhoz viszonyítva. Ez a hatás minden vizsgált kajszifajtánál megfigyelhető volt. Ez az eredmény összhangban van korábbi vizsgálatokkal, amelyekben szilva alanyok 'Ca. Phytoplasma prunorum'-mal, *Pseudomonas*- és *Cytospora*-fajokkal szembeni toleranciáját mutatták ki (Nyujtó és Tomcsányi, 1959; Rozsnyay, 1963; Nyujtó és Surányi, 1981; Prunier *et al.*, 1999; Nagy és Lantos, 1998; Kison és Seemüller, 2001). Így érdemesnek tartjuk a szilvatörzs közbeoltású 'Myrobalan' alany hatását további nemes fajták kapcsán is felmérni.

Konklúzió

Az apoplexia a kajszitermesztés egyik meghatározó jelentőségű korlátozó tényezője. A károk enyhítéséhez és megelőzéséhez több kórokozóra kiterjedő védekezési stratégiát kell alkalmazni, azonban az alkalmazandó növényvédelmi eljárások a kórokozók különböző biológiája és terjedésmódja miatt részben eltérőek. Eredményeink új információkkal színesítik az ismereteket a kémiai-, a biológiai- és az agrotechnikai növényvédelem területén. A védekezések optimalizálásával és a megelőzési stratégiák fejlesztésével elérhető, hogy a kajszitermesztés biztonságosabbá és jövedelmezőbbé váljon.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A Budapest környéki kajszi-ültetvényekben az apoplexiát okozó főbb kórokozók monitoringját követően megállapítottuk, hogy az egyedi fertőzések tekintetében azok közül a '*Candidatus* Phytoplasma prunorum', a kevert fertőzések közül pedig a '*Ca.* Phytoplasma prunorum' és a *Cytospora* sp. volt a leggyakoribb.
2. Elsőként igazoltuk a '*Ca.* Phytoplasma prunorum' kórokozó jelenlétét *Cacopsylla crataegi* levélbolha egyedekben és megállapítottuk, hogy a hímek és a nőtények egyaránt hordozzák a kórokozót.
3. A *Crataegus monogyna*-t a '*Ca.* Phytoplasma prunorum' kórokozó új gazdanövényeként írtuk le.
4. Elsőként azonosítottuk a *Cytospora sorbicola* kórokozót Magyarországon.
5. A *C. sorbicola* fajjal szemben *in vitro* hatékonynak találtuk a kaptán, a rézhidroxid, a réz + mankoceb és a tribázikus rézszulfát kontakt hatásmechanizmusú gombaölő hatóanyagokat.
6. Megállapítottuk, hogy a *Trichoderma asperellum* 'T34'-es törzse hatékonyan parazitálja a *C. sorbicola* kórokozót *in vitro* körülmények között.
7. Megállapítottuk, hogy a kajszifák nemes fajtája és az alany típusa együttesen befolyásolja az apoplexia kórokozóira való fogékonyságot, és toleránsnak találtuk a 'Zebra'-
'Myrobalan', a 'Mandulakajsi'-
'Myrobalan', 'Mandulakajsi'-szilvatörzsű közbenoltású 'Myrobalan', 'Mandulakajsi'-vadkajsi nemes-alany kombinációkat.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon a kajszi termesztése több évszázados múlttal rendelkezik. A termesztés régóta ismert, jelentős korlátozó tényezője a gutaütés, amelynek visszaszorítása, vagy megelőzése hozzájárulhatna a kajszi gazdaságos, fenntartható termesztéséhez. A szakirodalmi források alapján hazánkban az apoplexiáért főként a '*Candidatus* Phytoplasma prunorum', a *Pseudomonas syringae* és a *Cytospora cincta* kórokozók felelősek. Vizsgálatunkban a három fajon túl, a *C. leucostoma* és a *C. sorbicola* kórokozó jelenlétét is igazoltuk, PCR-rel tesztelt kajszifák fás szöveteiből. Ezek a kórokozók egyedi és kevert fertőzést okozva is jelen voltak a növényekben, így az apoplexiás betegségekre mindenképpen komplex módon, több kórokozót is figyelembe véve kell tekinteni. A kórokozók jelenléte azonban gyakran látens lehet, ezért jelenlétük pontos felméréséhez molekuláris azonosítási módszereket érdemes alkalmazni. Eredményeink alapján a vizsgált kórokozók jelentősége és megoszlása területenként eltérhet, így a kórokozók elleni növényvédelmi eljárásokat érdemes az adott ültetvényhez igazítani a nagyobb hatékonyság eléréséhez.

A tesztelt kajszifáknál kimagasló '*Ca. Phytoplasma prunorum*' általi fertőzést azonosítottuk, ezért megvizsgáltuk a kórokozó terjedési lehetőségeit. Vegetatív úton történő terjedését nested-PCR eljárással igazoltuk több faiskolai facsemete esetében is, azonban a facsemeték tömeges tesztelése jelentős idő- és energiabefektetést, illetve pénzt igényel. Mindezt mérlegelve hatékonyabbnak tartjuk az anyafák rendszeres vizsgálatát, amit a gyümölcs szaporítóanyagok előállításáról és forgalomba hozataláról szóló 14/2017. (III. 23.) FM rendelet is előír. Úgy gondoljuk azonban, hogy a rendelettől eltérően a certifikált ültetvények esetében is érdemes lenne az összes anyafát évente megvizsgáltatni, mert ezek a fák is fertőzöttek lehetnek tünetmentesen. Ezt igazolja az a vizsgálatunk is, amelyben egy fertőzött, tünetmentes anyafa rügyeivel a szemzések több mint egynegyedénél át tudtuk vinni a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozót a facsemetékbe. Az anyafákról szedett szaporítóanyag fertőzöttségének vizsgálata alapján érdemes több ponton is mintát venni a növényekről, mert a fitoplazma eloszlása a fákban nem homogén. Az egy pontból történő mintavétel téves negatív eredményre vezethet, illetve a vizsgálatokhoz a mintákat nem érdemes márciusban és áprilisban begyűjteni, mert ekkor a kórokozó általában nem mutatható ki.

A begyűjtött *Cacopsylla pruni* egyedek egy részében molekuláris módszerrel igazoltuk a '*Ca. Phytoplasma prunorum*' kórokozó fertőzését, megállapítottuk, hogy a kórokozó terjedésében a hím és a nőtény levélbolhák is fontos szerepet játszhatnak. Hasonlóan más vizsgálatokhoz, amelyeket Közép- és Dél-Európa keleti régiójában végeztek el, a vektornak csak a „B” biotípusát azonosítottuk. A faj egyedei nem csak az ültetvényekben, hanem azok közvetlen környezetében is előfordultak, így a védekezések tervezéséhez a vektor jelenlétét célzó

felvételezéseket szükséges a kajszi-ültetvényeken kívül is elvégezni. A hazai és nemzetközi szakirodalom álláspontja nem egységes a vektor populációinak jelenlétével és jelentőségével kapcsolatban kajszin. Hogy feltárjuk az ellentmondások pontos okát, érdemes megvizsgálni a növényfaj szerepét (például gazdanövény, tápláléknövények) a *C. pruni* életciklusában, illetve azt is, hogy milyen tényezők befolyásolhatják a gazdanövény választást.

A levélbolha gyűjtések során nagy egyedszámban *Cacopsylla crataegi*-t is gyűjtöttünk, amelyek közül több egyedről is kiderült, hogy 'Ca. Phytoplasma prunorum' fertőzött. Korábban még nem mutatták ki a kórokozót ebből a levélbolha fajból. A fertőzött egyedek kajsziról és egybibés galagonyáról származtak. Galagonya növényeket tesztelve, több növényt is 'Ca. Phytoplasma prunorum' fertőzöttnek találtunk. Lehetségesnek tartjuk, hogy a kórokozó fennmaradásának és terjedésének új módját tártuk fel. Ahhoz, hogy bizonyítást nyerhessen a *C. crataegi* vektor szerepe, mindenképpen kórokozó átviteli vizsgálatok szükségesek. A *C. crataegi* filogenetikai elemzése alapján a saját és a vizsgálatba vont olasz minták, elkülönülő kládokba rendeződtek. Elképzelhetőnek tartjuk, hogy a *C. crataegi* fajon belül több változat, esetleg biotípus is lehet a *C. pruni*-hoz hasonlóan.

A *Cytospora*-fajok előfordulásának vizsgálata során, a kajszifákon képződött pseudopiknidiumokból és rákos sebekből a *C. cincta*, a *C. leucostoma* és a *C. sorbicola* fajokat azonosítottuk. A kimutatást a fás szövetek molekuláris vizsgálatának eredményei is megerősítették. A *C. sorbicola* jelenlétét elsőként azonosítottuk Magyarországon. Félsszabadföldi- és szabadföldi körülmények között végrehajtott mesterséges fertőzések során a kórokozó patogénnek és virulensnek bizonyult a kajszifákon. Az algatartamú készítményekkel végzett kezelések csak kis mértékben ugyan, de csökkentették a *C. sorbicola* okozta szövetelhalások mértékét. Azonban úgy tűnik, hogy erős fertőzési nyomás mellett, ezek a kezelések önmagukban nem elég hatékonyak.

A gombaölő hatóanyagok hatékonyságáról kevés információ áll rendelkezésre a *C. sorbicola* vonatkozásában. Az *in vitro*, mérgezett agarlemezes kísérletünkben a kórokozóval szemben hatékonynak bizonyultak a kaptán, a rézhidroxid, a réz+mankoceb és a tribázikus rézsulfát hatóanyagok engedélyezett felhasználási dózisa, így ezeknek a fungicideknek a hatékonyságát szabadföldi körülmények között is érdemes vizsgálni. Utóbbi három hatóanyag csökkentett dózisa mellett, eltérő mértékben ugyan, de egyes kórokozó izolátumok képesek voltak növekedni. Ezért az ezekkel a készítményekkel végzett permetezések során kiemelt figyelmet kell fordítani a megfelelő dózisban történő kijuttatásra. A mankoceb esetében egy izolátum kapcsán csökkent hatékonyságot azonosítottunk mindhárom felhasznált dózis mellett. Azonban a kevert hatóanyagú (réz + mankoceb) készítmény felhasználása már fungicid

hatásának bizonyult, ami rávilágít arra, hogy milyen fontos szerepe van a növényvédelmi kezelések során a kombinált hatóanyagú készítményeknek.

Az *in vitro*, konfrontációs-tesztel végrehajtott kísérleteinkben a *Trichoderma asperellum* 'T34'-es törzse parazitálta a *C. sorbicola* kórokozó micéliumát. Mind az azonos idejű, mind a késleltetett leoltások mellett a mikoparazita gátolta a *C. sorbicola* tenyészetének növekedését és sporulálását, sőt elfedve azokat, intenzíven sporulált a felszínükön. Továbbá megfigyeltük, hogy a hiperparazita körülöleli és behatol a kórokozó hifáiba. A biztató laboratóriumi eredmények alapján a *T. asperellum* 'T34' mikoparazita bevonható *in vivo* biológiai védekezési kísérletekbe is.

A fajták apoplexia fogékonyságának felmérése alapján, egyes fajták esetében kisebb mértékű volt a tünetek megjelenése és a fapusztulás mértéke. A nemes fajtákhoz tartozó alany változatok összehasonlítása pedig rávilágított arra, hogy a fák apoplexia érintettsége tovább csökkenthető a megfelelő alany kiválasztásával. Vizsgálatainkban az apoplexia kórokozóinak jelenléte mellett alacsony kockázattal természetű alany-nemes kombinációnak bizonyult a 'Zebra' 'Myrobalan', valamint a 'Mandulakajsi' 'Myrobalan', szilvatörzsű közbeoltású 'Myrobalan' és vadkajsi alanyokon.

Eredményeink alapján a kajsi apoplexia okozta károsodásának csökkentése érdekében a kórokozókat komplexen kell figyelembe venni és vizsgálni. Eredményeink hozzájárulnak olyan hatékony prevenció és növényvédelmi stratégiák kialakításához, amelyek megerősíthetik a biztonságosabb kajszitermesztést.

9. SUMMARY

Apricot cultivation in Hungary has a centuries-old history. Apoplexy has long been known to be a major limiting factor in apricot production, and its reduction or prevention could contribute to economical and sustainable cultivation of apricots. According to the literature, apoplexy in our country is mainly caused by '*Candidatus Phytoplasma prunorum*', *Pseudomonas syringae* and *Cytospora cincta*. In the present study, in addition to the above-mentioned pathogens, *C. leucostoma* and *C. sorbicola* were detected and confirmed by PCR in the woody tissues of apricot trees. These pathogens were present in individual and mixed infections in plants; therefore, the issue of apoplexy should have been investigated in a complex way, taking into account several pathogens. However, the presence of pathogens could often be latent, thus molecular identification methods must be applied to confirm their presence. Our results suggest that the importance and prevalence of the pathogens studied may vary from area to area and that plant protection measures against pathogens need to be adapted to the specific plantation for greater effectiveness.

In the apricot trees tested, we identified a high presence of '*Ca. Phytoplasma prunorum*' and investigated the possibilities of spread of the pathogen. The spread by vegetative propagation was confirmed by nested PCR in several nursery seedlings, but testing seedlings in large quantities requires significant investment of time, energy and money. Considering this, we consider it more efficient to test the mother trees on a regular basis, as required by FM Decree 14/2017 (23.III.) on the production and marketing of fruit-propagating materials. However, we believe that, contrary to the regulations, it would be worthwhile to test all plants in certified plantations annually, as these trees may be symptomless infected. This was supported by our study in which we were able to transfer '*Ca. Phytoplasma prunorum*' to seedlings in more than a quarter of germinations using buds from an infected mother tree. Our results on the infestation of mother trees suggest that it is worth sampling plants at several points because the distribution of phytoplasma in trees is not homogeneous. Sampling from a single point may lead to false negative results, and it is not advisable to collect samples in March and April for testing when the pathogen is usually not detectable.

Based on the study of *Cacopsylla pruni* specimens, in which the presence of the phytoplasma pathogen was confirmed by molecular methods, both male and female psyllids may play an important role in the spread of '*Ca. Phytoplasma prunorum*'. Similar to other studies carried out in the eastern region of Central and South-Eastern Europe, only the "B" biotype of the vector was confirmed. Specimens of *C. pruni* were not only commonly found in the orchards but also in their surrounding areas; therefore, surveys for the presence of the vector outside apricot orchards should be conducted for control purposes. There is no consensus in national and

international literature on the presence and importance of vector populations on apricot trees. To elucidate the exact cause of this controversy, it is worthwhile to consider the role of the plant species (e.g., host plant or food plant) in the life cycle of *C. pruni* and the factors that may influence it.

During psyllid collections, we also collected a large number of *C. crataegi*, several of which were found to carry the 'Ca. Phytoplasma prunorum'. The pathogen has not been previously detected in this psyllid species. Infected specimens were obtained from apricot and common hawthorn (*Crataegus monogyna*). Several plants were infected with 'Ca. Phytoplasma prunorum' when testing common hawthorns. It is possible that we uncovered a new mode of pathogen survival and spread. Transmission studies are essential to prove the role of the *C. crataegi* vector. Phylogenetic analysis of *C. crataegi* grouped our own and Italian samples into distinct clades. It is conceivable that within *C. crataegi*, there could be different variants, possibly biotypes, similarly to *C. pruni*.

In evaluation of the significance of *Cytospora* species, *C. cincta*, *C. leucostoma* and *C. sorbicola* were identified from pseudopiceidia and canker wounds formed on apricot trees. The detection was confirmed by molecular analysis of the woody tissues. The presence of *C. sorbicola* has been identified for the first time in Hungary. The pathogen was found to be pathogenic and virulent in apricot trees in artificial infections under semi-field and field conditions. Treatments with alga-containing formulations, although only slightly reducing tissue necrosis caused by *C. sorbicola*, appeared to be insufficiently effective under high infection pressure.

Little information is available on the efficacy of antifungal active substances on *C. sorbicola*. In our *in vitro* experiments using poisoned agar plates, the field application doses of captan, copper hydroxide, copper + mankoceb, and tribasic copper sulfate proved to be effective against the pathogen; therefore, the efficacy of these fungicides under field conditions is worth investigating. Some isolates of the pathogen grew to varying degrees at reduced doses of the latter three agents. Therefore, when spraying these products, particular attention should be paid to their correct application rate. In the case of mankoceb, reduced efficacy was identified for one isolate at all three doses used. However, the use of a mixed formulation (copper + mankoceb) has already shown fungicidal activity, highlighting the important role of combinations of active substances in crop protection treatments.

In our *in vitro*, confrontation assay experiments, *Trichoderma asperellum* strain 'T34' parasitized the mycelium of *C. sorbicola*. In both simultaneous and delayed inoculations, the hyperparasite inhibited the growth and sporulation of *C. sorbicola* cultures and even obscured them by sporulating intensively on their surface. Furthermore, hyperparasite surrounded and

penetrated the hyphae of pathogen. The promising laboratory results suggest that the *T. asperellum* 'T34' mycoparasite can be included in *in vivo* biocontrol experiments.

Evaluation of the susceptibility of varieties to apoplexy suggests that some varieties have a lower incidence of symptoms and dieback. The comparison of rootstock - scions combinations showed that the susceptibility of trees to apoplexy can be further reduced by selecting the appropriate rootstock. In our studies, 'Zebra' on 'Myrobalan', as well as 'Mandulakajsi' on 'Myrobalan', on plum intergrafted 'Myrobalan' and on wild apricot rootstocks were found to be a low-risk rootstock-scion combinations in the presence of pathogens causing apoplexy.

Our study shows that to reduce the damage caused by apricot apoplexy, pathogens need to be considered and tested in a complex manner. Our results will contribute to the development of effective disease prevention and plant protection strategies that can enhance safe and sustainable apricot production.

10. MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

1. ADAMS, G. C., SURVE-IYER, R. S., IEZZONI, A. F. (2002): Ribosomal DNA sequence divergence and group I introns within the *Leucostoma* species *L. cinctum*, *L. persoonii*, and *L. parapersoonii* sp. nov., ascomycetes that cause Cytospora canker of fruit trees. In: *Mycologia*, 94 (6): 947–967. p.
2. AGRIOS, G. N. (2005): Plant pathology. Amsterdam: Elsevier. 316 p.
3. AKKOPRU, A. (2016): Determination of bacterial disease on stone fruits grown in Lake Van Basin, East Anatolia of Turkey. In: *Acta Horticulturae*: 15–20. p.
4. ALVAREZ, A. M. (2004): Integrated approaches for detection of plant pathogenic bacteria and diagnosis of bacterial diseases. In: *Annual Review of Phytopathology*, 42: 339–366. p.
5. AMBROŽIČ TURK, B., MEHLE, N., BRZIN, J., ŠKERLAVAJ, V., SELJAK, G., RAVNIKAR, M. (2008): High infection pressure of ESFY phytoplasma threatens the cultivation of stone fruit species. In: *Journal of Central European Agriculture*, 9 (4): 795–801. p.
6. AMI, S. N., HALEEM, R. A., TAHER, I. E. (2016): Occurrence of major fungal and bacterial diseases on stone fruits in duhok province, kurdistan region, Iraq. In: *Journal of University of Duhok*, 19 (Agri. and Vet. Sciences): 569–577. p.
7. 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*. In: *Acta Horticulturae*, 1214: 235–238. p.
8. AUDERGON, J. M., CASTELAIN, C., MORVAN, G., CHASTELLIÈRE, M. G. (1991): Behaviour of 150 apricot varieties after an apricot chlorotic leaf roll inoculation. In: *Acta Horticulturae*, 293: 593–598. p.
9. BĂLAN, V., STOIAN, E., STANCU, T., IVAȘCU, A., OPERA, M., MIRCEA, I., VALERIU, S. (1995): Breeding for disease resistance in apricot: problems and prospects. In: *Acta Horticulturae*, 384: 103–109. p.
10. BĂLAN, V., TUDOR, V., TOPOR, E. (2006): Apricot genetics and breeding in Romania. XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: II International Symposium on Plant Genetic Resources of Horticultural. 483–489. p.

11. BANKO, T., HELTON, A. (1974): *Cytospora* induced changes in stems of *Prunus persica*. In: *Phytopathology*, 64: 899–901. p.
12. BARAKAT, R., JOHNSON, D. (1997): Expansion of cankers caused by *Leucostoma cincta* on sweet cherry trees. In: *Plant Disease*, 81 (12): 1391–1394. p.
13. BARAKAT, R. M., JOHNSON, D. A., GROVE, G. G. (1995): Factors affecting conidial exudation and survival, and ascospore germination of *Leucostoma cincta*. In: *Plant Disease*, 79 (12): 1245–1248. p.
14. BASSI, D. (1999): Apricot culture: present and future. In: *Acta Horticulturae*, 488: 35–42. p.
15. BAUER, L. P., SCHNEIDER, H. (1960): Relation of pear decline to rootstocks and sieve-tube necrosis. In: *American Society for Horticultural Science*, 76: 85–97. p.
16. BEN KHALIFA, M., FAKHFAKH, H. (2011): First report of *Candidatus Phytoplasma prunorum* infecting almonds in Tunisia. In: *Phytoparasitica*, 39: 411–414. p.
17. BERGE, O., MONTEIL, C. L., BARTOLI, C., CHANDEYSSON, C., GUILBAUD, C., SANDS, D. C., MORRIS, C. E. (2014): A user's guide to a data base of the diversity of *Pseudomonas syringae* and its application to classifying strains in this phylogenetic complex. In: *PloS one*, 9 (9): e105547. p.
18. BERGES, R., ROTT, M., SEEMÜLLER, E. (2000): Range of phytoplasma concentrations in various plant hosts as determined by competitive polymerase chain reaction. In: *Phytopathology*, 90 (10): 1145–1152. p.
19. BERTACCINI, A. (2007): Phytoplasmas: diversity, taxonomy, and epidemiology. In: *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 12 (2): 673–689. p.
20. 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. In: BERTACCINI, A., OSHIMA, K., KUBE, M., RAO, G. P. (szerk.) *Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria-III: Genomics, Host Pathogen Interactions and Diagnosis*. 1 kiadás. Szingapúr: Springer Singapore. 105–136. p.
21. BIANCO, P. A., SCATTINI, G., CASATI, P., FORTUSINI, A. (2000): Published. Thermotherapy of grapevine cuttings for flavescence dorée eradication. Extended Abstracts 13th Meeting of ICVG, Adelaide. 162–163. p.

22. BIGGS, A. R. (1984): Boundary-zone formation in peach bark in response to wounds and *Cytospora leucostoma* infection. In: *Canadian Journal of Botany*, 62 (12): 2814–2821. p.
23. BIGGS, A. R. (1986a): Comparative anatomy and host response of two peach cultivars inoculated with *Leucostoma cincta* and *L. personii*. In: *Phytopathology*, 76 (9): 905–912. p.
24. BIGGS, A. R. (1986b): Wound age and infection of peach bark by *Cytospora leucostoma*. In: *Canadian Journal of Botany*, 64 (10): 2319–2321. p.
25. BIGGS, A. R., EL-KHOLI, M. M., EL-NESHAWY, S. M. (1994): Effect of calcium salts on growth, pectic enzyme activity, and colonization of peach twigs by *Leucostoma personii*. In: *Plant Disease*, 78 (9): 886–890. p.
26. BIGGS, A. R., GROVE, G. G. (2005): Leucostoma canker of stone fruits. In: *The Plant Health Instructor*, 10: 1–9. p.
27. BIGGS, A. R., STOBBS, L. W. (1986): Fine structure of the suberized cell walls in the boundary zone and necrophylactic periderm in wounded peach bark. In: *Canadian Journal of Botany*, 64 (8): 1606–1610. p.
28. BŁASZCZYK, L., SIWULSKI, M., SOBIERALSKI, K., LISIECKA, J., JĘDRYCZKA, M. (2014): *Trichoderma* spp.-application and prospects for use in organic farming and industry. In: *Journal of Plant Protection Research*, 54 (4): 309–317. p.
29. BODNÁR, D., CSÜLLÖG, K., TARCALI, G. (2018): 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. In: *Acta Agraria Debreceniensis*, (74): 25–33. p.
30. BOPHELA, K. N., PETERSEN, Y., BULL, C. T., COUTINHO, T. A. (2020): Identification of *Pseudomonas* isolates associated with bacterial canker of stone fruit trees in the Western Cape, South Africa. In: *Plant Disease*, 104 (3): 882–892. p.
31. BOX, G. E. P., COX, D. R. (1964): An analysis of transformations. In: *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 26: 211–252. p.
32. BRADY, S. F., WAGENAAR, M. M., SINGH, M. P., JANSO, J. E., CLARDY, J. (2000): The cytosporones, new octaketide antibiotics isolated from an endophytic fungus. In: *Organic letters*, 2 (25): 4043–4046. p.

33. BROTMAN, Y., KAPUGANTI, J. G., VITERBO, A. (2010): *Trichoderma*. In: *Current Biology*, 20 (9): R390–R391. p.
34. BRUN, L., WARLOP, F., MERCIER, V., BROQUAIRE, J. M., CLAUZEL, G., GOMEZ, C., PARVEAUD, C. E., AUDERGON, J. M. (2011): Quelle sélection fruitière pour une production durable, à faible niveau d'intrants? Méthodologie pour un réseau de sélection variétale décentralisée. In: *Innovations Agronomiques*, 15: 105–115. p.
35. BURCKHARDT, D., LAUTERER, P. (2009): Taxonomy of psyllids (*Hemiptera*, *Psylloidea*) associated with apple and stone fruits in Central and Southern Europe. In: *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 82 (3/4): 253–257. p.
36. CAKADZE, T. A. (1949): Prezsdevremennoe otsikhanie kostochkovikh kultur, vizivannoe predstavitelami roda *Leucostoma*. Akad. Nauk Gruz SSR. p.
37. CAKADZE, T. A. (1952): K izucheniju biologii predstavitelej roda *Leucostoma* na kostochkovikh v Gruzinskoj CCP. Akad. Nauk Gruz SSR.
38. CARRARO, L., FERRINI, F., ERMACORA, P., LOI, N. (2002): Role of wild *Prunus* species in the epidemiology of European stone fruit yellows. In: *Plant Pathology*, 51 (4): 513–517. p.
39. CARRARO, L., FERRINI, F., LABONNE, G., ERMACORA, P., LOI, N. (2004): Seasonal infectivity of *Cacopsylla pruni*, vector of European stone fruit yellows phytoplasma. In: *Annals of Applied Biology*, 144 (2): 191–195. p.
40. CARRARO, L., LOI, N., ERMACORA, P. (2001): Transmission characteristics of the European stone fruit yellows phytoplasma and its vector *Cacopsylla pruni*. In: *European Journal of Plant Pathology*, 107 (7): 695–700. p.
41. CARRARO, L., LOI, N., ERMACORA, P., GREGORIS, A., OSLER, R. (1997): Published. Transmission of pear decline by using naturally infected *Cacopsylla pyri* L. XVII International Symposium Virus and Virus-Like Diseases of Temperate Fruit Crops Bethesda, USA: 665–668. p.
42. CARRARO, L., LOI, N., ERMACORA, P., OSLER, R. (1998b): High tolerance of European plum varieties to plum leptonecrosis. In: *European Journal of Plant Pathology*, 104 (2): 141–145. p.
43. CARRARO, L., OSLER, R. (2003): European stone fruit yellows: a destructive disease in the Mediterranean basin. In: MYRTA, A., DI TERLIZZI, B., SAVINO, V. (szerk.) *Options Méditerranéennes*. Bari: CIHEAM-IAMB. 113–117. p.

44. CARRARO, L., OSLER, R., LOI, N., ERMACORA, P., REFATTI, E. (1998a): Transmission of European stone fruit yellows phytoplasma by *Cacopsylla pruni*. In: *Journal of Plant Pathology*, 80 (3): 233–239. p.
45. CARRARO, L., OSLER, R., REFATTI, E., FAVALI, M. A. (1992): Natural diffusion and experimental transmission of plum "leptonecrosis". In: *Acta Horticulturae*, 309: 285–290. p.
46. ČERMÁK, V., LAUTERER, P. (2008): Overwintering of psyllids in South Moravia (Czech Republic) with respect to the vectors of the apple proliferation cluster phytoplasmas. In: *Bulletin of Insectology*, 61 (1): 147–148. p.
47. CHABROLIN, C. (1924): Quelques maladies des arbres fruitiers de la Vallée du Rhône. In: *Ann. Epiphyties*, 10 (5): 265–333. p.
48. CHRISTENSEN, N. M., NICOLAISEN, M., HANSEN, M., SCHULZ, A. (2004): Distribution of phytoplasmas in infected plants as revealed by real-time PCR and bioimaging. In: *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 17 (11): 1175–1184. p.
49. CIEŚLIŃSKA, M., MORGAS, H. (2011): Detection and identification of ‘*Candidatus Phytoplasma prunorum*’, ‘*Candidatus Phytoplasma mali*’ and ‘*Candidatus Phytoplasma pyri*’ in stone fruit trees in Poland. In: *Journal of Phytopathology*, 159 (4): 217–222. p.
50. COLELLA, C., AMENDUINI, M., CIRULLI, M. (2004): Verticillium diseases in stone fruits (*Prunus* spp.). In: *Informatore Fitopatologico (Italy)*, 54 (6): 14–26. p.
51. COLLINA, M., CICOGNANI, E., GALLETTI, B., BRUNELLI, A. (2006): Field and in vitro sensitivity of *Valsa ceratosperma* (*Cytospora vitis*) to fungicides. In: *IOBC WPRS Bulletins*, 29 (1): 151. p.
52. CONCI, C., RAPISARDA, C., TAMANINI, L. (1992): Annotated catalogue of the Italian Psylloidea. Trentino-Alto Adige: Atti dell'Accademia roveretana degli Agiati.
53. CONTALDO, N., BERTACCINI, A. (2019): Phytoplasma cultivation. In: BERTACCINI, A., OSHIMA, K., KUBE, M., RAO, G. P. (szerk.) *Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria-III: Genomics, Host Pathogen Interactions and Diagnosis*. 1 kiadás. Szingapúr: Springer Singapore. 89–104. p.
54. CONTALDO, N., BERTACCINI, A., PALTRINIERI, S., WINDSOR, H. M., WINDSOR, G. D. (2012): Axenic culture of plant pathogenic phytoplasmas. In: *Phytopathologia Mediterranea*, 51 (3): 607. p.

55. COTUNA, O., PARASCHIVU, M., SĂRĂTEANU, V., DURĂU, C. (2020): Identification of the phyto-pathogenic fungus *Cytospora leucostoma* (pers.) sacc. in cherry trees from western Romania (case study). In: *Research Journal of Agricultural Science*, 52 (2): 125–132. p.
56. CUJEC, T. P. (1988): Incidence, etiology and epidemiology of stonefruit dieback in the Okanagan Valley. Doktori értekezlet. University of British Columbia.
57. D'AMBRA, V., MUTTO, S. (1972): Ricerche sul cancro dell'albicocco in Trentino-Alto Adige. In: *Rivista di Patologia Vegetale*: 185–197. p.
58. DAIRE, X., CLAIR, D., REINERT, W., BOUDON-PADIEU, E. (1997): Detection and differentiation of grapevine yellows phytoplasmas belonging to the elm yellows group and to the stolbur subgroup by PCR amplification of non-ribosomal DNA. In: *European Journal of Plant Pathology*, 103: 507–514. p.
59. DAVIES, D. L., ADAMS, A. N. (2000): European stone fruit yellows phytoplasmas associated with a decline disease of apricot in southern England. In: *Plant Pathology*, 49 (5): 635–639. p.
60. DAVIS, D. L., CLARK, M. F. (1994): Maintenance of mycoplasma-like organisms occurring in *Pyrus* species by micropropagation and their elimination by tetracycline therapy. In: *Plant Pathology*, 43 (5): 819–823. p.
61. DÉFAGO, G. (1935): De quelques Valsées von Höhnelt, parasites des arbres à noyau déperissants. Doktori értekezlet. ETH Zurich. 105. p.
62. DÉR, Z. (2005): Kertészeti növények kabóca együtteseinek és szerepük a fitoplazmák terjesztésében. Doktori értekezés. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem. 151. p.
63. DESVIGNES, J. C., CORNAGGIA, D. (1983): Observations on apricot chlorotic leaf roll (ACLR): sensitiveness of different *Prunus* species, detection, spread in plum orchards. In: *Acta Horticulturae*, 130: 249–256. p.
64. DHANVANTARI, B. N. (1968): Effects of selected fungicides on germination of conidia of *Cytospora cincta* and *C. leucostoma* in vitro. In: *Canadian Journal of Plant Science*, 48 (4): 401–404. p.
65. DIXON, W. J. (1960): Simplified Estimation from Censored Normal Samples. In: *Annals of Mathematical Statistics*, 31 (2): 385–391. p.

66. DONMEZ, M. F., KARLIDAG, H., ESITKEN, A. (2010): Identification of resistance to bacterial canker (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) disease on apricot genotypes grown in Turkey. In: *European Journal of Plant Pathology*, 126: 241–247. p.
67. DOOLOTKELDIEVA, T., BOBUSHEVA, S. (2020): Characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* from diseased stone fruits in Kyrgyzstan and testing of biological agents against pathogen. In: *International Journal of Phytopathology*, 9 (2): 71–91. p.
68. DOSBA, F., LANSAC, M., MAZY, K., GARNIER, M., EYQUARD, J. P. (1990): Incidence of different diseases associated with mycoplasma-like organisms in different species of *Prunus*. In: *Acta Horticulturae*, 283: 311–320. p.
69. DOYLE, J. J. (1990): Isolation of plant DNA from fresh tissue. In: *Focus*, 12: 13–15. p.
70. DUQUESNE, J., DELMAS, J. M., GALL, H., ARNOUX, M., PICOU, C., POMAR, A. (1974): Influence of the rootstock, level of grafting and the soil type on the appearance of bacterial disease of apricot. In: *Pomologie Francaise*, 16: 3–14. p.
71. DUSTAN, G. G., DAVIDSON, T. R. (1981): Maladies, insectes et acariens des fruit noyaux. In: *Agriculture Canada*: 10–11. p.
72. DYE, M. H., BUCHANAN, L., DOROFÆFF, F. D., BEECROFT, F. G. (1983): Die-back of apricot trees following soil application of boron. In: *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 11 (4): 331–342. p.
73. EICHMEIER, A., KISS, T., NECAS, T., PENAZOVA, E., TEKIELSKA, D., BOHUNICKA, M., VALENTOVA, L., CMEJLA, R., MORAIS, D., BALDRIAN, P. (2019): High-Throughput Sequencing Analysis of the Bacterial Community in Stone Fruit Phloem Tissues Infected by 'Candidatus Phytoplasma prunorum'. In: *Microbial Ecology*, 77: 664–675. p.
74. EL-NAGGAR, M., KÖVICS, G., KARAFFA, E. M., IRINYI, L. M. (2008): Mycoparasitism and antagonistic efficiency of *Trichoderma reesei* against *Botrytis* spp. In: *Contributii Botanice*, 43: 141–147. p.
75. ENDERT-KIRKPATRICK, E., RITCHIE, D. F. (1988): Involvement of pH in the competition between *Cytospora cincta* and *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. In: *Phytopathology*, 78 (5): 619–624. p.
76. ENDERT, E., RITCHIE, D. F. (1984): Detection of pathogenicity, measurement of virulence and determination of strain variation in *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. In: *Plant Disease*, 68 (8): 677–680. p.

77. ERMACORA, P., FERRINI, F., LOI, N., MARTINI, M., OSLER, R. (2011): Population dynamics of *Cacopsylla pruni* and 'Candidatus Phytoplasma prunorum' infection in North-Eastern Italy. In: *Bulletin of Insectology*, 64: 143–144. p.
78. ETROPOLSKA, A., JARAUSCH, W., B., J., G., T. (2015): Detection of European fruit tree phytoplasmas and their vectors in important fruit-growing regions in Bulgaria. . In: *Bulgarian Journal of Agriculture Science*, 21 (6): 1248–1253. p.
79. ETROPOLSKA, A., JARAUSCH, W., JARAUSCH, B., TRENCH, G. (2016): Molecular typing Of Bulgarian specimen of the Phytoplasma vectors *Cacopsylla pruni* Scopoli and *Cacopsylla melanoneura* (Foerster). In: *Bulgarian Journal of Agriculture Science*, 22 (1): 98–102. p.
80. FAJT, N., SELJAK, G., PRINČIČ, M., KOMEL, E., VEBERIČ, R., MEHLE, N., BOBEN, J., DREO, T., RAVNIKAR, M., AMBROŽIČ TURK, B. (2009): Zagotavljanje zdravega izhodiščnega materiala koščičarjev z vzgojo matičnih dreves v mrežniku. In: *V: Zbornik predavanj in referatov*, 9: 243–247. p.
81. FAN, X., HYDE, K. D., LIU, M., LIANG, Y., TIAN, C. (2015a): *Cytospora* species associated with walnut canker disease in China, with description of a new species *C. gigalocus*. In: *Fungal Biology*, 119 (5): 310–319. p.
82. FAN, X. L., BEZERRA, J. D. P., TIAN, C.-M., CROUS, P. W. (2020): *Cytospora* (*Diaporthales*) in China. In: *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 45 (1): 1–45. p.
83. FAN, X. L., HYDE, K. D., YANG, Q., LIANG, Y.-M., MA, R., TIAN, C.-M. (2015b): *Cytospora* species associated with canker disease of three anti-desertification plants in northwestern China. In: *Phytotaxa*, 197 (4): 227–244. p.
84. FIALOVA, R., NAVRATIL, M., LAUTERER, P., NAVRKALOVA, V. (2007): 'Candidatus Phytoplasma prunorum': the phytoplasma infection of *Cacopsylla pruni* from apricot orchards and from overwintering habitats in Moravia (Czech Republic). In: *Bulletin of Insectology*, 60 (2): 183–184. p.
85. FISCHNALLER, S., PARTH, M., MESSNER, M., STOCKER, R., KERSCHBAMER, C., REYES-DOMINGUEZ, Y., JANIK, K. (2017): Occurrence of different *Cacopsylla* species in apple orchards in South Tyrol (Italy) and detection of apple proliferation phytoplasma in *Cacopsylla melanoneura* and *Cacopsylla picta*: (Hemiptera: Psylloidea). In: *Cicadina*, 17: 37–51. p.

86. FRÁNOVÁ, J., PŘIBYLOVÁ, J., NAVRÁTIL, M., ŠAFÁŘOVÁ, D., EMBER, I., KÖLBER, M., SÜLE, S., CIEŚLIŃSKA, M., KAMIŃSKA, M. (2014): Phytoplasma diseases and their vectors in Czech Republic, Hungary and Poland. In: BERTACCINI, A. (szerk.) *Phytoplasmas and Phytoplasma Disease Management: How to Reduce Their Economic Impact: Food and Agriculture COST Action FA0807: Integrated Management of Phytoplasma Epidemics in Different Crop Systems*. IPWG-International Phytoplasma Working Group. 29–35. p.
87. FROELICH, M. H., SCHNABEL, G. (2019): Investigation of fungi causing twig blight diseases on peach trees in South Carolina. In: *Plant Disease*, 103 (4): 705–710. p.
88. GALLINGER, J., DIPPEL, C., GROSS, J. (2019): Interfering host location of *Cacopsylla pruni* with repellent plant volatiles. In: *IOBC-WPRS Bull.*, 146: 10–12. p.
89. 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. In: *Frontiers in Plant Science*, 9: 1–12. p.
90. GALLINGER, J., GROSS, J. (2020): Phloem metabolites of *Prunus* sp. rather than infection with *Candidatus Phytoplasma prunorum* influence feeding behavior of *Cacopsylla pruni* nymphs. In: *Journal of Chemical Ecology*, 46 (8): 756–770. p.
91. 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. In: *Journal of Pest Science*, 93 (1): 461–475. p.
92. GARTNER, H. (1971): Versuche zur Bekämpfung von *Botrytis cinerea* (Grauschimmel) als Traubenfaule. In: *Mitteilungen Klosterneuburg*: 183–198. p.
93. GAZEL, M., CAGLAYAN, K., SERCE, C. U., SON, L. (2009): Evaluations of apricot trees infected by ‘*Candidatus Phytoplasma prunorum*’ for horticultural characteristics. In: *Romanian Biotechnological Letters*, 14 (1): 4123–4129. p.
94. GERTSSON, C. A. (2010): Fångst av bladloppor (*Hemiptera: Psylloidea*) från Svenska Malaisefälleprojektet-nya provinsfynd samt sällsynt förekommande arter i Sverige. In: *Entomologisk Tidskrift*, 131 (1): 55–65. p.
95. GHAZANFAR, M. U., RAZA, M., RAZA, W., QAMAR, M. I. (2018): *Trichoderma* as potential biocontrol agent, its exploitation in agriculture: a review. In: *Plant Protection*, 2 (3): 109–135. p.

96. GLITS, M., FOLK, G. (2000): Gyümölcsfélék betegségei. In: GLITS, M., FOLK, G. (szerk.) *Kertészeti növénykórtan*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 216–220. p.
97. GORMEZ, A., SAHIN, F., GULLUCE, M., ASLAN, I. (2013): Identification and characterization of *Pseudomonas syringae* isolated from apricot trees in the erzurum province of Turkey and evaluation of cultivar reaction. In: *Journal of Plant Pathology*: 525–532. p.
98. GOTO, M. (2012): Fundamentals of bacterial plant pathology. San Diego: Academic Press.
99. GROVE, G. G., BIGGS, A. R. (2006): Production and dispersal of conidia of *Leucostoma cinctum* in peach and cherry orchards under irrigation in eastern Washington. In: *Plant Disease*, 90 (5): 587–591. p.
100. GUILBAUD, C., MORRIS, C. E., BARAKAT, M., ORTET, P., BERGE, O. (2016): Isolation and identification of *Pseudomonas syringae* facilitated by a PCR targeting the whole *P. syringae* group. In: *FEMS Microbiology Ecology*, 92 (1): fiv146. p.
101. HANIFEH, S., ZAFARI, D., SOLEIMANI, M.-J., ARZANLOU, M. (2022): Multigene phylogeny, morphology, and pathogenicity trials reveal novel *Cytospora* species involved in perennial canker disease of apple trees in Iran. In: *Fungal Biology*, 126 (11–12): 707–726. p.
102. HATTINGH, M. J., ROOS, I. M. M. (1995): Bacterial Canker. In: OGAWA, J. M., ZEHR, E. I., BIRD, G. W., RITCHIE, D. F., UYMOTO, J. K. (szerk.) *Compendium of Stone Fruit Diseases*. St. Paul: American Phytopathological Society Press. 48–50. p.
103. HAWKSWORTH, D. L. (2011): A new dawn for the naming of fungi: impacts of decisions made in Melbourne in July 2011 on the future publication and regulation of fungal names. In: *IMA fungus*, 2: 155–162. p.
104. HEIDARIAN, A., TADAYON NEJAD, M. (2018): Nutritional effects of apple trees on *Cytospora* canker severity (*Cytospora cincta*) in Semirom orchards. In: *Journal of Applied Entomology and Phytopathology*, 86 (1): 13–28. p.
105. HELTON, A. W., KONICEK, D. E. (1962a): An optimum environment for the culturing of *Cytospora* isolates from stone fruits. I. Temperature. In: *Mycopathologia et Mycologia Applicata*, 16 (1): 19–26. p.

106. HELTON, A. W., KONICEK, D. E. (1962b): An optimum environment for the culturing of *Cytospora* isolates from stone fruits. III. Nitrogen sources. In: *Mycopathologia et Mycologia Applicata*, 16 (2): 125–132. p.
107. HINRICHS-BERGER, J. (2004): Epidemiology of *Pseudomonas syringae* pathovars associated with decline of plum trees in the southwest of Germany. In: *Journal of Phytopathology*, 152 (3): 153–160. p.
108. HODKINSON, I. D. (2009): Life cycle variation and adaptation in jumping plant lice (*Insecta: Hemiptera: Psylloidea*): a global synthesis. In: *Journal of Natural History*, 43 (1–2): 65–179. p.
109. HODKINSON, I. D., WHITE, I. M. (1979): *Homoptera Psylloidea*. In: WATSON, A. (szerk.) *Handbooks for the Identification of British Insects*. London: Royal Entomological Society of London. 98. p.
110. HOLLAND, L. A., TRAVADON, R., LAWRENCE, D. P., NOURI, M. T., TROUILLAS, F. (2021a): Evaluation of pruning wound protection products for the management of almond canker diseases in California. In: *Plant Disease*, 105 (11): 3368–3375. p.
111. HOLLAND, L. A., TROUILLAS, F. P., NOURI, M. T., LAWRENCE, D. P., CRESPO, M., DOLL, D. A., DUNCAN, R. A., HOLTZ, B. A., CULUMBER, C. M., YAGHMOUR, M. A. (2021b): Fungal pathogens associated with canker diseases of almond in California. In: *Plant Disease*, 105 (2): 346–360. p.
112. HORSÁKOVÁ, J., NEČASOVÁ, J., NEČAS, T. (2017): Determination of synergistic interactions between Plum pox virus and ‘*Candidatus* Phytoplasma prunorum’ in infected peach trees. In: *Acta Horticulturae*, 1163: 45–52. p.
113. HORST, R. K. (2013): Cankers and Diebacks. In: HORST, R. K. (szerk.) *Westcott's Plant Disease Handbook*. 5. kiadás. New York: Springer New York. 156–173. p.
114. HORVÁTH, C. (2010): Mitől pusztul a kajszi? In: *Kertészet és Szőlészet*, 31: 12–14. p.
115. HORVÁTH, G. (1897): A Magyar Birodalom Állatvilága (Fauna Regni Hungariae). III. Arthropoda. (*Insecta. Hemiptera.*). In: PASZLAVSZKY, J. (szerk.). Budapest: Királyi Magyar Természettudományi Társulat. 72. p.

116. HULIN, M. T., MANSFIELD, J. W., BRAIN, P., XU, X., JACKSON, R. W., HARRISON, R. J. (2018): Characterization of the pathogenicity of strains of *Pseudomonas syringae* towards cherry and plum. In: *Plant Pathology*, 67 (5): 1177–1193. p.
117. HUSZ, B. (1941): A beteg növény és gyógyítása. Budapest: A Királyi Magyar Természettudományi Társulat. 62 p.
118. IBM (2017): IBM SPSS Statistics for Windows. N.Y., Egyesült Államok: IBM Corp.
119. IVIĆ, D., PLAVEC, J., IVANČAN, G. (2017): The occurrence of ‘*Candidatus* Phytoplasma prunorum’ in apricot orchards in Baranja. In: *Pomologia Croatica.: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 21 (1–2): 101–106. p.
120. JAFARPOUR, B. (1993): Resistant cultivars of apricot to bacterial canker (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) in Mashhad. In: JACOBS, T., PARLEVLIET, J. E. (szerk.) *Durability of Disease Resistance*. Dordrecht: Springer. 327–327. p.
121. JARAUSCH, B., JARAUSCH, W. (2009): Psyllid vectors and their control. In: WEINTRAUB, P. G., JONES, P. (szerk.) *Phytoplasmas: Genomes, plant hosts and vectors*. Wallingford: CABI. 250–271. p.
122. JARAUSCH, B., LAMPE, I., FUCHS, A., HARZER, U., JARAUSCH, W. (2010): Control of *Cacopsylla pruni*, a vector of European stone fruit yellows. In: *Petria*, 20: 673–674. p.
123. JARAUSCH, B., MUHLENZ, I., BECK, A., LAMPE, I., HARZER, U., JARAUSCH, W. (2008): Epidemiology of European stone fruit yellows in Germany. In: *Acta Horticulturae*, 781: 417–422. p.
124. JARAUSCH, B., WEINTRAUB, P., SAUVION, N., MAIXNER, M., FOISSAC, X. (2014): Diseases and insect vectors. In: BERTACCINI, A., (szerk.) *Phytoplasmas and phytoplasma disease management: how to reduce their economic impact*, Bologna, Italy: Phytoplasma Working Group. 111–121. p.
125. JARAUSCH, W., DANET, J. L., LABONNE, G., DOSBA, F., BROQUAIRE, J. M., SAILLARD, C., GARNIER, M. (2001a): 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. In: *Plant Pathology*, 50 (6): 782–790. p.

126. JARAUSCH, W., EYQUARD, J. P., LANSAC, M., MOHNS, M., DOSBA, F. (2000): Susceptibility and tolerance of new French *Prunus domestica* cultivars to European stone fruit yellows phytoplasmas. In: *Journal of Phytopathology*, 148 (7–8): 489–493. p.
127. JARAUSCH, W., JARAUSCH-WEHRHEIM, B., DANET, J. L., BROQUAIRE, J. M., DOSBA, F., SAILLARD, C., GARNIER, M. (2001b): Detection and indentification of European stone fruit yellows and other phytoplasmas in wild plants in the surroundings of apricot chlorotic leaf roll-affected orchards in southern France. In: *European Journal of Plant Pathology*, 107 (2): 209–217. p.
128. JARAUSCH, W., JARAUSCH, B. (2016): A permanent rearing system for *Cacopsylla pruni*, the vector of ‘*Candidatus* Phytoplasma prunorum’. In: *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 159 (1): 112–116. p.
129. JARAUSCH, W., JARAUSCH, B., FRITZ, M., RUNNE, M., ETROPOLSKA, A., PFEILSTETTER, E. (2019): Epidemiology of European stone fruit yellows in Germany: the role of wild *Prunus spinosa*. In: *European Journal of Plant Pathology*, 154 (2): 463–476. p.
130. JARAUSCH, W., LANSAC, M., DOSBA, F. (1999): Seasonal colonization pattern of European stone fruit yellows phytoplasmas in different *Prunus* species detected by specific PCR. In: *Journal of Phytopathology*, 147 (1): 47–54. p.
131. JARAUSCH, W., LANSAC, M., SAILLARD, C., BROQUAIRE, J. M., DOSBA, F. (1998): PCR assay for specific detection of European stone fruit yellows phytoplasmas and its use for epidemiological studies in France. In: *European Journal of Plant Pathology*, 104 (1): 17–27. p.
132. KAYA, K., GAZEL, M., CAGLAYAN, K., SAUVION, N. (2016): Potential psyllid vectors of *Candidatus* Phytoplasma mali and *Candidatus* Phytoplasma pyri in Turkey. In: *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53 (2): 383–392. p.
133. KENNELLY, M. M., CAZORLA, F. M., DE VICENTE, A., RAMOS, C., SUNDIN, G. W. (2007): *Pseudomonas syringae* diseases of fruit trees: progress toward understanding and control. In: *Plant Disease*, 91 (1): 4–17. p.
134. KHAN, M. R., ANWER, M. A. (2011): Fungal bioinoculants for plant disease management. In: I., A., F., A., J., P. (szerk.) *Microbes and Microbial Technology: Agricultural and Environmental Applications*. New York: Springer. 447–488. p.

135. KIM, K.-H. (1996): CLP-C3A, a new cyclic lipodepsipeptide from *Pseudomonas syringae*. Doktori értekezéslet. Logan, Egyesült Államok: Utah State University.
136. 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. In: *Journal of Phytopathology*, 149 (9): 533–541. p.
137. KLEMENT, Z. (1977a): Bacterial canker and dieback disease of apricots (*Pseudomonas syringae* van Hall). In: *EPPO Bulletin*, 7 (1): 57–68. p.
138. KLEMENT, Z. (1977b): Introduction-Apricot Apoplexy. In: *EPPO Bulletin*, 7 (1): 7–9. p.
139. KLEMENT, Z. (1990): Bakteriális patogenezis a fogékony és betegségellenálló növényben. Budapest: Akadémiai Kiadó. 40 p.
140. KLEMENT, Z., ROZSNYAY, D. S., ARSENIJEVIC, M. (1974): Apoplexy of apricots. III. Relationship of winter frost and the bacterial canker and die-back of apricots. In: *Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 9 (1/2): 35–45. p.
141. KLEMENT, Z., ROZSNYAY, D. S., BALO, E., PÁNCZÉL, M., PRILESZKY, G. (1984): The effect of cold on development of bacterial canker in apricot trees infected with *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. In: *Physiological Plant Pathology*, 24 (2): 237–246. p.
142. KLEMENT, Z., ROZSNYAY, D. S., VISNYOVSKY, E. (1972): Apoplexy of apricots. I. Bacterial die-back and the development of the disease. In: *Acta Phytopathologica*, 9 (1–2): 35–45. p.
143. KONICEK, D. E., HELTON, A. W. (1962a): An optimum environment for the culturing of *Cytospora* isolates from stone fruits. II. Carbon sources. In: *Mycopathologia et Mycologia Applicata*, 16 (3): 27–34. p.
144. KONICEK, D. E., HELTON, A. W. (1962b): An optimum environment for the culturing of *Cytospora* isolates from stone fruits. IV. Hydrogen-ion concentration. In: *Mycopathologia et Mycologia Applicata*, 16 (3): 243–248. p.
145. KONTSCHÁN, J., BODNÁR, D., RIPKA, G. (2022): Új adatok a hazai levélbolhák (*Insecta: Psylloidea*) előfordulásaihoz III. In: *Növényvédelem*, 58 (9): 394–397. p.
146. KONTSCHÁN, J., KISS, E., RIPKA, G. (2020): Új adatok a hazai levélbolhák (*Insecta: Psylloidea*) előfordulásaihoz. In: *Növényvédelem*, 81: 197–202. p.

147. KONTSCHÁN, J., RIPKA, G. (2021): Új adatok a hazai levélbolhák (*Insecta: Psylloidea*) előfordulásaihoz II. In: *Növényvédelem*, 82 (8): 336–341. p.
148. KOTAN, R., ŞAHİN, F. (2002): First record of bacterial canker caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, on apricot trees in Turkey. In: *Plant Pathology*, 51 (6): 798–798. p.
149. KOTASTHANE, A., AGRAWAL, T., KUSHWAH, R., RAHATKAR, O. V. (2015): In-vitro antagonism of *Trichoderma* spp. against *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani* and their response towards growth of cucumber, bottle gourd and bitter gourd. In: *European Journal of Plant Pathology*, 141 (3): 523–543. p.
150. KOTTE, W. (1958): *Krankheiten und Schädlinge im Obstbau und ihre Bekämpfung*. Berlin: P. Parey.
151. KOVÁCS, G. (1970): Inoculation experiments with *Cytospora cincta* Sacc. on apricots. In: *Növényvédelem*, 6: 159–162. p.
152. KOVÁCS, G. (1974): A kajszipusztulásban (gutaütésben) legfontosabb szerepet játszó kórokozók hatásának vizsgálata. In: *Kísérletügyi-Közlemények*, 66 (1–3): 75–84. p.
153. KÖVICS, G. J., TARCZALI, G. (2015): Csonthéjasok növekvő veszélyben? In: *Agrofórum extra*, 26 (58): p.
154. KRIŽANAC, I., MIKECT, I., MUSIĆ, M. Š., ŠKORIĆ, D. (2010): Diversity of Phytoplasmas Infecting Fruit Trees and Their Vectors in Croatia. In: *Journal of Plant Diseases and Protection*, 117 (5): 206–213. p.
155. KRŠKA, B., GOGOLKOVÁ, K., ONDRÁŠEK, I., NEČAS, T. (2012): Evaluation of precocious decline of young apricot orchards in the Czech Republic. In: *Acta Horticulturae*, 966: 175–182. p.
156. KUBE, M., DUDUK, B., OSHIMA, K. (2019): Genome Sequencing. In: BERTACCINI, A., OSHIMA, K., KUBE, M., RAO, G. P. (szerk.) *Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria-III: Genomics, Host Pathogen Interactions and Diagnosis*. 1 kiadás. Szingapúr: Springer Singapore.
157. KUMAR, S., STECHER, G., LI, M., KNYAZ, C., TAMURA, K. (2018): MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. In: *Molecular Biology and Evolution*, 35 (6): 1547. p.
158. KURAL, I., ERDILLER, G. (1995): Cytospora canker of apricots in Malatya and Elazığ Provinces. In: *Acta Horticulturae*, 384: 533–542. p.

159. LABONNE, G., BROQUAIRE, J. M., JARAUSCH, W., FREYDIER, M., QUIOT, J. B. (2000): Enroulement chlorotique de l'abricotier: La base d'une stratégie de lutte en vergers d'abricotiers. In: *Phytoma, la défense des végétaux*, (530): 32–35. p.
160. LABONNE, G., LICHOU, J. (2004): Data on the life cycle of *Cacopsylla pruni*, *Psyllidae* vector of European stone fruit yellows (ESFY) phytoplasma, in France. In: *Acta Horticulturae*, 657: 465–470. p.
161. LAIMER, M. (2009): Detection of phytoplasmas of temperate fruit trees. *Methods in Molecular Biology Plant Pathology*. New York: Humana Press. 267–288. p.
162. LALANCETTE, N., MCFARLAND, K. A. (2007): Phytotoxicity of copper-based bactericides to peach and nectarine. In: *Plant Disease*, 91 (9): 1122–1130. p.
163. LAMICHHANE, J. R., MESSÉAN, A., MORRIS, C. E. (2015): Insights into epidemiology and control of diseases of annual plants caused by the *Pseudomonas syringae* species complex. In: *Journal of General Plant Pathology*, 81 (5): 331–350. p.
164. LAMICHHANE, J. R., VARVARO, L., PARISI, L., AUDERGON, J.-M., MORRIS, C. E. (2014): Disease and frost damage of woody plants caused by *Pseudomonas syringae*: seeing the forest for the trees. In: *Advances in Agronomy*, 126: 235–295. p.
165. LARKIN, M. A., BLACKSHIELDS, G., BROWN, N. P., CHENNA, R., MCGETTIGAN, P. A., MCWILLIAM, H., VALENTIN, F., WALLACE, I. M., WILM, A., LOPEZ, R. (2007): Clustal W and Clustal X version 2.0. In: *Bioinformatics*, 23 (21): 2947–2948. p.
166. LAWRENCE, D. P., HOLLAND, L. A., NOURI, M. T., TRAVADON, R., ABRAMIAN, A., MICHAELIDES, T. J., TROUILLAS, F. P. (2018): Molecular phylogeny of *Cytospora* species associated with canker diseases of fruit and nut crops in California, with the descriptions of ten new species and one new combination. In: *IMA fungus*, 9 (2): 333–369. p.
167. LAYNE, R. E. C. (1978): 'Harcot' apricot. In: *HortScience*, 13 (1): 64–65. p.
168. LAYNE, R. E. C. (1979): 'Harogem' apricot. In: *HortScience*, 14 (6): 758–759. p.
169. LAYNE, R. E. C. (1981a): 'Hargrand' apricot. In: *HortScience*, 16 (1): 98–100. p.
170. LAYNE, R. E. C. (1981b): 'Harlayne' apricot. In: *HortScience*, 16 (1): 97–98. p.

171. LEE, I. M., GUNDERSEN, D. E., HAMMOND, R. W., DAVIS, R. E. (1994): Use of mycoplasma-like organism (MLO) group-specific oligonucleotide primers for nested-PCR assays to detect mixed-MLO infections in a single host plant. In: *Phytopathology*, 84 (6): 559–566. p.
172. LEPRES, L. A., MERGENTHALER, E., VICZIÁN, O., TÓTH, F. (2018): A szilva levélbolha (*Cacopsylla pruni* Scopoli, 1763) jelenlétének felmérése és „*Candidatus* Phytoplasma prunorum” kórokozóval való fertőzöttségének vizsgálata egy heves megyei kajszibarack ültetvényben. In: *Növényvédelem*, 54 (5): 197–203. p.
173. LI, F. S. (1992): Two new and two record species of the genus *Cacopsylla* Ossiannilsson from China (*Homoptera: Psylloidea: Psyllidae*). In: *Acta Agriculturae Universitatis Pekinensis*, 18 (1): 91–98. p.
174. LI, S. (2023): Biology of Fungal Canker Diseases of Sweet Cherry in California. Doktori értekezés. Davis, Egyesült Államok: University of California. 95. p.
175. LORENZ, K. H., DOSBA, F., POGGI-POLLINI, C., LLACER, G., SEEMÜLLER, E. (1994): Phytoplasma diseases of *Prunus* species in Europe are caused by genetically similar organisms. In: *Journal of Plant Diseases and Protection*, 101 (6): 567–575. p.
176. LUDVIKOVA, H., FRANOVA, J., SUCHA, J. (2011): Phytoplasmas in apricot, peach and sour cherry orchards in East Bohemia, Czech Republic. In: *Bulletin of Insectology*, 64 (Supplement): 67–68. p.
177. LUO, Y., GU, S., FELTS, D., PUCKETT, R. D., MORGAN, D. P., MICHAILIDES, T. J. (2017): Development of qPCR systems to quantify shoot infections by canker-causing pathogens in stone fruits and nut crops. In: *Journal of Applied Microbiology*, 122 (2): 416–428. p.
178. LUO, Y., MA, R., BARRERA, E., GUSELLA, G., MICHAILIDES, T. J. (2022): Effects of temperature on development of canker-causing pathogens in almond and prune. In: *Plant Disease*, 106 (9): 2424–2432. p.
179. LYSKANOWSKA, M. K. (1976): Bacterial canker of sweet cherry (*Prunus avium*) in Poland. I. Symptoms, disease development and economic importance. In: *Phytopathologische Zeitschrift*, 60: 465–469. p.

180. MALANDRAKIS, A. A., APOSTOLIDOU, Z. A., MARKOGLOU, A., FLOURI, F. (2015): Fitness and cross-resistance of *Alternaria alternata* field isolates with specific or multiple resistance to single site inhibitors and mancozeb. In: *European Journal of Plant Pathology*, 142 (3): 489–499. p.
181. MARCONE, C., JARAUSCH, B., JARAUSCH, W. (2010): *Candidatus* Phytoplasma prunorum, the causal agent of European stone fruit yellows: an overview. In: *Journal of Plant Pathology*, 92 (1): 19–34. p.
182. MARCONE, C., RAGOZZINO, A., SEEMÜLLER, E. (1996): European stone fruit yellows phytoplasma as the cause of peach vein enlargement and other yellows and decline diseases of stone fruits in southern Italy. In: *Journal of Phytopathology*, 144 (11-12): 559–564. p.
183. 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. In: *Scientific Reports*, 10 (1): 1–13. p.
184. MARTIN, D. P., MURRELL, B., GOLDEN, M., KHOOSAL, A., MUHIRE, B. (2015): RDP4: Detection and analysis of recombination patterns in virus genomes. In: *Virus Evolution*, 1 (1): vev003. p.
185. MARTIN, D. P., MURRELL, B., KHOOSAL, A., MUHIRE, B. (2017): Detecting and analyzing genetic recombination using RDP4. In: KEITH, J. M. (szerk.) *Bioinformatics: data, sequence analysis, and evolution*. 2 kiadás. New York: Springer. 433–460. p.
186. MARTINI, M., QUAGLINO, F., BERTACCINI, A. (2019): Multilocus genetic characterization of phytoplasmas. In: BERTACCINI, A., OSHIMA, K., KUBE, M., RAO, G. P. (szerk.) *Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria-III: Genomics, Host Pathogen Interactions and Diagnosis*. 1 kiadás. Szingapúr: Springer Singapore. 161–200. p.
187. MASLOVA, M., GROSHEVA, E., SHAMSHIN, I., KUZNETSOVA, A., FEDORENKO, A. (2020): The impact of *Pseudomonas syringae* bacteria on the plant pathogenic fungi and cherry plants. In: ASATUROVA, A., ESAULENKO, E., (szerk.) XI International Scientific and Practical Conference “Biological Plant Protection is the Basis of Agroecosystems Stabilization”, 2020. Szeptember 21–24. Krasnodar, Oroszország: EDP Sciences. 1–7. p.

188. MAZZUCCHI, U. (1966): Cancro da *Cytospora* sul Pesco. Atti del Primo Congresso dell'Inione. In: *Phytopathologia Mediterranea*: 376–379. p.
189. MAZZUCCHI, U. (1968): Osservazioni sull'attività patogenica di *Cytospora* su pesco. In: *Informatore Fitopatol*, 18: 147–148. p.
190. MEHRABI, M., MOHAMMADI, G. E., FOTOUEHIFAR, K. B. (2011): Studies on *Cytospora* canker disease of apple trees in Semirum region of Iran. In: *Journal of Agricultural Technology*, 7 (4): 967–982. p.
191. MERGENTHALER, E. (2004): Fitoplazmás betegségek Magyarországon: Korszerű diagnosztikai módszerek fejlesztése. Doktori értekezés. Budapest: Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem. 164. p.
192. 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. In: *Bulletin of Insectology*, 70 (2): 171–176. p.
193. MILLER, S. T., OTTO, K. L., STERLE, D., MINAS, I. S., STEWART, J. E. (2019): Preventive Fungicidal Control of *Cytospora leucostoma* in Peach Orchards in Colorado. In: *Plant disease*, 103 (6): 1138–1147. p.
194. MIÑARRO, M., SOMOANO, A., MORENO, A., GARCÍA, R. R. (2016): Candidate insect vectors of apple proliferation in Northwest Spain. In: *SpringerPlus*, 5 (1): 1–10. p.
195. MOALE, C., SEPTAR, L. (2019): The resistance of apricot genotypes to the attack of certain pathogens in Romania. In: *Acta Horticulturae*, 1242: 369–378. p.
196. MOHAMMADI, R., KESHAVARZI, M., HASSANZADEH, N., DEJAMPOUR, J., FARHADNEJAD, A. (2021): Relative levels of resistance to bacterial canker in Iranian apricot hybrids. In: *Plant Pathology*, 10 (2): 15–29. p.
197. MONTESINOS, E., VILARDELL, P. (1991): Relationships among population levels of *Pseudomonas syringae*, amount of ice nuclei, and incidence of blast of dormant flower buds in commercial pear orchards in Catalunya, Spain. In: *Phytopathology*, 81 (1): 113–119. p.
198. MORAGREGA, C., LLORENTE, I., MANCEAU, C., MONTESINOS, E. (2003): Susceptibility of European pear cultivars to *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* using immature fruit and detached leaf assays. In: *European Journal of Plant Pathology*, 109: 319–326. p.
199. MORVAN, G. (1977): Apricot chlorotic leaf roll. In: *EPPO Bulletin*, 7 (1): 37–55. p.

200. MORVAN, G., CASTELAIN, C. (1965): Recherche d'indicateurs pour les virus liés à l'Enroulement chlorotique de l'Abricotier. In: *Zastita Bilja*, 85 (88): 419–425. p.
201. MULET, M., LALUCAT, J., GARCÍA-VALDÉS, E. (2010): DNA sequence-based analysis of the *Pseudomonas* species. In: *Environmental Microbiology*, 12 (6): 1513–1530. p.
202. 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. In: *European Journal of Plant Pathology*, 112: 53–61. p.
203. NAGY, P., LANTOS, A. (1998): Breeding stone fruit rootstocks in Hungary. In: *Acta Horticulturae*, 484: 199–202. p.
204. NAHER, L., YUSUF, U. K., ISMAIL, A., HOSSAIN, K. (2014): *Trichoderma* spp.: a biocontrol agent for sustainable management of plant diseases. In: *Pakistan Journal of Botany*, 46 (4): 1489–1493. p.
205. NAJAFI, P. H. G., TAGHAVI, S. M. (2014): Discrimination of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* isolates from different hosts in Iran using pathogenicity tests and RAPD. In: *International Journal of AgriScience*, 4 (1): 16–27. p.
206. NASU, S., JENSEN, D. D., RICHARDSON, J. (1970): Electron microscopy of Mycoplasma-like bodies associated with insect and plant hosts of peach Western X-disease. In: *Virology*, 41 (4): 583–595. p.
207. NAVRÁTIL, M., FIALOVÁ, R., KOCOUREK, F., LAUTERER, P., VÁLOVÁ, P., ŠAFÁŘOVÁ, D., PONCAROVÁ-VORÁŽKOVÁ, Z. (2004): Problems of European stone fruit yellows phytoplasma in the Czech Republic. Proceedings of the XVI. Slovak and Czech Plant Protection Conference organised at Slovak Agricultural University. Nitra, Slovakia: Acta Fytotech. Zootech. 217–219. p.
208. NEČAS, T., KISS, T., EICHMEIER, A., NEČASOVA, J., ONDRAŠEK, I. (2018): The effect of phytoplasma disease caused by '*Candidatus* Phytoplasma prunorum' on the phenological and pomological traits in apricot trees. In: *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46 (1): 107–114. p.
209. NEČAS, T., KRŠKA, B. (2005): Detection of phytoplasma ESFY in apricot trees using phloem and petioles. In: *Plant Protection Science*, 41 (4): 132–140. p.

210. NEČAS, T., MAŠKOVÁ, V., KRŠKA, B. (2012): Study of symptoms variability after artificial inoculation by phytoplasma ESFY in different prunus species. In: *Acta Horticulturae*, 966: 123–129. p.
211. NEČAS, T., ONDRÁŠEK, I., KRŠKA, B. (2015): ‘*Candidatus* Phytoplasma prunorum’ - a pathogen spreading uncontrollably in apricot orchards in the Czech Republic. In: *Acta Horticulturae*, 1105: 131–136. p.
212. NEČASOVÁ, J., NEČAS, T., EICHMEIER, A., KRŠKA, B. (2016): Use of real-time PCR for the characterization of variable symptoms in ESFY phytoplasma disease. In: *Acta Horticulturae*, 1110: 57–62. p.
213. NEI, M., KUMAR, S. (2000): Molecular evolution and phylogenetics. Oxford: Oxford University Press. 352 p.
214. NESHEVA, M., ALEXANDROVA, D., BOZHKOVA, V. (2020): Screening of apricot elites reaction to *Pseudomonas* spp. In: *Scientific Papers-Series B, Horticulture*, 64 (1): 141–146. p.
215. NORPHANPHOUN, C., WEN, T. C., HYDE, K. D., DOILOM, M., DARANAGAMA, D. A., PHOOKAMSAK, R., BULGAKOV, T. S. (2017): Revisiting the genus *Cytospora* and allied species. In: *Mycosphere*, 8 (1): 51–97. p.
216. NORTHOVER, J. (1976): Protection of peach shoots against species of *Leucostoma* with benomyl and captafol. In: *Phytopathology*, 66 (9): 1125–1128. p.
217. NOURIAN, A., SALEHI, M., SAFAIE, N., KHELGHATIBANA, F., ABDOLLAHZADEH, J. (2021): Fungal canker agents in apple production hubs of Iran. In: *Scientific Reports*, 11 (22646): 1–16. p.
218. NOVAK, H. (1994): The influence of ant attendance on larval parasitism in hawthorn psyllids (*Homoptera: Psyllidae*). In: *Oecologia*, 99 (1–2): 72–78. p.
219. NYUJTÓ, F., SURÁNYI, D. (1981): A kajszibarack kultúrtörténete. In: NYUJTÓ, F., SURÁNYI, D. (szerk.) *Kajszibarack*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 45–48. p.
220. NYUJTÓ, F., TOMCSÁNYI, P. (1959): A kajszibarack és termesztése. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.
221. 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. In: *Journal of Economic Entomology*, 108 (5): 2174–2183. p.

222. OKONECHNIKOV, K., GOLOSOVA, O., FURSOV, M., UGENE TEAM (2012): Unipro UGENE: a unified bioinformatics toolkit. In: *Bioinformatics*, 28 (8): 1166–1167. p.
223. OPREA, M. (1987): Species of microfungi associated with apricot decline. In: *Analele Institutului de Cercetări pentru Protecția Plantelor*, 20: 69–76. p.
224. ORLOVSKIS, Z., CANALE, M. C., THOLE, V., PECHER, P., LOPES, J. R. S., HOGENHOUT, S. A. (2015): Insect-borne plant pathogenic bacteria: getting a ride goes beyond physical contact. In: *Current Opinion in Insect Science*, 9: 16–23. p.
225. OSLER, R., BORSELLI, S., ERMACORA, P., FERRINI, F., LOSCHI, A., MARTINI, M., MORUZZI, S., MUSETTI, R., GIANNINI, M., SERRA, S. (2016): Transmissible tolerance to European stone fruit yellows (ESFY) in apricot: cross-protection or a plant mediated process? In: *Phytoparasitica*, 44: 203–211. p.
226. OSLER, R., BORSELLI, S., ERMACORA, P., LOSCHI, A., MARTINI, M., MUSETTI, R., LOI, N. (2014): Acquired tolerance in apricot plants that stably recovered from European stone fruit yellows. In: *Plant Disease*, 98 (4): 492–496. p.
227. OSSIANNILSSON, F. (1992): Subfamily *Psyllinae*: Genus *Cacopsylla*. In: KRISTENSEN, N. P. (szerk.) *The Psylloidea (Homoptera) of Fennoscandia and Denmark*. Leiden: Brill. 339. p.
228. PACLT, J. (1972): Some notes of principle concerning the ethiology of die-back in apricot. In: *Pol'nohospodarstvo*, 18: 824–831. p.
229. PANE, A., CACCIOLA, S. O., SCIBETTA, S., BENTIVENGA, G., MAGNANO DI SAN LIO, G. (2009): Four *Phytophthora* species causing foot and root rot of apricot in Italy. In: *Plant Disease*, 93 (8): 844–845. p.
230. PANFILOVAT, S. (1956): Rol vidov *Cytospora* v usikhanii drevesnikh nasazhgenij Uzbekistana. In: *Trudi plodovoyagodnogo instituta Akad.*, 21: 11–31. p.
231. PANKOVA, I., KREJZAR, V. (2022): Bacterial canker pathogens present in the materials of *Prunus armeniaca* propagation. In: *Zemdirbyste-Agriculture*, 109 (1): 71–80. p.

232. PARISI, L., MORGAINT, B., BLANCO-GARCIA, J., GUILBAUD, C., CHANDEYSSON, C., BOURGEAY, J.-F., MORONVALLE, A., BRUN, L., BRACHET, M.-L., MORRIS, C. E. (2019): Bacteria from four phylogroups of the *Pseudomonas syringae* complex can cause bacterial canker of apricot. In: *Plant Pathology*, 68 (7): 1249–1258. p.
233. PARKER, M. L., RITCHIE, D. F., REIGHARD, G. L., CLARK, B., WEST, R. M. (2018): Peach rootstock differences in tree survival from bacterial canker in the southeastern United States. In: *Acta Horticulturae*, 1228: 259–264. p.
234. PECCOUD, J., LABONNE, G., SAUVION, N. (2013): Molecular test to assign individuals within the *Cacopsylla pruni* complex. In: *PLoS One*, 8 (8): e72454. p.
235. PEDRYC, A. (2003): A kajsz nemesítése. In: PÉNZES, B., SZALAY, L. (szerk.) *Kajsz*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 53–81. p.
236. PENG, H. X., WEI, X. Y., XIAO, Y. X., SUN, Y., BIGGS, A. R., GLEASON, M. L., SHANG, S. P., ZHU, M. Q., GUO, Y. Z., SUN, G. Y. (2016): Management of Valsa canker on apple with adjustments to potassium nutrition. In: *Plant Disease*, 100 (5): 884–889. p.
237. PÉNZES, B., GLITS, M., SÜLE, S. V., NÉMETH, M. (2003): A kajsz növényvédelme. In: PÉNZES, B., SZALAY, L. (szerk.) *Kajsz*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
238. PETUSHOVA, N. I., OVCHARENKO, G. V., EVMENENKO, A. F., MEDVEDEVA, G. V. (1975): Rol' gribov roda *Cytospora* Fr. v usykhanii kostochkovykh kul'tur v Krymu. In: *Mikologiya-i-Fitopatologiya*, 9 (4): 315–319. p.
239. PLOCK, H. (1960): Apricot decline. In: *Mitteilungen Klosterneuburg*, 10: 19–21. p.
240. POGGI POLLINI, C., FORNO, F., FRANCHINI, S., GOBBER, M., LANZONI, C., MATTEDI, L., MIORELLI, P., PROFAIZER, D., RATTI, C. (2010): Published. Detection and distribution of European stone fruit yellows (ESFY) in apricot cv. 'Bergeron' and epidemiological studies in the province of Trento (Italy). 21st International Conference on Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops. 383–385. p.
241. POKHAREL, R. (2013): Cytospora canker in tree fruit crops. In: *Fact sheet (Colorado State University. Extension)*, 2 (953): 1–6. p.

242. POKHAREL, R. R., LARSEN, H. J. (2009a): Incidence, Severity and Management of Cytospora Canker in Stone Fruits in Colorado. In: *Colorado State University Agricultural Experiment Station Technical Report*, TR09-12: 55–61. p.
243. POKHAREL, R. R., LARSEN, H. J. (2009b): Alternative Management of Cytospora Canker in Stone Fruits in Colorado. In: *Western Colorado Research Center Annual report*, TR 09-12: 55–62. p.
244. POKHAREL, R. R., LARSEN, H. J. (2009c): Efficacy of plant and mineral oil against Cytospora canker in peach. In: *Phytopathology*, 99 (6): 103. p.
245. POKHAREL, R. R., REIGHARD, G. L. (2015): Evaluation of rootstock effect on tolerance to iron chlorosis and Cytospora canker in peaches. In: *Acta Horticulturae*, 1084: 159–164. p.
246. POPOVIĆ, T., BALAŽ, J. (2005): Effect of some fungicides on *Cytospora cincta* development in vitro. In: *Zaštita bilja*, 56 (1–4): 67–76. p.
247. POPUSHOI, I. S. (1977): Verticillium wilt of apricots. In: *EPPO Bulletin*, 7 (1): 95–104. p.
248. PRUNIER, J. P., JULLIAN, J. P., AUDERGON, J. M. (1999): Influence of rootstock and the height of grafting on the susceptibility of apricot cultivars to bacterial canker. In: *Acta Horticulturae*, 488: 643–648. p.
249. REJLOVÁ, M., VALENTOVÁ, L., ČMEJLA, R. (2021): Zdravotní stav a patogeny v experimentální výsadbě meruněk: Vývoj v čase. In: *Vědecké Práce Ovocnářské*, 27 (2): 119–132. p.
250. RENICK, L. J., COGAL, A. G., SUNDIN, G. W. (2008): Phenotypic and genetic analysis of epiphytic *Pseudomonas syringae* populations from sweet cherry in Michigan. In: *Plant Disease*, 92 (3): 372–378. p.
251. REZAEI, R., TAGHAVI, S. M. (2014): Host specificity, pathogenicity and the presence of virulence genes in Iranian strains of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* from different hosts. In: *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47 (19): 2377–2391. p.
252. RICHTER, S. (2002): Susceptibility of Austrian apricot and peach cultivars to ESFY. In: *Aurora*, 14 (12): 2. p.

253. RIEDLE-BAUER, M., BACHINGER, K., STRADINGER, J., EMBERGER, M., MÖRTEL, J., BAUER, H. (2012): Transmission of European stone fruit yellows *Phytoplasma* ('*Candidatus Phytoplasma prunorum*') during the propagation process. In: *Mitteilungen Klosterneuburg, Rebe und Wein, Obstbau und Früchteverwertung*, 62 (4): 177. p.
254. RIEDLE-BAUER, M., BAUER, H., MOERTEL, J. (2011): Effects of possible repellents on feeding and survival of *Cacopsylla pruni* (Scopoli). In: *Bull. Insectology*, 64: 263–264. p.
255. RIEDLE-BAUER, M., PALESKIĆ, C., SCHWANZER, J., KÖLBER, M., BACHINGER, K., ANTONIELLI, L., SCHÖNHUBER, C., ELEK, R., STRADINGER, J., EMBERGER, M. (2019): Epidemiological and molecular study on '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' in Austria and Hungary. In: *Annals of Applied Biology*, 175 (3): 400–414. p.
256. RIEUF, P. (1950): Apricot wilt. I. State of researches in France and abroad. In: *Fruits et Primeurs de l'Afrique du Nord*, 20 (219): 354–357. p.
257. RIPKA, G. (1997): Újabb adatok a díszfa- és díszcserjefajok levélbolha-faunájának ismeretéhez (*Homoptera, Psylloidea*). In: *Növényvédelem*, 33 (6): 269–273. p.
258. RIPKA, G. (2010): Levélbolhák. Budapest: Agroinform Kiadó.
259. RIPKA, G., KISS, B. (2008): További adatok a hazai parlagfűállományokban előforduló levélbolha-fajok (*Hemiptera: Psylloidea*) ismeretéhez. In: *Növényvédelem*, 44 (6): 257–261. p.
260. RITCHIE, D. F., CLAYTON, C. N. (1981): Peach Tree Short Life: a complex of interacting factors. In: *Plant Disease*, 65 (6): 462–469. p.
261. ROHRBACH, K. G., LUEPSCHEN, N. S. (1968): Environmental and nutritional factors affecting pycnidiospore germination of *Cytospora leucostoma*. In: *Phytopathology*, 58 (8): 1134–1138. p.
262. ROSENBERGER, D. (1982): Biology and control of *Cytospora* fungi in peach plantings. In: *New York's Food and Life Sciences*, 92: 1–6. p.
263. ROSSMAN, A. Y., ADAMS, G. C., CANNON, P. F., CASTLEBURY, L. A., CROUS, P. W., GRYZENHOUT, M., JAKLITSCH, W. M., MEJIA, L. C., STOYKOV, D., UDAYANGA, D. (2015): Recommendations of generic names in *Diaporthales* competing for protection or use. In: *IMA fungus*, 6 (1): 145–154. p.

264. ROZSNYAY, D. S. (1963): La culture des abricots en Hongrie et ses problèmes. In: *Ann. Epiphyties*, 14 (2): 134–136. p.
265. ROZSNYAY, D. S., BARNA, B. (1974): Apoplexy of apricots. IV. Studies on the toxin production of *Cytospora (Valsa) cincta* Sacc. In: *Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, (9): 301–310. p.
266. ROZSNYAY, D. S., KLEMENT, Z. (1973): Apoplexy of apricots. II. Cytosporal die-back and the simultaneous infection of *Pseudomonas syringae* and *Cytospora cincta* on apricots. In: *Acta Phytopathologica*, (8): 57–69. p.
267. ROZSNYAY, Z. (1977a): Cytospora canker and dieback of Apricots. In: *EPPO Bulletin*, 7 (1): 69–80. p.
268. ROZSNYAY, Z. (1977b): A *Cytospora cincta* (Saccardo) szerepe a kajszí- és őszibarackfák pusztulásában. Kandidátusi értekezés. Budapest: Növényvédelmi Kutató Intézet. 140. p.
269. ROZSNYAY, Z. D., KLEMENT, Z. (1977): Simultaneous Infection by *Pseudomonas syringae* van Hall and *Cytospora cincta* Sacc. on Apricots. In: *EPPO Bulletin*, 7 (1): 81–84. p.
270. RUMBOS, I. C. (1997): Published. Apricot decline and integrated plant protection. In: KARAYIANNIS, I., ed. XI International Symposium on Apricot Culture, 1997. Május. 25. Veria-Makedonia (Greece). 635–642. p.
271. RUZMETOV, R., ABDULLAEV, I., MATYAKUBOVA, Y. (2020): Cytosporosis diseases of apple trees (Reinette simirenkomalus) and it's distribution in the lower amudarya region. In: *International Journal of Current Research and Review*, 12 (14): 62–67. p.
272. 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*. In: *Plant Pathology*, 65 (5): 837–846. p.
273. SALAZAR, L., JAVASINGHE, U. (2001): Diseases caused by phytoplasmas in potato. Lima: International Potato Center (CIP).
274. SAMBROOK, J., RUSSELL, D. W. (2001): Molecular cloning: a laboratory manual. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.

275. SANGER, F., COULSON, A. R. (1975): A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase. In: *Journal of Molecular Biology*, 94 (3): 441-448. p.
276. SARKAR, S. F., GORDON, J. S., MARTIN, G. B., GUTTMAN, D. S. (2006): Comparative genomics of host-specific virulence in *Pseudomonas syringae*. In: *Genetics*, 174 (2): 1041–1056. p.
277. SAUVION, N., LACHENAUD, O., GENSON, G., RASPLUS, J., LABONNE, G. (2007): Are there several biotypes of *Cacopsylla pruni*? In: *Bulletin of Insectology*, 60 (2): 185. p.
278. SAUVION, N., PECCOUD, J., MEYNARD, C. N., OUVRARD, D. (2021): Occurrence data for the two cryptic species of *Cacopsylla pruni* (Hemiptera: Psylloidea). In: *Biodiversity Data Journal*, 9 (e68860): 1–24. p.
279. SAYLER, R. J., SOUTHWICK, S. M., YEAGER, J. T., GLOZER, K., LITTLE, E. L., KIRKPATRICK, B. C. (2002): Effects of rootstock and budding height on bacterial canker in French prune. In: *Plant Disease*, 86 (5): 543–546. p.
280. SCHAPER, U., SEEMÜLLER, E. (1982): Condition of the phloem and the persistence of mycoplasma-like organisms associated with apple proliferation and pear decline. In: *Phytopathology*, 72: 736–742. p.
281. SCHECK, H. J., PSCHIEDT, J. W., MOORE, L. W. (1996): Copper and streptomycin resistance in strains of *Pseudomonas syringae* from Pacific Northwest nurseries. In: *Plant Disease*, 80 (9): 1034–1039. p.
282. SCHMIDLE, A. (1961): Rindenfäule am Pfirsich. In: *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, 104: 40–42. p.
283. SCHNEIDER, B., AHRENS, U., KIRKPATRICK, B. C., SEEMÜLLER, E. (1993): Classification of plant-pathogenic mycoplasma-like organisms using restriction-site analysis of PCR-amplified 16S rDNA. In: *Microbiology*, 139 (3): 519–527. p.
284. SCHNEIDER, H. (1945a): Anatomy of buckskin-diseased peach and cherry. In: *Phytopathology*, 35 (8): 610–635. p.
285. SCHNEIDER, H. (1945b): The anatomy of peach and cherry phloem. In: *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 72 (2): 137–156. p.
286. SCHULZ, U. (1981): Investigations on the biological control of *Cytospora* species. In: *Journal of Plant Diseases and Protection*, 88 (2/3): 132–141. p.

287. SCORTICHINI, M. (2006): Severe outbreak of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on new apricot cultivars in central Italy. In: *Journal of Plant Pathology*, 88 (3): 65–70. p.
288. SCORZA, R., PUSEY, P. L. (1984): A wound-freezing inoculation technique for evaluating resistance to *Cytospora leucostoma* in young peach trees. In: *Phytopathology*, 74 (5): 569–572. p.
289. SEEMÜLLER, E. (2002): Apple proliferation: etiology, epidemiology and detection. Bologna: ATTI: CLUEB.
290. SEEMÜLLER, E., SCHAPER, U., ZIMBELMANN, F. (1984): Seasonal variation in the colonization patterns of mycoplasma-like organisms associated with apple proliferation and pear decline. In: *Journal of Plant Diseases and Protection*, 91 (4): 371–382. p.
291. 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. In: *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54 (4): 1217–1226. p.
292. SEEMÜLLER, E., SCHNEIDER, B., MÄURER, R., AHRENS, U., DAIRE, X., KISON, H., LORENZ, K. H., FIRRAO, G., AVINENT, L., SEARS, B. B. (1994): Phylogenetic classification of phytopathogenic mollicutes by sequence analysis of 16S ribosomal DNA. In: *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 44 (3): 440–446. p.
293. SEEMÜLLER, E., STOLZ, H., KISON, H. (1998): Persistence of the European stone fruit yellows phytoplasma in aerial parts of *Prunus* taxa during the dormant season. In: *Journal of Phytopathology*, 146 (8-9): 407–410. p.
294. SERÇE, Ç. U., YVON, M., KAYA, K., GAZEL, M., CENGİZ, F. C., ÇAĞLAYAN, K., SAUVION, N. (2011): Survey on the presence of *Cacopsylla pruni* in Turkey: preliminary results. In: *Bulletin of Insectology*, 64 (Supplement): 145–146. p.
295. SESAN, T., OPREA, M. (1999): Influence of antagonistic micromyceta from phyllosphere on the main pathogens of apricot-tree. In: *Acta Horticulturae*, 488: 705–710. p.
296. SHOLBERG, A. P., KAPPEL, F. (2008): Integrated management of stone fruit diseases. In: CIANCIO, A., MUKERJI, K. (szerk.) *Integrated Management of Diseases Caused by Fungi, Phytoplasma and Bacteria*. Dordrecht: Springer. 3–25. p.

297. SHUKLA, P. K., FATIMA, T. (2020): Dieback: The great constraint in perennial fruit crops. In: CHOURASIA, H. K., ACHARYA, K., SINGH, V. K. (szerk.) *Precision Agriculture and Sustainable Crop Production*. New Delhi: Today and Tomorrow's Printers and Publishers. 197–211. p.
298. SIAMPOUR, M., IZADPANAH, K., SALEHI, M., AFSHARIFAR, A. (2019): Occurrence and distribution of phytoplasma diseases in Iran. In: OLIVIER, C., DUMONCEAUX, T., PÉREZ-LÓPEZ, T. (szerk.) *Sustainable Management of Phytoplasma Diseases in Crops Grown in the Tropical Belt. Sustainability in Plant and Crop Protection*. Berlin/Heidelberg: Springer. 47–86. p.
299. SINGH, M. P., JANSO, J. E., BRADY, S. F. (2007): Cytoskyrins and cytosporones produced by *Cytospora* sp. CR200: taxonomy, fermentation and biological activities. In: *Marine drugs*, 5 (3): 71–84. p.
300. SIVAN, A., CHET, I. (1989): Degradation of fungal cell walls by lytic enzymes of *Trichoderma harzianum*. In: *Microbiology*, 135 (3): 675–682. p.
301. SORENSEN, K. N., KIM, K. H., TAKEMOTO, J. Y. (1998): PCR detection of cyclic lipodepsinonapeptide-producing *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* and similarity of strains. In: *Applied and Environmental Microbiology*, 64 (1): 226–230. p.
302. SPOTTS, R. A., FACTEAU, T. J., CERVANTES, L. A., CHESTNUT, N. E. (1990): Incidence and control of *Cytospora* canker and bacterial canker in a young sweet cherry orchard in Oregon. In: *Plant Disease*, 74 (8): 577–580. p.
303. STANOVA, M. (1968): Studium der Biologie des Pilzes *Leucocytospora cincta* (SACC.) Höhn. In: *Biologia*, 3: 82–88. p.
304. STANOVA, M. (1970): Parasitism and pathogenic activity of *Cytospora cincta* Sacc. on *Prunus armeniaca* L. and on *Prunus persica* L. Batsch. In: *Biologia*, 25: 445–51. p.
305. STAPLETON, J., PAPLOMATAS, E., WAKEMAN, R., DE VAY, J. (1993): Establishment of apricot and almond trees using soil mulching with transparent (solarization) and black polyethylene film: effects on Verticillium wilt and tree health. In: *Plant Pathology*, 42 (3): 333–338. p.
306. STEFFEK, R., FOLLAKE, S., SAUVION, N., LABONNE, G., MACLEOD, A. (2012): Distribution of 'Candidatus Phytoplasma prunorum' and its vector *Cacopsylla pruni* in European fruit-growing areas: a review. In: *EPPO Bulletin*, 42 (2): 191–202. p.

307. SUNDIN, G. W., BENDER, C. L. (1993): Ecological and genetic analysis of copper and streptomycin resistance in *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. In: *Applied and Environmental Microbiology*, 59 (4): 1018–1024. p.
308. SURAN, P., ŽĐÁRSKÁ, I., REJLOVÁ, M. (2020): Sensitivity of apricot cultivars and rootstocks to phytoplasma diseases. In: *Acta Horticulturae*, 1290: 99–104. p.
309. SURÁNYI, D. (2003): A kajszi jelentősége, termesztésének története és helyzete. In: PÉNZES, B., SZALAY, L. (szerk.) *Kajszi*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 11–29. p.
310. SURVE-IYER, R. S., ADAMS, G. C., IEZZONI, A. F., JONES, A. L. (1995): Isozyme detection and variation in *Leucostoma* species from *Prunus* and *Malus*. In: *Mycologia*, 87 (4): 471–482. p.
311. SÜLE, S. (1999): Strategies for the control of apricot decline. In: *Mitteilungen Klosterneuburg, Rebe und Wein, Obstbau und Früchteverwertung*, 49 (6): 250–252. p.
312. SÜLE, S. (2014): Phytoplasma diseases on fruits in Hungary. In: *Acta Agraria Debreceniensis*, (62): 24–29. p.
313. SZALAY, L. (2003): A kajszi ökológiai igényei. In: PÉNZES, B., SZALAY, L. (szerk.) *Kajszi*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 41. p.
314. SZALAY, L. (2009): A gyümölcsfák fenntartó metszésének időpontja. In: *Agrofórum*, 20 (2): 106. p.
315. SZALAY, L. (2012): Kajszi. In: TÓTH, M. (szerk.) *Gyümölcs faj- és fajtaismeret*. 2 kiadás. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem. 127–136. p.
316. TASNÁDY, G., LEHOCZKY, J. (1966): Serious occurrence of the peach canker. In: *Növényvédelem*, 2: 67–75. p.
317. TEDESCHI, R., JARAUSCH, B., DELIC, D., WEINTRAUB, P. (2013): Actual distribution of fruit tree and grapevine phytoplasma diseases and their vectors in Europe and neighboring regions. In: *Phytopathogenic Mollicutes*, 3 (1): 3–4. p.
318. TEDESCHI, R., LAUTERER, P., BRUSETTI, L., TOTA, F., ALMA, A. (2009): Composition, abundance and phytoplasma infection in the hawthorn psyllid fauna of northwestern Italy. In: *European Journal of Plant Pathology*, 123: 301–310. p.
319. TEKAUZ, A., PATRICK, Z. A. (1974): The role of twig infections on the incidence of perennial canker of peach. In: *Phytopathology*, 64: 683–688. p.

320. THÉBAUD, G., SAUVION, N., CHADŒUF, J., DUFILS, A., LABONNE, G. (2006): Identifying risk factors for European stone fruit yellows from a survey. In: *Phytopathology*, 96 (8): 890–899. p.
321. THÉBAUD, G., YVON, M., ALARY, R., SAUVION, N., LABONNE, G. (2009): Efficient transmission of ‘*Candidatus* Phytoplasma prunorum’ is delayed by eight months due to a long latency in its host-alternating vector. In: *Phytopathology*, 99 (3): 265–273. p.
322. TIBENSZKYNÉ KISS, E. (2015): Eltérő virulenciájú fitoplazma törzsek kölcsönhatásának szerepe a keresztvédettség kialakulásában. Doktori értekezés. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem. 143. p.
323. TORRES, E., MARTIN, M. P., PALTRINIERI, S., VILA, A., MASALLES, R., BERTACCINI, A. (2004): Spreading of ESFY phytoplasmas in stone fruit in Catalonia (Spain). In: *Journal of Phytopathology*, 152 (7): 432–437. p.
324. TRANDAFIRESCU, M. (2008): Breeding of sources resistant to the cultivars and rootstocks apricot pathogens attack. In: *Scientific Papers of the Research Institute for Fruit Growing Pitesti, Romania*: 28–33. p.
325. TRANDAFIRESCU, M., INDREIAS, A., TRANDAFIRESCU, I. (2011): Evaluation of apricot breeding selection resistance to pathogen attack. In: *Acta Horticulturae*, 1242: 241–245. p.
326. VALASEVICH, N., SCHNEIDER, B. (2016): Detection, identification and molecular diversity of ‘*Candidatus* Phytoplasma prunorum’ in Belarus. In: *Journal of Plant Pathology*, 98 (3): 625–629. p.
327. VÁLOVÁ, S., PARTH, M., MESSNER, M., STOCKER, R., KERSCHBAMER, C., REYES-DOMINGUEZ, Y., JANI, K. (2017): Occurrence of different *Cacopsylla* species in apple orchards in South Tyrol (Italy) and detection of apple proliferation phytoplasma in *Cacopsylla melanoneura* and *Cacopsylla picta*. In: *Cicadina*, 17: 37–51. p.
328. VAN DER MERWE, R. (2019): Occurrence of canker and wood rot pathogens on stone fruit propagation material and young stone fruit trees. Doktori értekezés. Stellenbosch: Stellenbosch University. 151. p.

329. VASEBIA, Y., KHAKVARA, R., FAGHIHIB, M. M., VINATZERC, B. A. (2019): Genomic and pathogenic properties of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* strains isolated from apricot in East Azerbaijan province, Iran. In: *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 19: 1–10. p.
330. VICZIÁN, O. (2002): A Magyarországon előforduló fitoplazmák molekuláris biológiai módszerekkel történő meghatározása és tanulmányozása. Doktori értekezés. Budapest: Szent István Egyetem. 105. p.
331. VICZIÁN, O., KISS, B., KISS, E., OROSZ, S., JUHÁSZ, A. L., MERGENTHALER, E. (2017): Mit tudunk a 'Ca. Phytoplasma prunorum' fitoplazma terjedéséről ma és mit gondolunk ugyanerről? In: *Növényvédelem*, 53 (12): 525–531. p.
332. WAGHUNDE, R. R., SHELAKE, R. M., SABALPARA, A. N. (2016): *Trichoderma*: A significant fungus for agriculture and environment. In: *African journal of agricultural research*, 11 (22): 1952–1965. p.
333. WARABIEDA, W., SOIKA, G., CIEŚLIŃSKA, M. (2018): *Cacopsylla pruni* in Poland and its significance as a vector of 'Candidatus Phytoplasma prunorum'. In: *Zemdirbyste-Agriculture*, 105 (2): 177–182. p.
334. WEINTRAUB, P. G., BEANLAND, L. (2006): Insect vectors of phytoplasmas. In: *Annual Review of Entomology*, 51: 91–111. p.
335. WENSLEY, R. N. (1964): Occurrence and pathogenicity of *Valsa* (*Cytospora*) species and other fungi associated with peach canker in southern Ontario. In: *Canadian Journal of Botany*, 42 (7): 841–857. p.
336. WENSLEY, R. N. (1966): Rate of healing and its relation to canker of peach. In: *Canadian Journal of Plant Science*, 46 (3): 257–264. p.
337. WHITE, T. J., BRUNS, T., LEE, S. J. W. T., TAYLOR, J. (1990): Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: INNIS, M. A., GELFAND, D. H., SNINSKY, J. J., WHITE, T. J. (szerk.) *PCR protocols: a guide to methods and applications*. London: Academic Press, 315–322. p.
338. WILLISON, R. S. (1935): Inoculation studies in peach canker. In: *Scientia Agricola*, 15: 435. p.
339. WILLISON, R. S. (1936): Peach canker investigations: II. Infection studies. In: *Canadian Journal of Research*, 14 (1): 27–44. p.

340. WIMALAJEEWA, D. L. S. (1987): Seasonal variation in susceptibility of apricot to *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (bacterial canker), and site of infection in apricot and cherry. In: *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 27 (3): 475–479. p.
341. WISNIEWSKI, M., BOGLE, A. L., WILSON, C. L. (1984): Histopathology of canker development on peach trees after inoculation with *Cytospora leucostoma*. In: *Canadian Journal of Botany*, 62 (12): 2804–2813. p.
342. YI, H. W., CHI, Y. J. (2011): Biocontrol of *Cytospora* canker of poplar in north-east China with *Trichoderma longibrachiatum*. In: *Forest Pathology*, 41 (4): 299–307. p.
343. YILDIZ, R. C., HORUZ, S., KARATAS, A., AYSAN, Y. (2016): Identification and disease incidence of bacterial canker on stone fruits in the eastern Mediterranean Region, Turkey. In: *Acta Horticulturae*, 1149: 21–23. p.
344. YILMAZ, E., ERINCIK, Ö. (2017): Determination of Reactions of Some Stone Fruit Cultivars, Commonly Grown in Turkey, against *Leucostoma* spp. In: *The Journal of Turkish Phytopathology*, 46 (1): 15–24. p.
345. YOUNG, J. M. (1991): Pathogenicity and identification of the lilac pathogen, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* van Hall 1902. In: *Annals of Applied Biology*, 118 (2): 283–298. p.
346. YVON, M., LABONNE, G., THÉBAUD, G. (2004): Survival of European stone fruit yellows phytoplasma outside fruit crop production areas: a case study in southeastern France. In: *Acta Horticulturae*, 657: 477–481. p.
347. ŽEŽLINA, I., ROT, M., KAČ, M., TRDAN, S. (2016): Causal agents of stone fruit diseases in Slovenia and the potential for diminishing their economic impact—a review. In: *Plant Protection Science*, 52 (3): 149–157. p.

Elektronikus hivatkozások

1. BODOR, J. (2014): Levélbolhák évről évre. <https://magyarmezogazdasag.hu/2014/12/30/levelbolhak-evrol-evre/> Keresőprogram: Google scholar, Kulcsszavak: galagonya levélbolha. Lekérdezés időpontja: 2017. 05. 11.
2. BURCKHARDT, D., JARAUSCH, W. (2007a): Identification key for the Central European *Cacopsylla* species. Naturhistorisches museum Basel, archive des lebens.: Online: http://www.psyllidkey.eu/steckbrief/pdf/cacopsylla_pruni_engl.pdf, Keresőprogram: Google scholar, Kulcsszavak: identification key, *Cacopsylla pruni*. Lekérdezés időpontja: 2015.03.01.

3. BURCKHARDT, D., JARAUSCH, W. (2007b): Identification key for the Central European *Cacopsylla* species. Naturhistorisches museum Basel, archive des lebens.: http://www.psyllidkey.eu/steckbrief/pdf/cacopsylla_crataegi_engl.pdf Keresőprogram: Google scholar, Kulcsszavak: identification key, Cacopsylla crataegi. Lekérdezés időpontja: 2015.03.01.
4. EPPO. (2023a): European and Mediterranean Plant Protection Organization (adatbázis): <https://gd.eppo.int/taxon/PSDMSX>. Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: EPPO. Lekérdezés időpontja: 2023.12.11.
5. EPPO. (2023b): European and Mediterranean Plant Protection Organization (adatbázis): <https://gd.eppo.int/taxon/PHYPPR>. Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: EPPO. Lekérdezés időpontja: 2023.12.11.
6. EPPO. (2023c): European and Mediterranean Plant Protection Organization (adatbázis): <https://gd.eppo.int/taxon/PSYLPK>. Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: EPPO. Lekérdezés időpontja: 2023.12.11.
7. EPPO. (2023d): European and Mediterranean Plant Protection Organization (adatbázis): <https://gd.eppo.int/taxon/PSYLCR>. Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: EPPO. Lekérdezés időpontja: 2023.12.11.
8. HORVÁTH, CS. (2017): Mennyire veszélyes vektor a szilva-levélbolha? : <https://magyarmezogazdasag.hu/2017/04/12/mennyire-veszelyes-vektor-szilva-levelbolha>, Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: szilva levélbolha, kajszibarack. Lekérdezés időpontja: 2018.10.15.
9. INDEX FUNGORUM (2023a): Index Fungorum (adatbázis): <https://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=179439>. Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: Index Fungorum. Lekérdezés időpontja: 2023.09.09.
10. INDEX FUNGORUM (2023b): Index Fungorum (adatbázis): <https://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=213669>. Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: Index Fungorum. Lekérdezés időpontja: 2023.09.09.
11. INDEX FUNGORUM (2023c): Index Fungorum (adatbázis): <https://www.indexfungorum.org/names/NamesRecord.asp?RecordID=552613>. Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: Index Fungorum. Lekérdezés időpontja: 2023.09.09.

12. KSH. (2023): Központi Statisztikai Hivatal (adatbázis): https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0025.html. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: KSH, kajszai, termőterület. Lekérdezés időpontja: 2023. 09. 21.
13. LUO, Y., NIEDERHOLZER, F., CAMILETTI, B. X., MICHAILIDES, T. J. (2023): Survey on Latent Infection of Canker-Causing Pathogens in Budwood and Young Trees from Almond and Prune Nurseries in California: https://www.researchgate.net/profile/Themis-Michailides/publication/374572448_Survey_on_Latent_Infection_of_Canker-Causing_Pathogens_in_Budwood_and_Young_Trees_from_Almond_and_Prune_Nurseries_in_California/links/653d15213cc79d48c5b5d849/Survey-on-Latent-Infection-of-Canker-Causing-Pathogens-in-Budwood-and-Young-Trees-from-Almond-and-Prune-Nurseries-in-California.pdf Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: *Cacopsylla*, nursery. Lekérdezés időpontja: 2023.11.10.
14. MAZUREK, J., NOWIK, K. (2018): Profilaktyka chorób drzew miejskich - Zalecenia bioasekuracji. Fundacji EkoRozwoju. <http://drzewa.org.pl/wp-content/uploads/2019/02/choroby-drzewpodglad.pdf>. Keresőprogram: Google scholar, Kulcsszavak: *Cytospora*, disease, perennial plant. Lekérdezés időpontja: 2020. 12. 11.
15. MOORE, L. W., PSCHIEDT, J. W. (2023): Diseases caused by *Pseudomonas syringae* pacific northwest plant disease management handbook. Oregon State University. <https://pnwhandbooks.org/plantdisease/pathogen-articles/pathogens-common-many-plants/bacteria-other-prokaryotes/diseases>. Keresőprogram: Google scholar, Kulcsszavak: Handbook, *Pseudomonas syringae*, disease. Lekérdezés időpontja: 2023. 09. 21.
16. MYCOBANK (2023): MycoBank (adatbázis): <https://www.mycobank.org/Simple%20names%20search> Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: mycobank. Lekérdezés időpontja: 2023. 09. 21.
17. NCBI (2023): National Center for Biotechnology Information (adatbázis): <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: NCBI. Lekérdezés időpontja: 2023. 10. 10.
18. NÉBIH. (2023a): (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal) – Növényvédő szerek adatbázisa: <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso>. Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: Növényvédő szerek adatbázisa. (Lekérdezés időpontja: 2023. 11. 11.)
19. NÉBIH. (2023b): (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal) – Növényvédő szerek adatbázisa: <https://termesnovelo.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso>. Keresőprogram: Google, Kulcsszavak: Növényvédő szerek adatbázisa. (Lekérdezés időpontja: 2023. 11. 11.)

20. R CORE TEAM. (2023): A Language and Environment for Statistical Computing;
<https://www.r-project.org>. R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria.
 Lekérdezés időpontja: 2023. 11. 11.

M2. ábrajegyzék

1. ábra Mintagyűjtési és kísérleti helyszínek (Forrás: Google Maps)	43
2. ábra Az anyafák vizsgálatokor alkalmazott mintázási pontok: 1.) alsó-, 2.) középső-, 3.) felső szint	48
3. ábra Tenyészedényes oltványok mesterséges fertőzése (Foto: Kiss).....	56
4. ábra Az alsó, a középső és a felső fertőzési, illetve sebzési pontok elhelyezkedései a vizsgált fákban (Foto: Kiss)	57
5. ábra Az apoplexia általános tünetei kajszin: A.) klorotikus-levélsodródás (Foto: Koncz), B.) lankadó levelek (Foto: Bodnár), C.) barnuló-száradó levelek (Foto: Koncz), D.) korai levélhullás(Foto: Monok-Molnár), E.) mézgásodó rákos sebek (Foto: Koncz), F.) csökkent hajtásnövekedés (Foto: Monok-Molnár), G.) részleges fapusztulás (Foto: Koncz), H.) teljes fapusztulás (Foto: Bodnár), I.) pseudopiknídium-képződés a kéreg alatt (Foto: Nagy), J.) szállítószöveti nekrozis (Foto: Koncz).....	67
6. ábra A három vizsgálati év alatt begyűjtött 160 kajszi fás mintán végrehajtott 'Candidatus Phytoplasma prunorum' (A.), <i>Pseudomonas syringae</i> (B.) és <i>Cytospora</i> spp. (C.) kórokozó kimutatások részeredményei	68
7. ábra A vizsgált kórokozók gyakorisága a fertőzött kajszi fákban (N = 84).....	69
8. ábra A vizsgált kórokozók jelenlétére nem igazolt és a vizsgált kórokozók által fertőzött fák tünetmegjelenés szerinti eloszlása	71
9. ábra A tünetes és tünetmentes fák vizsgált kórokozónkénti eloszlása.....	72
10. ábra A tünetes és tünetmentes fák vizsgált kórokozók és ültetvények szerinti eloszlása. 74	
11. ábra A morfológiai vizsgálattal szilva levélbolhaként azonosított és 'Candidatus Phytoplasma prunorum' fertőzött minták (28, 84, 98, 101, 106, 115, 141, K1, K2, K13, S16, P48) PCR-t követő <i>TaqI</i> endonukleázzal elvégzett RFLP-elemzésének eredményei	79

12. ábra A morfológiai vizsgálattal galagonya levélbolhaként azonosított és 'Candidatus Phytoplasma prunorum' fertőzött minták (75, 170, 188, P76, P91, S21) PCR-t követő TaqI endonukleázzal elvégzett RFLP-elemzésének eredményei.....	79
13. ábra A <i>Cacopsylla pruni</i> biotípus vizsgálatának rész eredménye (183 vizsgált mintából 38 minta).....	80
14. ábra <i>Cytospora cincta</i> (A.), <i>C. leucostoma</i> (B.) és <i>C. sorbicola</i> (C.) fajok 14 napos tenyésztetei (Foto: Márton és Koncz)	82
15. ábra A három kezelésnél megjelenő floém nekrózisok hosszának átlaga (mm) és szórása a három mérési időpontban	83
16. ábra A fertőzött, nem kezelt (A.) és a fertőzött, növénykondicionálóval kezelt (B.) tenyészedenyes fákon kialakult rákos sebek (Foto: Nagy).....	84
17. ábra Az első időpontban (2017.05.15.) mért kéreg nekrózisok területeinek átlaga (mm ²) és azok szórása a különböző kezelési csoportokban és a három (alsó, középső és felső) fertőzési pontban	85
18. ábra Az első időpontban (2017.05.15.) mért floém nekrózisok területeinek átlaga (mm ²) és azok szórása a különböző kezelési csoportokban és a három (alsó, középső, felső) fertőzési pontban	85
19. ábra A második időpontban (2017.07.25.) mért floém nekrózisok területeinek átlaga (mm ²) és azok szórása a különböző kezelési csoportokban és a három fertőzési pontban (alsó, középső, felső).....	86
20. ábra A harmadik időpontban (2017.09.25.) mért floém nekrózisok területeinek átlaga (mm ²) és azok szórása a különböző kezelési csoportokban és a három fertőzési pontban (alsó, középső, felső).....	87
21. ábra A xilém nekrózisok hosszának átlagai (mm) és szórásai a különböző kezelési csoportokban és a három (alsó, középső, felső) fertőzési pontban	88
22. ábra A keresztmetszeti hányadosok átlagai (mm) és szórásai a különböző kezelési csoportokban és a három (alsó, középső, felső) fertőzési pontban	88
23. ábra Néhány tünet a <i>Cytospora sorbicola</i> kórokozóval fertőzött szabadföldi oltványokon (Foto: Kiss és Koncz).....	90

24. ábra <i>Cytospora sorbicola</i> izolátumok átlagos tenyészetátmérője, amikor a kontroll tenyészetek teljesen benőtték a Petri-csészéket (Érd: 7 mérési nap; Pomáz: 7 mérési nap; Soroksár: 6 mérési nap; Sósút: 6 mérési nap).....	91
25. ábra A <i>Trichoderma asperellum</i> 'T34' (baloldali) és a <i>Cytospora sorbicola</i> (jobb oldali) telepeinek fejlődése.....	94
26. ábra <i>Cytospora sorbicola</i> („C.”) hifáit parazitáló <i>Trichoderma asperellum</i> 'T34' („T.”) (400x-os nagyítás; Foto: Izsépi és Koncz)	96

M3. táblázatjegyzék

1. táblázat A <i>Cytospora cincta</i> , a <i>C. leucostoma</i> és a <i>C. sorbicola</i> konídiumainak tulajdonságai	32
2. táblázat A <i>Cytospora cincta</i> és a <i>C. leucostoma</i> askospóráinak tulajdonságai.....	33
3. táblázat A vizsgálatok időpontjai és időtarmai.....	44
4. táblázat A vizsgálatok során felhasznált agaróz gél koncentrációk és markerek	46
5. táblázat 'Candidatus Phytoplasma prunorum' kórokozóra molekuláris módszerrel vizsgált faiskolai facsemeték alany – nemes kombinációi és a begyűjtött minták darabszámának megoszlása a növényi rész szerint	49
6. táblázat Ültetvényekben vizsgált alany-nemes kombinációk és azok mennyisége	65
7. táblázat A kajszipfák tüneteinek felméréséhez használt hat fokozatú skála.....	65
8. táblázat A vizsgált kórokozók jelenlétére nem igazolt és a vizsgált kórokozók által egyedileg, illetve keverten fertőzött kajszipfák százalékos arányai	69
9. táblázat A vizsgált kajszipfák fertőzöttségének ültetvényenkénti eloszlása.....	70
10. táblázat A mintázott kajszipfákon a tünetek megjelenését befolyásoló tényezők vizsgálata általánosított lineáris kevert modellel ($p < 0,05$).....	70
11. táblázat A vizsgált tünetmentes és tünetes fák eloszlása kórokozó kimutatás és ültetvények szerint	71
12. táblázat A mintázott kajszipfák tünetmegjelenését befolyásoló tényezők vizsgálata általánosított lineáris kevert modellel ($p < 0,05$).....	71
13. táblázat A vizsgált növényekről begyűjtött <i>Cacopsylla pruni</i> és <i>C. crataegi</i> egyedek száma, a két faj eloszlása és annak Z-teszttel történő vizsgálata 95%-os konfidencia intervallum mellett	77

14. táblázat A vizsgált növényekről begyűjtött <i>Cacopsylla pruni</i> , valamint a <i>C. crataegi</i> hím és nőtény egyedek száma, azok aránya, valamint eloszlásuk Z-teszttel történő vizsgálata 95%-os konfidencia intervallum mellett.....	77
15. táblázat A vizsgált <i>Cacopsylla pruni</i> és <i>C. crataegi</i> egyedek száma, a ‘ <i>Candidatus Phytoplasma prunorum</i> ’ kórokozóval fertőzött egyedek száma és aránya, valamint a fajok fertőzési arányait összehasonlító Fisher-féle egzakt teszt eredményei 95%-os konfidencia intervallum mellett	78
16. táblázat A vizsgált <i>Cacopsylla pruni</i> és <i>C. crataegi</i> hím és nőtény egyedek száma, a ‘ <i>Candidatus Phytoplasma prunorum</i> ’ kórokozóval fertőzött egyedek száma és aránya, valamint a fajokon belüli nemek fertőzési arányait összehasonlító Fisher-féle egzakt teszt eredményei 95%-os konfidencia intervallum mellett)	78
17. táblázat A <i>Trichoderma asperellum</i> ‘T34’ törzs <i>Cytospora sorbicola</i> E2s és G3s izolátumaira kifejtett növekedésgátlásának mértéke	95
18. táblázat Az érdi ültetvényben vizsgált fajták betegség gyakoriságainak és a fapusztulás arányainak összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p<0,05$), valamint a tünetsúlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA)	96
19. táblázat A sósókúti ültetvényben vizsgált ‘Myrobalan’ alanyon lévő fajták betegség gyakoriságainak és a fapusztulás arányainak összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p<0,05$), valamint a tünetsúlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA)	97
20. táblázat A sósókúti ültetvényben vizsgált szilvatörzs közbenoltású ‘Myrobalan’ alanyon lévő fajták betegség gyakoriságainak és a fapusztulás arányainak összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p<0,05$), valamint a tünetsúlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA).....	97
21. táblázat A sósókúti ültetvényben vizsgált vadkajszi alanyon lévő fajták betegség gyakoriságainak és a fapusztulás arányainak összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p<0,05$), valamint a tünetsúlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA)	98
22. táblázat A sósókúti ültetvényben vizsgált ‘Myrobalan’, szilvatörzs közbenoltású ‘Myrobalan’ és vadkajszi alanyok betegség gyakoriságainak és a fapusztulás arányainak összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p<0,05$), valamint azok tünetsúlyosság-indexei (TSI) és fapusztulás arányai (FA)	98
23. táblázat A sósókúti ültetvényben vizsgált ‘Bergeron’ fajta esetében az alany változatokénti betegség gyakoriságok és a fapusztulás arányok összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p<0,05$), valamint a tünetsúlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA)	99

24. táblázat A sósókúti ültetvényben vizsgált 'Gönci magyar kajszi' fajta esetében az alany változatonkénti betegség gyakoriságok és a fapusztulás arányok összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$), valamint a tünetsúlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA) 100

25. táblázat A sósókúti ültetvényben vizsgált 'Mandulakajszi' fajta esetében az alany változatonkénti betegség gyakoriságok és a fapusztulás arányok összehasonlítása (Marascuilo-teszt, $p < 0,05$), valamint a tünetsúlyosság-indexek (TSI) és fapusztulás arányok (FA) 100

M4. melléklet A '*Candidatus* Phytoplasma prunorum', a *Cytospora* sp. és a *Pseudomonas syringae* kimutatásához mintázott kajszi-fajtái

Ültetvény	Vizsgált fajták
Érd	'Flavorcot', 'Goldstrike', 'Gönci magyar kajszi', 'Sweetcot'
Pomáz	'Bergeron', 'Ceglédi Bíbor', 'Ceglédi Óriás', 'Ceglédi Piroska', 'Gönci magyar kajszi', 'Harcot', 'Hargrand', 'Magyarkajszi C.235', 'Pannónia'
Sósókút	'Bergeron', 'Gönci magyar kajszi', 'Magyarkajszi C.235', 'Mandulakajszi', 'Tomcot'
Soroksár	'Ceglédi Óriás', 'Ceglédi Piroska', 'Goldrich', 'Gönci magyar kajszi', 'Karola', 'Kései rózsá', 'Krimszkij medunec', 'Magyarkajszi C.235', 'Magyarkajszi Mk132', 'Nikitszkij', 'Vénus'

M5. melléklet A fás minták DNS kivonásához alkalmazott protokoll (Daire *et al.*, 1997), valamint az ahhoz felhasznált puffer oldat leírása

Felhasznált CTAB-os kivonó puffer (100ml):

- 2 % CTAB (Cetil-trimetil-ammónium-bromid): 2 g
- 1,4 M NaCl (Nátrium klorid): 28 ml
- 10 mM EDTA (Etilén-diamin-tetraecetsav; pH értékét 8-ra állítottuk be): 4 ml
- 100 mM TRIS-HCl (TRIS-(hidroximetil)-amino-metán-hidroklorid; pH 8): 10 ml
- 0,2 % 2-mercaptoethanol: 200 µl
- 100 milliliterre kiegészítő steril víz

DNS kivonó protokoll:

1. A felhasználandó CTAB kivonó pufferhez használat előtt merkapto-etanol-t adtunk 500:1 arányban.
2. 0,5 g floém részt (kéreg és zöld rész nélkül) kvarchomokkal és 3,5 ml CTAB puffer hozzáadásával homogenizáltuk hűtött dörzsmozsárban. (Ugyan ennyi floém részt -20°C-on betároltunk a kivonás során felmerülő problémák esetére.)
3. A szuszpenziót 2 darab 2 ml-es mikrocentrifuga-csőbe töltöttük.
4. Ezt követően inkubáltuk 45 percig 65 °C-on, közben 15 percenként vortexeltük.

5. A szuszpenziót 15 percig 13.400 rpm-en centrifugáltuk.
6. Összesen 1 ml (csővenként 500-500 µl) felülúszót átpipettáztunk egy új 2 ml-es mikrocentrifuga csőbe;
7. Ehhez 900 µl izoamilalkoholos-kloroformot (24:1 V/V) adtunk hozzá, majd vortexeltük a mintákat.
8. Az elegyet 10.000 rpm-en centrifugáltuk 10 percig.
9. 800 µl felülúszót leszívtunk, ügyelve arra, hogy a fázisok ne keveredjenek össze.
10. 480 µl hűtött (-20°C) izopropanolt adtunk hozzá és kézzel óvatosan tízszer átforgattuk, majd 1-2 percig állni hagytuk.
11. 10 percig 10.000 rpm-en centrifugáltuk az elegyet.
12. A felülúszót leöntöttük figyelve a DNS-üledék mozgására, majd a csövet lefordítva lecsöpögtettük.
13. 750 µl 70 %-os etanollal átmostuk a pelletet, aminek során a mintát 6000 rpm-en, 5 percig centrifugáltuk.
14. A felülúszót óvatosan (DNS pelletre figyelve) leöntöttük, majd a DNS-üledéket vákuumszáritóban beszárítottuk.
15. 50 µl 1x TE pufferben visszaoldottuk vortex és 40 °C-os melegítés segítségével.
16. A kivont DNS-t a vizsgálatokig -20°C-on tároltuk.

M6. melléklet Polimeráz lencreakció vizsgálatok során felhasznált Dream Taq Green PCR Master Mix 2x puffer összetétele

- 0,4 mM Dream Taq DNS polimeráz
- kétszeres Dream Taq Green puffer
- 0,4 mM dATP
- 0,4 mM dCTP
- 0,4 mM dTTP
- 4 mM MgCl₂

M7. melléklet Baktérium kolóniák DNS feltárása (Schwarczinger, szóbeli közlés)

1. A tenyészetből egy különálló baktérium kolóniát 100 µl vízben felszuszpendáltunk
2. A szuszpenzióhoz 50 µl 2x nátrium-azid (NaN₃) oldatot (2% Triton X-100, 0,5% NaN₃, 0,1 mol/L⁻¹, pH 8-as TRIS pufferben) adtunk.
3. Az elegyet vortex segítségével alaposan összekevertük és 10 percig 99 °C-on melegítettük.

4. Az elegyet 10 percig 4 °C-on centrifugáltuk, majd a felülúszót új mikrocentrifuga csőbe átpipettáztuk.
5. A kivont DNS-t a vizsgálatokig -20°C-on tároltuk.

M8. melléklet Fitoplazma, baktérium és gomba minták polimeráz láncreakció vizsgálatához felhasznált indítószekvenciák

Keresett kórokozó / fajkomplex / rovar faj / rovar biotípus	Primer neve	Referencia	Vizsgált szakasz	Szekvencia (5'-3')	Amplikon
' <i>Candidatus Phytoplasma prunorum</i> '	EOf	Mergenthaler, 2004	ORF2 - ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' feltételezett nitroreduktáz gén - ORF3	CCAACTTTAATAA TAGCAATAGGAA	471
	EOr			TGATTTATGTTTT CAACTTTTCCA	
	ECA1	Jarausch et al., 1998	ORF2 - ' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' feltételezett nitroreduktáz gén	AATAATCAAGAA CAAGAAGT	237
	ECA2			GTTTATAAAAATT AATGACTC	
<i>Pseudomonas syringae</i>	SyrB1	Sorensen, 1998	<i>syrB</i> gén	CTTTCCGTGGTCT TGATGAGG	752
	SyrB2			TCGATTTTGCCGT GATGAGTC	
	Psy_F	Guilbaud et al., 2015	plsX-rpmF gének	ATGATCGGAGCG GACAAG	144
	Psy_R			GCTCTTGAGGCA AGCACT	
<i>Cytospora</i> sp.	ITS5	White et al., 1990	ITS2 régió	GGAAGTAAAAGT CGTAACAA	~650
	ITS4			TCCTCCGCTTATT GATATGC	
	CtBTFF1	Luo et al., 2017	β -tubulin gén	GAGCGCATGAAC GTCTACTT	106
	CtBTFR1			GGAAGAAAGCGC GTCAGTAA	

Keresett kórokozó / fajkomplex / rovar faj / rovar		Primer neve		Referencia	Vizsgált szakasz	Szekvencia (5'-3')	Amplikon mérete (bp)
Cacopsylla sp.	Cacopsylla fajok PCR+RFLP vizsgálata	VPm_COI_F2		Oettl és Schlunk, 2015	tRNACys-tRNATyr-COI régió	TACCTYTGAATTT GCAATTC	802
		VPm_COI_R4				AATAARTGTTGGT ATAARATAGG	
	C. pruni biotípus vizsgálat	2. szett	CpA50F	Peccoud et al., 2013	ITS2 régió	TTGTGTCTGTGTT TCGAGAGC	„A” biotípus: 421 „B” biotípus: 151
			CpB350F			AATCCAAACCCC GCGATG	
			Cp480R			TACATCCGAGGG TCGGTATC	
		3. szett	Cp135F	Peccoud et al., 2013	ITS2 régió	ATACGCGCTCGAT CTGACAT	„A” biotípus: 293 „B” biotípus: 177
			CpA425R			TCGACTCTCTCGC CTCTCTT	
			CpB315R			TTAACCGCTGGG GCTAGG	

M9. melléklet A polimeráz-láncreakció protokollok

Keresett kórokozó / fajkomplex / rovar faj / rovar biotípus	Primer neve	Elő denaturáció	PCR ciklusok				Végső lánchosszabbítás
			Ciklusok száma	Denaturáció	Primer kötődés	Lánc-hosszabbítás	
' <i>Candidatus</i> Phytosplasma prunorum'	EOf / EOr	94 °C 5 min	35	94 °C, 1 min	55 °C, 1 min	72 °C, 1 min	72 °C, 7 min
	ECA1 / ECA2	94 °C 5 min	30	94 °C, 30 sec	55 °C, 45 sec	72 °C, 1 min	72 °C, 7 min
<i>Pseudomonas syringae</i>	SyrB1 / SyrB2	94 °C 5 min	35	94 °C, 90 sec	60 °C, 90 sec	72 °C, 3 min	72 °C, 10 min
	Psy_F / Psy_R	96 °C 5 min	40	94 °C, 30 sec	61 °C, 30 sec	72 °C, 30 sec	72 °C, 10 min

Keresett kórokozó / fajkomplex / rovar faj / rovar biotípus		Primer neve		Elő denaturáció	PCR ciklusok				Végő lánc-hosszabbítás
					Ciklusok száma	Denaturáció	Primer kötődés	Lánc-hosszabbítás	
Cytospora sp.		ITS5 / ITS4		95 °C 2 min	30	95 °C, 30 sec	60 °C 30 sec	72 °C, 30 sec	72 °C, 10 min
		CtBTFF1 / CtBTFR1		94 °C 5 min	40	94 °C, 30 sec	49 °C 30 sec	72 °C, 60 sec	72 °C, 10 min
Cacopsylla sp.	Cacopsylla fajok PCR+RFLP vizsgálata	VPm_COI_F2 / VPm_COI_R4		95 °C 2 min	45	95 °C, 30 sec	46 °C, 30 sec	72 °C, 1 min	72 °C, 10 min
		C. pruni biotípus vizsgálat	2. szett	CpA50F / CpB350F / Cp480R	94 °C, 5 min	30	94 °C, 30 sec	65 °C, 20 sec	72 °C, 30 sec
	3. szett		Cp135F / CpA425R / CpB315R	94 °C, 5 min	30	94 °C, 30 sec	65 °C, 20 sec	72 °C, 30 sec	72 °C, 5 min

M10. melléklet A vegetációs időszakokban végzett levélbolha gyűjtések időpontjai vizsgált ültetvényenként

Ültetvény	Vizsgálati időpontok							
	2015				2016			
	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.
Pomáz	13., 20., 27.	3., 10., 21.	7., 14., 22.	5., 15., 22.	4., 9., 18.,20., 25.,	1., 8., 15., 22., 30.,	15., 26.	10., 22.
Soroksár	10., 17., 24., 27.	13., 22.	10.	20.	10., 18.	13.	15.	15.
Sóskút	12.	1., 3.	20.	10.	8., 22.	5.	4.	9.

M11. melléklet Növények fejlettsége (BBCH- Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie- skála) szerinti rovarölő szerek kezelése a vizsgált kajszi-ültetvényekben 2015–2016

BBCH Skála	Az ültetvényekben használt hatóanyagok		
	Pomáz	Soroksár	Sóskút
69–70 teljes szíromhullástól gyümölcskötődésig	eszfenvalerát	-	lambda cihalotrin+pirimikarb
75–79 50–90%-os gyümölcsméret	-	-	fenoxikarb
85–86 fajtára jellemző színeződés kialakulásától 1 hétrel a betakarítás előtti állapotig	-	-	lambda cihalotrin

M12. melléklet A levélbolhák '*Candidatus* Phytoplasma prunorum' fertőzöttségének vizsgálata során alkalmazott 'Doyle and Doyle' DNS kivonó protokoll (Doyle, 1990) és az ahhoz szükséges puffer oldat leírása

"Doyle and Doyle" kivonó oldat (500ml):

- CTAB: 12,5 g
- 5M NaCl (40,98 g): 140 ml
- 0,5M EDTA: 20 ml
- 1M TRIS (pH 8): 50 ml
- PVP-40 (Polivinil-polipirrolidon): 5 g
- 0,2 % 2-mercaptoethanol: 1 ml
- 500 milliliterre kiegészítő steril víz

DNS kivonó protokoll:

1. A felhasználandó CTAB kivonó pufferhez használat előtt merkaptó-etanolat adtunk 500:1 arányban.
2. Dörzsmozsárban a levélbolhát kvarchomokkal elkezdjük homogenizálni, majd a nagyobb részek eldörzsölése után 200 µl előmelegített "Doyle and Doyle" kivonó oldatot adtunk a száraz anyaghoz.
3. A szuszpenziót 1 darab 1,5 ml-es mikrocentrifuga csőbe töltöttük.
4. Ezt követően 30 percen keresztül inkubáltuk 65 °C-on, közben 10 percenként vortexeltük.
5. A szuszpenziót 1 percig 3.500 rpm-en centrifugáljuk.
6. 100 µl felülúszót átpipettázunk egy új 1,5 ml-es mikrocentrifuga csőbe;
7. Ehhez 100 µl izoamilalkoholos-kloroformot (24:1 V/V) adtunk hozzá, majd vortexeltük a mintákat.
8. Az elegyet 8.000 rpm-en centrifugáltuk 7 percig.

9. 80 µl felülúszót új 1,5 ml-es mikrocentrifuga csőbe átpipettáztunk, ügyelve arra, hogy a fázisok ne keveredjenek össze.
10. Ehhez 54 µl hűtött (-20°C) izopropanolt adtunk és kézzel óvatosan tízszer átforgattuk, majd 1-2 percig állni hagytuk.
11. Majd 4 °C-on 35 percig 20.000 rpm-en centrifugáltuk az elegyet.
12. A felülúszót leöntöttük figyelve a DNS-üledék mozgására, majd a csövet lefordítva lecsöpögtettük.
13. 137,5 µl 70 %-os etanollal átmostuk a pelletet, aminek során a mintát 4 °C-on 13.000 rpm-en, 25 percig centrifugáltuk.
14. A felülúszót óvatosan előntöttük, majd a DNS-üledéket vákuumszáritóban beszárítottuk.
15. A pelletet 30 µl 1x TE pufferben visszaoldottuk vortex és 40 °C-os melegítés segítségével.

M13. melléklet A filogenetikai és rekombinációs vizsgálatokhoz kiválasztott és felhasznált GenBank szekvenciák

GenBank hozzáférési szám	Levélbolhafaj	Gazdanövény
KM206145	<i>Cacopsylla affinis</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
KM206146	<i>Cacopsylla affinis</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
KM206147	<i>Cacopsylla affinis</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
KM206148	<i>Cacopsylla affinis</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
KM206149	<i>Cacopsylla affinis</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
KM206150	<i>Cacopsylla albipes</i>	-
KM206151	<i>Cacopsylla breviantennata</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206152	<i>Cacopsylla breviantennata</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206153	<i>Cacopsylla breviantennata</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206154	<i>Cacopsylla breviantennata</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206155	<i>Cacopsylla crataegi</i>	<i>Malus domestica</i> - <i>Crataegus monogyna</i>
KM206156	<i>Cacopsylla crataegi</i>	<i>Malus domestica</i> - <i>Crataegus monogyna</i>
KM206157	<i>Cacopsylla crataegi</i>	<i>Malus domestica</i> - <i>Crataegus monogyna</i>
KM206158	<i>Cacopsylla crataegi</i>	<i>Malus domestica</i> - <i>Crataegus monogyna</i>
KM206159	<i>Cacopsylla crataegi</i>	<i>Malus domestica</i> - <i>Crataegus monogyna</i>
KM206160	<i>Cacopsylla crataegi</i>	<i>Malus domestica</i> - <i>Crataegus monogyna</i>
KM206161	<i>Cacopsylla mali</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206162	<i>Cacopsylla mali</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206163	<i>Cacopsylla melanoneura</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206164	<i>Cacopsylla melanoneura</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206165	<i>Cacopsylla melanoneura</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206166	<i>Cacopsylla melanoneura</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206167	<i>Cacopsylla melanoneura</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206168	<i>Cacopsylla melanoneura</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206169	<i>Cacopsylla melanoneura</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206172	<i>Cacopsylla melanoneura</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206173	<i>Cacopsylla melanoneura</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206174	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206175	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>

GenBank hozzáférési	Levélbolhafaj	Gazdanövény
KM206176	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206177	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206178	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206179	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206180	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206181	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206182	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206183	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206184	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206185	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206187	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206188	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206189	<i>Cacopsylla picta</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206191	<i>Cacopsylla pruni</i>	<i>Malus domestica</i> - <i>Crataegus monogyna</i>
KM206192	<i>Cacopsylla pruni</i>	<i>Malus domestica</i> - <i>Crataegus monogyna</i>
KM206193	<i>Cacopsylla pyri</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206194	<i>Cacopsylla pyri</i>	<i>Malus domestica</i>
KM206195	<i>Cacopsylla</i> sp. (SO-2015)	<i>Malus domestica</i>
KM206196	<i>Cacopsylla</i> sp. (SO-2016)	<i>Malus domestica</i>
KM206197	<i>Cacopsylla</i> sp. (SO-2017)	<i>Malus domestica</i>
NC_038139	<i>Psylla alni</i>	-

M14. melléklet A vizsgált *Cytospora* izolátumok neve, származási helye és a gazdanövény (kajszi) fajtája

Izolátum neve	Izolátum származási helye	Kajszifajta (gazdanövény)
A3s, B4s, F4s	Érd	'Flavorcot'
A4s, E1s		'Zebra'
B7s, F2s		'Sweetcot'
F7s		'Gönci magyar kajszi'
B3s, F6s	Pomáz	'Bergeron'
C2s, C4s, C7s		'Gönci magyar kajszi'
E2s,		'Ceglédi bíbor'
E3s		'Magyarkajszi C.235'
A1s	Soroksár	'Magyarkajszi C.235'
B3s		'Goldrich'
B5s		'Zard'
G1s		'Mandulakajszi'
G2s		'Ceglédi óriás'
F5s		'Silvercot'
F11s		'Ceglédi Piroska'
B6s	Sóskút	'Tomcot'
C1s		'Mandulakajszi'
C8s		'Magyarkajszi C.235'
F3s		'Gönci magyar kajszi'
G3s		'Harcot'

M15. melléklet A gomba izolátumok DNS kivonásánál alkalmazott CTAB módszer protokollja (Sambrook és Russell, 2001) és az ahhoz felhasznált puffer oldat leírása

Felhasznált CTAB-os kivonó puffer (100ml):

- 2 % CTAB: 2 g
- 1,4 M NaCl: 28 ml
- 10 mM EDTA (pH 8): 4 ml
- 100 mM TRIS-HCl (pH 8): 10 ml
- 0,2 % 2-mercaptoethanol: 200 µl
- 100 milliliterre kiegészítő steril víz

DNS kivonó protokoll:

1. A felhasználandó CTAB kivonó pufferhez használat előtt merkapto-etanol-t adtunk 500:1 arányban.
2. Steril boxban tiszta tenyészetből micélium korongot leemeltünk (táptalaj nélkül), majd kevés kvarchomokkal elkezdjük homogenizálni a mintát dörzsmozsárban.
3. A homogenizált anyaghoz 500 µl CTAB puffert adtunk és alaposan elkevertük azzal.
4. A szuszpenziót 1 darab 1,5 ml-es mikrocentrifuga csőbe töltöttük.
5. Ezt követően 45 percig inkubáltuk 65 °C-on, közben 15 percenként vortexeltük a szuszpenziót.
6. Majd a szuszpenziót 10 percig 13.400 rpm-en centrifugáltuk.
7. A felülúszót átpipettáztuk egy új 1,5 ml-es csőbe.
8. Ehhez 500 µl izoamilalkoholos-kloroformot (24:1 V/V) adtunk, majd kézzel összeráztuk.
9. Az elegyet 13.400 rpm-en centrifugáltuk 10 percig.
10. A felülúszót leszívtuk, ügyelve arra, hogy a fázisok ne keveredjenek össze.
11. 400 µl hűtött (-20°C) izopropanolt adtunk hozzá és kézzel óvatosan tízszer átforgattuk, majd 1-2 percig állni hagytuk.
12. 5 percig 13.400 rpm-en centrifugáltuk az elegyet.
13. A felülúszót leöntöttük figyelve a DNS-üledék mozgására, majd a csövet lefordítva lecsöpögtettük.
14. 1 ml 70 %-os etanollal mostuk át a pelletet, aminek során a mintát 13.400 rpm-en, 5 percig centrifugáltuk.
15. A felülúszót óvatosan elöntöttük, majd a DNS-üledéket vákuumszáritóban beszárítottuk.
16. 50 µl 1x TE pufferben visszaoldottuk vortex és 40 °C-os melegítés segítségével.
17. A kivont DNS-t a vizsgálatokig -20°C-on tároltuk.

M16. melléklet A *Cytospora* tenyészetek ITS2 szekvenciáinak BLAST-analízis eredménye

Izolátum neve	Izolátum NCBI azonosítója	A legnagyobb hasonlóságot mutató NCBI szekvencia neve	NCBI szekvencia azonosítója	Azonosság (%)
A1s	OP426340	<i>Cytospora leucostoma</i> CBS:129.22 strain; <i>Cytospora sorbicola</i> strain MFLUCC 16-0586; <i>Cytospora</i> sp. strain CPC 19897	MH854716.1; KY417757.1; KY051952.1	100
A3s	OP426335			
B6s	OP426343			
C1s	OP426342			
C2s	OP426345			
C4s	OP426347			
E1s	OR667120			
E2s	OR667121			
E3s	OR667122			
F3s	OP426341			
F4s	OP426331			
G1s	OR667123			
G2s	OR667124			
G3s	OR667125			
C7s	OR739596	<i>Cytospora</i> sp. isolate T14; <i>Cytospora sorbicola</i> isolate CEE-9900, CEE-3310, CEE-1470, CEE-2270; [Leucostoma] persoonii f. sp. armeniacae culture CBS:260.34 strain; <i>Cytospora sorbicola</i> strain RGM_3392- RGM_3394; <i>Cytospora sorbicola</i> strain RGM_3396; <i>Cytospora sorbicola</i> strain RGM_3397- RGM_3399;	KX434624.1; OR583163.1; OR583068.1; OR583035.1; OR574847.1; MH855504.1; OR036899.1; OR036892.1; OR036896.1; OR036898.1; OR036891.1; OR036895.1; MH940219.1; KY417757.1; MH940219.1; OR289932.1; KY051952.1	100
F11s	OR739598	<i>Cytospora</i> sp. strain RGM3234; <i>Cytospora</i> sp. CN-2019b strain MFLUCC 18-1226; <i>Cytospora sorbicola</i> strain RGM 3389; <i>Cytospora sorbicola</i> strain MFLUCC 16-0586; <i>Cytospora</i> sp. strain CPC 19897		
C8s	OR739597	<i>Cytospora sorbicola</i> isolate CEE-9900, CEE-3310, CEE-1470, CEE-2270; <i>Cytospora</i> sp. isolate T14; <i>Cytospora</i> sp. CN-2019b strain; <i>Cytospora sorbicola</i> strain MFLUCC 16-0586; <i>Cytospora</i> sp. strain CPC 19897;	OR583163.1; OR583068.1; OR583035.1; OR574847.1; KX434624.1; KY051952.1;	100

Izolátum neve	Izolátum NCBI azonosítója	A legnagyobb hasonlóságot mutató NCBI szekvencia neve	NCBI szekvencia azonosítója	Azonosság (%)
A4s	OP426336	[<i>Leucostoma</i>] <i>persoonii</i> f. sp. <i>armeniaca</i> CBS:260.34 strain; <i>Cytospora</i> sp. isolate T14; <i>Cytospora</i> sp. CN-2019b strain MFLUCC 18-1226; <i>Cytospora sorbicola</i> strain MFLUCC 16-0586; <i>Cytospora</i> sp. strain CPC 19897	MH855504.1; KX434624.1; MH940219.1; KY417757.1; KY051952.1	100
F5s	OP426334			
B3s	OP426332	<i>Cytospora leucostoma</i> CBS:129.22 strain	MH854716.1	99,83
F2s	OP426330			100
F7s	OP426333			99,83
B5s	OP426337	<i>Cytospora</i> sp. 18 NC15; <i>Cytospora leucostoma</i> strain CFCC 50015; <i>Cytospora</i> sp. 19 NC19; <i>Cytospora leucostoma</i> clone yym1; <i>Cytospora leucostoma</i> clone sx1; <i>Cytospora</i> sp. clone st1; <i>Cytospora leucostoma</i> isolate SZ485; <i>Valsa leucostoma</i> strain F-LN-32b; Fungal sp. isolate HLUP20170006	KC342493.1; KR045634.1; KC342494.1; MZ960924.1; MZ960916.1; MZ960914.1; KX168597.1; KF293297.1; MH511557.1	100
B4s	OP426338	<i>Valsaceae</i> sp. strain GLMC 412; <i>Cytospora cincta</i>	MT153689.1; DQ996041.1	99,65
B7s	OP426339	<i>Valsaceae</i> sp. strain GLMC 412; <i>Cytospora cincta</i> ATCC 32673 strain	MT153689.1; DQ996041.1	99,83
C3s	OP426346			99,83
F6s	OP426344			99,65

M17. melléklet A *Cytospora* tenyészetek β -tubulin gén szekvenciáinak BLAST-analízis eredménye

Izolátum neve	Izolátum szekvenciája	A legnagyobb hasonlóságot mutató NCBI szekvencia neve	NCBI szekvencia azonosítója	Azonosság (%)	Kórokozó
A1s	AATCCGGCACATTAAACAATTATCCGAGCTGTACCGCCAC CGTCTTCAGCTTACTGACGCGCTTCTTCCA	<i>Cytospora leucostoma</i> strain CFCC 53165; <i>Cytospora leucostoma</i> strain CFCC 50024; <i>Cytospora leucostoma</i> strain CFCC 50016; <i>Cytospora leucostoma</i> strain JZB3670045- JZB3670042, JZB3670040, JZB3670033- JZB3670025, JZB3670014- JZB3670011, JZB3670009- JZB3670006; <i>Cytospora leucostoma</i> strain CFCC 56766; <i>Cytospora leucostoma</i> strain CXTA 272; <i>Cytospora leucostoma</i> strain CXTA 133; <i>Valsa leucostoma</i> strain F-LN-32b	MK672969.1; MH933576.1; MH820389.1; OR195017.1- OR195013.1, OR195010.1- OR195002.1, OR194993.1- OR194990.1, OR194988.1- OR194986.1, OQ862503.1; ON866782.1; ON866767.1; KF293298.1	100	<i>Cytospora leucostoma</i>
A3s					
A4s					
B3s					
B5s					
B6s					
C1s					
C2s					
F7s					
C4s					
F2s					
F3s					
F4s					
F5s					
C3s	ACCATCCAGCTAAA CCGCCTCCGTCCCT TGAGCTTATTGACG CGTTTTCGTCCA	<i>Cytospora cincta</i> strain CFCC 89960	KR045665.1	98,25	<i>Cytospora cincta</i>
B4s					
B7s					
F6s					
E1s	GGCACATCAAGCAGTCTCCG AGCTGTACCGCCACCGTCTT CAGCTTACTGACGCGCTTTC TTCC	<i>Cytospora sorbicola</i> isolate RGM 3389, RGM 3392 - 3394, 3396 - 3400	OR296601.1, OR078454.1, OR078453.1, OR078451.1- OR078446.1	100	<i>Cytospora sorbicola</i>
E2s					
E3s					
G1s					
G2s					
G3s					

Izolátum neve	Izolátum NCBI azonosítója	A legnagyobb hasonlóságot mutató NCBI szekvencia neve	NCBI szekvencia azonosítója	Hasonlóság (%)	Kórokozó
C7s	TCCGGCACATCAAGCAGTCC TCCGAGCTGTACCGCCACC GTCTTCAGCTTACTGACGC GCTTCTCTTCCA	<i>Cytospora sorbicola</i> isolate RGM 3389, RGM 3392 - 3394, 3396 - 3400	OR296601.1, OR078454.1, OR078453.1, OR078451.1- OR078446.1	97,22	<i>Cytospora sorbicola</i>
C8s					
F11s					

M18. melléklet A *Cytospora sorbicola* kórokozóval mesterségesen megfertőzött kajszi fák kezeléséhez alkalmazott növénykondicionálók főbb adatai (Nébih, 2023a)

Növénykondicionáló neve	Összetevők	Felhasználási dózis (%)	Engedélyezve kajsziültetvényben	Egyéb információ
Alginure	barna algakivonat, melasz, káliumsók, foszfátok, víz	0,5%	Nem*	barna színű, jellegzetes alga szagú folyadék
Amalgerol	algakivonat, növényi kivonatok, növényi illóolajok, ásványi	1%	Igen	sötétbarna színű, olajos szagú és tapintású folyadék

Jelmagyarázat: *Felülvizsgálata során a kijuttatási engedélyét visszavonták a kísérletünk ideje alatt.

M19. melléklet *Cytospora sorbicola* kórokozóval végzett mesterséges fertőzéses kísérlet főbb adatai, tenyészedényes növények esetében

Kezelés típusa	Fák száma (db)	Kezelés módja	Kezelések időpontjai
Nem fertőzött-kezeletlen kontroll	3	Csak tiszta vizes beöntözést kapott	A növénykondicionálós kezelésekkel megegyező időpontokban
Fertőzött kontroll	3	Csak tiszta vizes beöntözést kapott	A növénykondicionálós kezelésekkel megegyező időpontokban
Amalgerolos beöntözés	3	1%-os beöntözést kapott	2015. 02. 21-én, 2015. 04. 09-én, 2015. 07. 07-én, 2015. 08. 27-én

M20. melléklet *Cytospora sorbicola* kórokozóval végzett mesterséges fertőzéses kísérlet főbb adatai, szabadföldi növényállományban

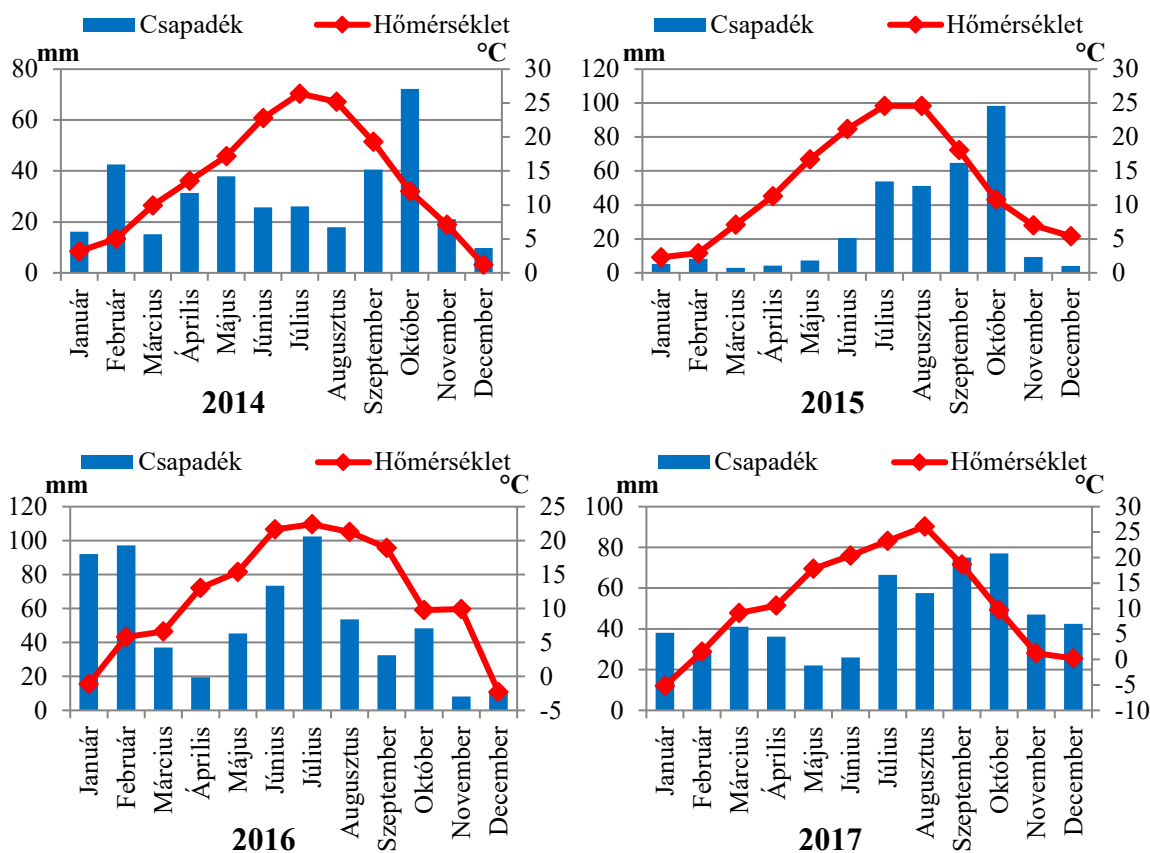
Kezelés típusa	Fák száma (db)	Kezelés módja	Kezelések időpontjai
Nem fertőzött kontroll	5	Csak tiszta vizes beöntözést és permetezést kapott	A növénykondicionálás kezelésekkel megegyező időpontokban
Fertőzött kontroll	6	Csak tiszta vizes beöntözést és permetezést kapott	A növénykondicionálás kezelésekkel megegyező időpontokban
Amalgerol	6	1%-os beöntözés	2015. 05. 07. és 2015. 09. 23. között havonta egyszer 2016. 05. 31. és 2016. 09. 05. között havonta egyszer 2017. 05.12. és 2017. 08. 21. között havonta egyszer
Alginure	6	0,5%-os permetezés	2015. 05. 07. és 2015. 09. 23. között 2 hetente 2016. 05. 31. és 2016. 09. 05. között 2 hetente 2017. 05.12. és 2017. 08. 21. között 2 hetente
Amalgerol + Alginure	6	1%-os beöntözés + 0,5% permetezés	2015. 05. 07. és 2015. 09. 23. között havonta egyszeri beöntözés és 2 hetente permetezés 2016. 05. 31. és 2016. 09. 05. között havonta egyszer beöntözés és 2 hetente permetezés 2017. 05.12. és 2017. 08. 21. között havonta egyszer beöntözés és 2 hetente permetezés

M21. melléklet A *Cytospora sorbicola* elleni mérgezett agarlamezes vizsgálatba vont fungicidek főbb adatai (Nébih, 2023b)

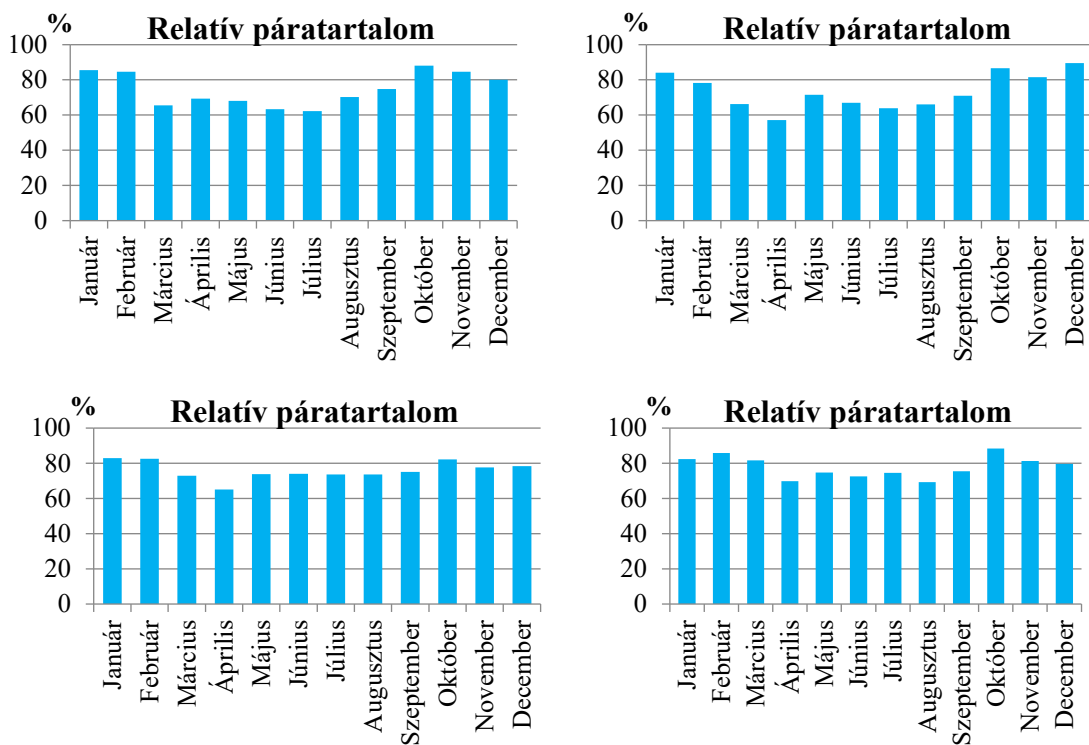
Márkanév	Hatóanyag	Forgalmi kategória	Hatás-mechanizmus	Engedélyezett felhasználási dózis	Engedélyezve kajsziültetvényben
Bordóilé Neo SC	350 g/l tribázikus	I.–III.	kontakt	3 l/ha	Igen
Cupertine M	réz 200 g/kg + mankoceb 80	III.	kontakt	4–5 kg/ha	Nem*
Cuproxat FW	350 g/l tribázikus	III.	kontakt	4–5 l/ha	Igen
Dithane M-	800 g/kg	III.	kontakt	2 kg/ha	Nem*
Merpan 80	800 g/kg	I.	kontakt	1,25–2 kg/ha	Igen
Vitra	770 g/kg	I.–III.	kontakt	2–3 kg/ha	Igen

Jelmagyarázat: *Felülvizsgálata során a kijuttatási engedélyét visszavonták a kísérletünk után.

M22. melléklet A kajszifajták és alanyok apoplexia kórokozóival szembeni fogékonyság vizsgálat ideje alatt az érdi és sósikúti ültetvények területére elérhető csapadék és hőmérséklet adatok



M23. melléklet A kajszifajták és alanyok apoplexia kórokozóival szembeni fogékonyság vizsgálat ideje alatt az érdi és sósikúti ültetvények területére elérhető relatív páratartalom adatok



M24. melléklet: A *Pseudomonas* fajkomplex által fertőzött fás minták szekvenciáinak BLAST-analízise

Ültetvény	Izolátum neve	Izolátum NCBI azonosítója	A legnagyobb hasonlóságot mutató NCBI szekvencia neve	NCBI szekvencia azonosítója	Azonosság (%)	Kórokozó
Érd	E12	OP423039.1	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> strain C7Pss SR4	OL355003.1	99,15	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>
	+5	OQ143953.1	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> strain Pss9097; <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> isolate CFBP4215; <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> strain B48	CP026568.1; LT962480.1; CP125300.1	99,86	
	E28	OQ143951.1	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> strain Pss9644	CP066263.1	100	
Pomáz	P5	OR725681	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> strain Pss9644	OL355003.1	100	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>
	PS8	OR725682				
	PK2	OR725678				
Sóskút	S21	OP423038.1	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> strain C7Pss SR4	OL355003.1	98,63	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>
	S22	OP807072.1				
	S26/73	OQ143954.1	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> strain Pss9644	CP066263.1	99,58	
Soroksár	6/74	OQ143952.1	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> strain Pss9097; <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> isolate CFBP4215; <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> strain B48	CP026568.1; LT962480.1; CP125300.1	100	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>
	S12	OR725680	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> strain C8Pss SR4	OL355004.1	99,82	
	S17	OR725679	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> strain Pss9644	OL355003.1	99,32	

M25. melléklet: A *Cytospora* sp. által fertőzött fás minták β -tubulin gén szekvenciáinak BLAST-analízis eredményei

Ültetvény	Izolátum neve	Izolátum szekvenciája	A legnagyobb hasonlóságot mutató NCBI szekvencia neve	NCBI szekvencia azonosítója	Azonosság (%)	Kórokozó
Érd	E15	TCCGGCACATCAAG CAGTCCTCCGAGCT GTCACCGCCACCGT CTTCAGCTTTACTGA	<i>Cytospora sorbicola</i> isolate RGM_3389; 3392 - 3394 3396 - 3400	OR296601.1; OR078454.1; OR078447.1; OR078451.1; OR078453.1; OR078450.1; OR078446.1; OR078449.1; OR078448.1	100	<i>Cytospora sorbicola</i>
	E+1	CGATCAGATACAATACCCGACCCAC CCCAGCTATACCGCCTCCGTCCTCCCT TGAGCTTTATTGACGGCGCTTTCTTC C	<i>Cytospora cincta</i> strain CFCC 89960	KR045666.1	96,77	<i>Cytospora cincta</i>
	E++16	ATCCGGCACATCAACAATCATCCGAGCTGT CACCGCCACCGTCTTCAGCTTTACTGACGCG CTTCTCTTC	<i>Cytospora leucostoma</i> strain JZB3670052; JZB3670053; JZB3670024 - JZB3670018; JZB3670015; JZB3670010; <i>Cytospora leucostoma</i> strain CFCC 50023; <i>Cytospora leucostoma</i> strain CXTA_363; CXTA_188; <i>Leucostoma persoonii</i> isolate 32-2w; <i>Leucostoma persoonii</i> isolate SXYLt	OR195022.1; OR195023.1; OR195001.1 - OR194995.1; OR194994.1; OR194989.1; KR045676.1; ON866788.1; ON866772.1; JQ900374.1; JQ900373.1	98,59	<i>Cytospora leucostoma</i>

Ültetvény	Izolátum neve	Izolátum szekvenciája	A legnagyobb hasonlóságot mutató NCBI szekvencia neve	NCBI szekvencia azonosítója	Azonosság (%)	Kórokozó
Pomáz	P9A	TCCGGGCACATCAAGC AGTCCCTCCGAGCTGT CACCGCCACCGTCTT CAGCTTTACTGACGC	<i>Cytospora sorbicola</i> isolate RGM_3389; 3392 - 3394 3396 - 3400	OR296601.1; OR078454.1; OR078447.1; OR078451.1; OR078453.1; OR078450.1; OR078446.1; OR078449.1; OR078448.1	100	<i>Cytospora sorbicola</i>
	PS7					
	PS10	ATCCGGGCACATCAAG CAGTCCCTCCGAGCTG TCACCGCCACCGTCTT CAGCTTTACTGACGC				
Sóskút	Sos8	TCCGGGCACATCAAGCAGTC CTCCGAGCTGTCACCGCCA CCGTCTTCAGCTTTACTGAC GCGCTTTCTTCC	<i>Cytospora sorbicola</i> isolate RGM_3389; 3392 - 3394 3396 - 3400	OR296601.1; OR078454.1; OR078447.1; OR078451.1; OR078453.1; OR078450.1; OR078446.1; OR078449.1; OR078448.1	100	<i>Cytospora sorbicola</i>
	Sos35					
	Sos12	TCCGGGCACATCAAGC AGTCCCTCCGAGCTGT CACCGCCACCGTCTT CAGCTTTACTGACGC				

Ültetvény	Izolátum neve	Izolátum szekvenciája	A legnagyobb hasonlóságot mutató NCBI szekvencia neve	NCBI szekvencia azonosítója	Azonosság (%)	Kórokozó
Soroksár	S10	GTCAATCCGGCACATCAACAATCATCCGAG CTGTCACCGCCACCGTCTTCAGCTTACTGA CGCGCTTTCTTCCA	<i>Cytospora leucostoma</i> strain JZB3670052; JZB3670053; JZB3670024 - JZB3670018; JZB3670015; JZB3670010; <i>Cytospora leucostoma</i> strain CFCC 50023; <i>Cytospora leucostoma</i> strain CXTA_363; CXTA_188; <i>Leucostoma persoonii</i> isolate 32-2w; <i>Leucostoma persoonii</i> isolate SXYLt	OR195022.1; OR195023.1; OR195001.1 - OR194995.1; OR194994.1; OR194989.1; KR045676.1; ON866788.1; ON866772.1; JQ900374.1; JQ900373.1	98,59	<i>Cytospora leucostoma</i>
	S21	ATCCGGCACATCAAG CAGTCCTCCGAGCTG TCACCGCCACCGTCTT CAGCTTTACTGACGC	<i>Cytospora sorbicola</i> isolate RGM_3389; 3392 - 3394 3396 - 3400	OR296601.1; OR078454.1; OR078447.1; OR078451.1; OR078453.1; OR078450.1; OR078446.1; OR078449.1; OR078448.1	100	<i>Cytospora sorbicola</i>
	SG_2A	CGATCAGATACAATAC CCGACCAACCCAGCTA TACCGCCTCCGTCGCC TTGAGCTTTATTGACG	<i>Cytospora cincta</i> strain CFCC 89960	KR045666.1	96,77	<i>Cytospora cincta</i>

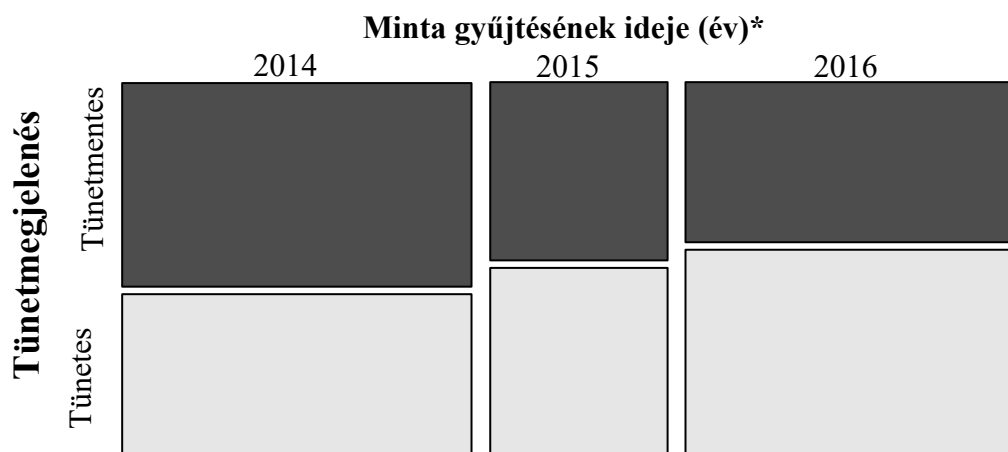
M26. melléklet A tünetmegjelenés, a fertőzés, a mintázás ideje, a fajta és az ültetvény tényezőkre elvégzett statisztikai vizsgálat eredménye

Vizsgált változók	Becsült érték	Standardizált hibatag	Z érték	p-érték
Intercept	7,209e+02	6,777e+02	1,064	0,287424
Vizsgált kórokozók általi fertőzés	1,277e+00	3,823e-01	3,341	0,000836***
Minta gyűjtési ideje	-3,572e-01	3,360e-01	-1,063	0,287732
Fajta 'Ceglédi bíbor'	2,069e+01	2,543e+04	0,001	0,999351
Fajta 'Ceglédi óriás'	3,659e-02	1,574e+00	0,023	0,981461
Fajta 'Ceglédi Piroska'	3,551e-02	1,475e+00	0,024	0,980799
Fajta 'Flavorcot'	-1,749e+00	1,678e+00	-1,042	0,297234
Fajta 'Goldrich'	-1,868e+00	1,984e+00	-0,942	0,346326
Fajta 'Goldstrike'	-2,678e+00	1,856e+00	-1,443	0,149150
Fajta 'Gönci magyar kajszi'	-9,428e-01	1,098e+00	-0,858	0,390691
Fajta 'Harcot'	-1,577e-01	1,828e+00	-0,086	0,931288
Fajta 'Hargrand'	1,682e+00	1,982e+00	0,849	0,395932
Fajta Ismeretlen	2,473e+00	1,480e+00	1,671	0,094739•
Fajta 'Karola'	1,450e+00	1,788e+00	0,810	0,417659
Fajta 'Kései rózsza'	-3,620e-01	1,980e+00	-0,183	0,854943
Fajta 'Krimszkij medunec'	-1,426e+00	1,970e+00	-0,724	0,468977
Fajta 'Magyarkajszi C.235'	-5,600e-01	1,360e+00	-0,412	0,680577
Fajta 'Magyarkajszi Mk.132'	-2,092e+01	1,622e+04	-0,001	0,998971
Fajta 'Mandulakajszi'	-5,065e-01	1,093e+00	-0,463	0,643171
Fajta 'Nikitszkij'	-1,316e-01	1,748e+00	-0,075	0,940011
Fajta 'Pannónia'	2,029e+01	2,074e+04	0,001	0,999220
Fajta 'Sweetcot'	-2,131e+00	1,685e+00	-1,264	0,206168
Fajta 'Tomcot'	2,669e-01	1,226e+00	0,218	0,827689
Fajta 'Vénus'	-1,387e+00	1,840e+00	-0,754	0,451096
Ültetvény Pomáz	-3,146e+00	1,508e+00	-2,087	0,036912*
Ültetvény Soroksár	-1,208e+00	1,453e+00	-0,831	0,405716
Ültetvény Sósút	-1,162e+00	1,145e+00	-1,015	0,310105

Jelmagyarázat: * Szignifikáns különbség $p < 0,05$ érték mellett. ** Szignifikáns különbség $p < 0,01$ érték mellett.

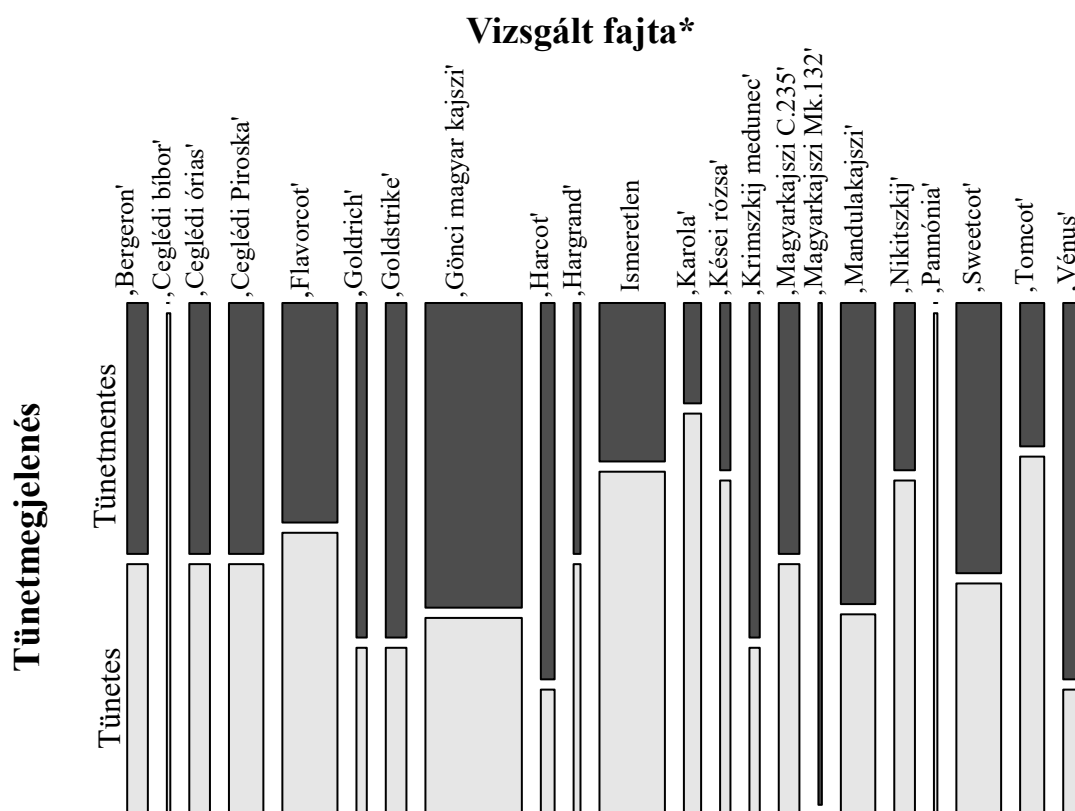
*** Szignifikáns különbség $p < 0,001$ érték mellett. „•” Marginális hatás $p < 0,1$ és $p < 0,05$ intervallum mellett.

M27. melléklet A tünetek megjelenése és a minta gyűjtési ideje közötti kapcsolatot vizsgáló statisztikai elemzés mozaik diagramja



Jelmagyarázat: *Az oszlopok területei a kontingenciátábla celláinak viszonyított, relatív gyakoriságait jelölik.

M28. melléklet A fajta és a tünet megjelenés tényezőik kapcsolatát vizsgáló statisztikai vizsgálat mozaik diagramja



Jelmagyarázat: *Az oszlopok területei a kontingenciátábla celláinak viszonyított, relatív gyakoriságait jelölik.

M29. melléklet A négy kajsziültetvényben mintázott fák tünetmegjelenés, fertőzés típus, mintázás ideje és ültetvény változóira elvégzett statisztikai vizsgálat eredménye

Vizsgált változók		Becsült érték	Standardizált hibatag	Z érték	p-érték
	Intercept	8,305e+02	7,481e+02	1,110	0,266916
Kimutatott kórokozó	' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum'	2,398e+00	6,584e-01	3,643	0,000269***
Kimutatott kórokozó	<i>Pseudomonas syringae</i>	-1,009e-01	6,665e-01	-0,151	0,879671
Kimutatott kórokozó	<i>Cytospora</i> sp.	1,522e+00	6,390e-01	2,382	0,017205*
Kimutatott kórokozó	<i>Pseudomonas syringae</i> + <i>Cytospora</i> sp.	-1,234e+00	1,391e+00	-0,887	0,374924
Kimutatott kórokozó	' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' + <i>Pseudomonas syringae</i>	2,163e+00	1,254e+00	1,725	0,084536,
Kimutatott kórokozó	' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' + <i>Cytospora</i> sp.	1,651e+00	8,079e-01	2,044	0,041000*
Kimutatott kórokozó	' <i>Candidatus</i> Phytoplasma prunorum' + <i>Pseudomonas syringae</i> + <i>Cytospora</i> sp.	1,033e+00	1,464e+00	0,706	0,480371
	Minta gyűjtési ideje	-4,112e-01	3,709e-01	-1,109	0,267570
Fajta	'Ceglédi bíbor'	2,202e+01	7,704e+04	0,000	0,999772
Fajta	'Ceglédi óriás'	3,727e-01	1,661e+00	0,224	0,822407
Fajta	'Ceglédi Piroska'	1,603e-01	1,540e+00	0,104	0,917063
Fajta	'Flavorcot'	-2,623e+00	1,750e+00	-1,498	0,134035
Fajta	'Goldrich'	-1,611e+00	2,085e+00	-0,773	0,439781
Fajta	'Goldstrike'	-3,512e+00	1,949e+00	-1,802	0,071608
Fajta	'Gönci magyar kajszi'	-1,469e+00	1,157e+00	-1,269	0,204296
Fajta	'Harcot'	4,734e-01	1,974e+00	0,240	0,810523
Fajta	'Hargrand'	1,676e+00	2,031e+00	0,826	0,409074
Fajta	Ismeretlen	2,486e+00	1,577e+00	1,577	0,114768
Fajta	'Karola'	1,333e+00	1,854e+00	0,719	0,472104
Fajta	'Kései rózsza'	3,647e-01	2,195e+00	0,166	0,868045
Fajta	'Krimszkij medunec'	-2,020e+00	2,137e+00	-0,945	0,344722
Fajta	'Magyarkajszi C.235'	-1,103e+00	1,425e+00	-0,774	0,438922
Fajta	'Magyarkajszi Mk.132'	-2,290e+01	2,351e+04	-0,001	0,999223
Fajta	'Mandulakajszi'	-6,245e-01	1,094e+00	-0,571	0,568079
Fajta	'Nikitszkij'	-6,305e-02	1,822e+00	-0,035	0,972401
Fajta	'Pannónia'	2,020e+01	3,500e+04	0,001	0,999539
Fajta	'Sweetcot'	-3,263e+00	1,791e+00	-1,821	0,068531
Fajta	'Tomcot'	5,785e-01	1,314e+00	0,440	0,659835
Fajta	'Vénus'	-1,878e+00	1,977e+00	-0,950	0,342170
Ültetvény	Pomáz	-3,952e+00	1,611e+00	-2,453	0,014172*
Ültetvény	Soroksár	-1,908e+00	1,532e+00	-1,245	0,212951
Ültetvény	Sóskút	-1,664e+00	1,170e+00	-1,422	0,154927

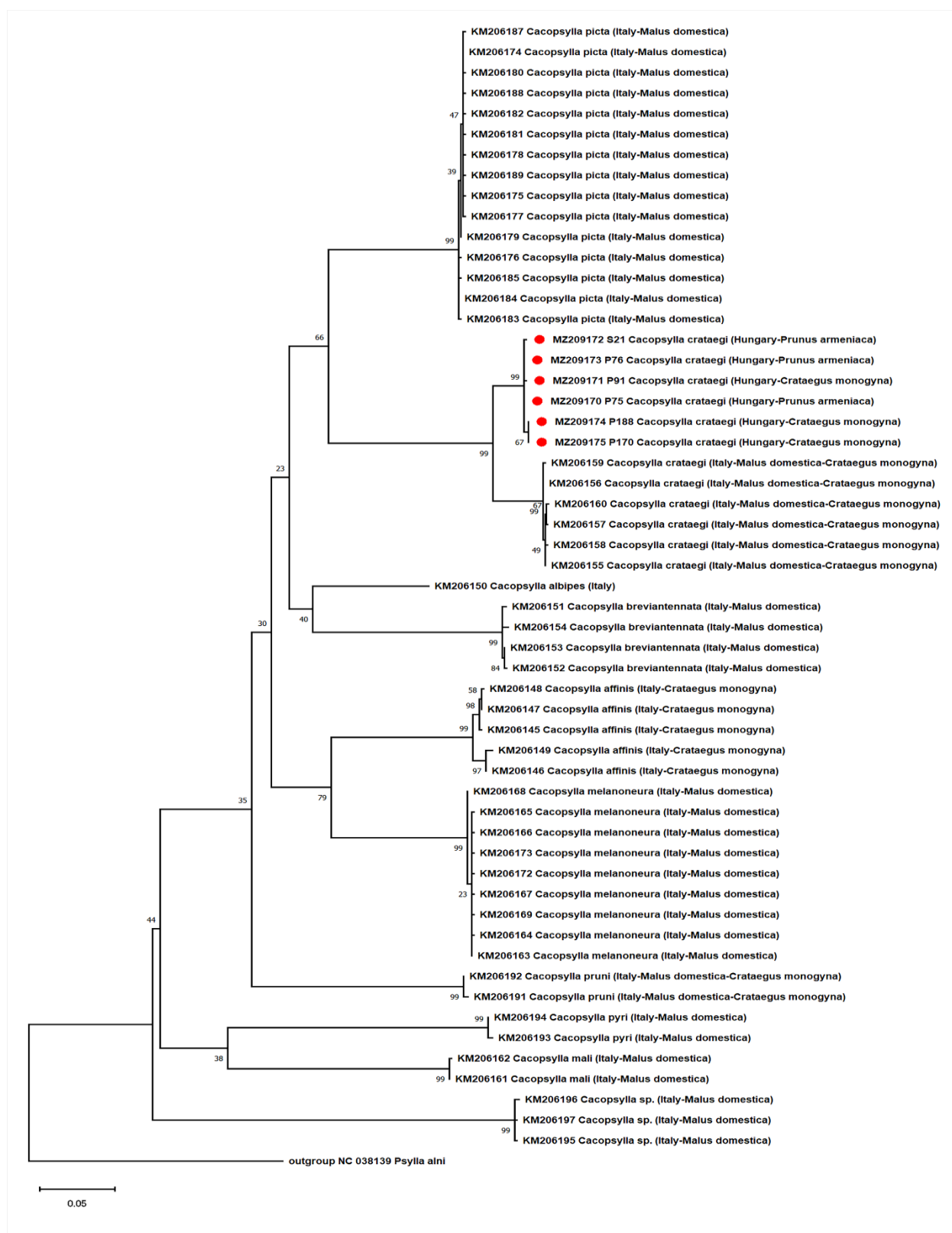
Jelmagyarázat: *szignifikáns különbség $p < 0,05$ érték mellett. *** Szignifikáns különbség $p < 0,001$ érték mellett.

M30. melléklet A nyugalmi és vegetációs időszakokban megvizsgált anyafák 'Candidatus
Phytoplasma prunorum' kimutatás eredményei mintázási időpontonként

Mintázott lombkorona rész	2015	2016								2017			
	Dec.	Jan.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Szept.	Okt.	Dec.	Jan.	Márc.	Ápr.	Máj.
I. Anyafa													
Alsó szint	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+
Középső szint	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+
Felső szint	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	
II. Anyafa													
Alsó szint	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	+
Középső szint	N.v.	N.v.	N.v.	N.v.	N.v.	N.v.	N.v.	N.v.	N.v.	N.v.	N.v.	N.v.	N.v.
Felső szint	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
III. Anyafa													
Alsó szint	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+
Középső szint	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
Felső szint	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-
IV. Anyafa													
Alsó szint	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Középső szint	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+
Felső szint	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+

Jelmagyarázat: „+” Pozitív kimutatási eredmény. „-” Negatív kimutatási eredmény. „N. v.” Nem vizsgált.

M31. melléklet A 758–760 bázispár hosszúságú *Cacopsylla* szekvenciák Maximum Likelihood törzsfája



Megjegyzés: a törzsfát Hasegawa-Kishino-Yano nukleotid szubsztitúciós modellel gammaeloszlással, invariáns helyekkel építettünk fel és 1000 ismétléses Bootstrap módszerrel teszteltük. A csoporton kívüli referencia mintának egy *Psylla alni* (referencia szekvencia azonosító: NC_038139) mintát választottunk. A Bootstrap-értékek az ágakon százalékban vannak feltüntetve. Az izolátumainkat piros pontokkal jelöltük (•).

M32. melléklet A *Cytospora* tenyészetek morfológiai jellemzői

Izolátum neve	Telep színe	Telep széle	Telep felülete	Légmicélium	Termőtestek
A1s	piszkosfehér	ép	bőrszerű, sugarasan. gyengén barázdált	dús	ritka
A3s	sötétszürke	ép	sugarasan barázdált, bársonyos	nincs	ritka
A4s	sötétbarna	hullámos	sugarasan barázdált, bársonyos	nincs	ritka
B3s	zöldes-szürkésbarna	ép	bőrszerű, sugarasan, barázdált	nincs	ritka
B4s	kívül sárgásbarna, közepén barnás-fehér	ép	bőrszerű, sugarasan barázdált	gyér	ritka, a telep szélén
B5s	világosszürke	ép	bőrszerű, sugarasan, gyengén barázdált	dús	ritka
B6s	szürkésbarna	ép	sugarasan barázdált, bársonyos	gyér	sűrű, az egész telepen
B7s	barnásfehér	ép	bőrszerű, sugarasan barázdált	dús	ritka, közepén elszórtan
C1s	sötétbarna	ép	sugarasan, gyengén barázdált, bársonyos	nincs	sűrű, telep közepe körül
C2s	zöldes-szürkésbarna	ép	sugarasan barázdált, bársonyos	nincs	nagyon ritka
C3s	sárgásbarna	hullámos	nem barázdált, bársonyos	nincs	ritka, közepén elszórtan
C4s	sötétbarna	ép	sugarasan barázdált, bársonyos	nincs	ritka
C7s	krémbarna	ép	nem barázdált, bársonyos	nincs	kevés, közepén elszórtan
C8s	külső zónában krémszínű, középső zónában világosbarna, belső zónában krémszínű	ép	nem barázdált, bársonyos	nincs	néhány, elszórtan az egész telepen
E1s	krémszínű	hullámos	sugarasan barázdált, bársonyos	nincs	ritka, elszórtan az egész telepen
E2s	kívül kevés világosbarna, amelyet, barna részek törnek meg, közepén barna	ép	nem barázdált, bársonyos	nincs	kevés, főként a telep szélén
E3s	kívül krémbarna, közepén kicsi sötétbarna	ép	nem barázdált, bársonyos	nincs	kevés, elszórtan az egész telepen
F2s	kívül piszkosfehér, közepén szürke	ép	bőrszerű	dús	sűrű, a telep közepén
F3s	piszkosfehér	ép	bőrszerű, sugarasan, gyengén barázdált	dús	ritka
F4s	sötétbarna	ép	sugarasan, gyengén barázdált	nincs	ritka
F5s	szürkésbarna	hullámos	bőrszerű, sugarasan barázdált	nincs	ritka
F6s	mogyoróbarna	hullámos	nem barázdált, bársonyos	nincs	ritka, közepén elszórtan
F7s	kívül vörösesbarna, közepén piszkosfehér	ép	nem barázdált, bársonyos	gyér	ritka, az egész telepen
F11s	kívül világosbarna, közepén sötétebb barna	ép	nem barázdált, bársonyos	nincs	kevés, elszórtan az egész telepen

Izolátum neve	Telep színe	Telep széle	Telep felülete	Légmicélium	Termőtestek
G1s	kívül világosbarna, közepe fele folyamatosan sötétedő barna	ép	sugarasan, enyhén barázdált, bársonyos	nincs	kevés a telep közepén
G2s	kívül krémszínű, közepén világosbarna	hullámos	sugarasan, enyhén barázdált, nemezes	nincs	kevés, elszórtan az egész telepen
G3s	kívül világosbarna, közepén barna	ép	nem barázdált, bársonyos	nincs	kevés a telep szélén

M33. melléklet A *Cytospora sorbicola* G3s izolátummal elvégzett mesterséges fertőzésekből visszaizolált kórokozó β -tubulin gén szekvenciájának BLAST-analízis eredménye

Izolátum neve	Izolátum szekvenciája	A legnagyobb hasonlóságot mutató NCBI szekvencia neve	NCBI szekvencia azonosítója	Azonosság (%)	Kórokozó
K1s	GGCACATCAA GCAGTCCTCC GAGCTGTCAC CGCCACCGTC TTCAGCTTTA CTGACGGGCT TTCTTCC	<i>Cytospora sorbicola</i> isolate RGM 3389, RGM 3392 - 3394, 3396 - 3400	OR296601.1, OR078454.1, OR078453.1, OR078451.1-OR078446.1	100	<i>Cytospora sorbicola</i>
K2s					

M34. melléklet A kezelések, valamint az idő hatása az érdi izolátum tenyészetek átmérőire a „korai” (2-7. nap) és a „késői” (5-7. nap) csoportokban

Vizsgálat i csoport	Korai											
Vizsgálat i napok	2. nap			3. nap			4. nap			5. nap		
Kezelések	Átlag átmérő (mm)		Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)		Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)		Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)		Kezelés / Idő hatás
	Szórás			Szórás			Szórás			Szórás		
Kontroll	28,59		Ca	45,66		Cb	59,56		Dc	79,03		Dd
	2,47			3,58			2,43			3,64		
10%-os réz + mankocsb	19,90		Ba	32,20		Bb	48,10		Cc	63,35		Cd
	1,37			1,75			2,59			2,66		
10%-os rézhidroxid	19,30		Ba	31,35		Bb	43,15		Bc	58,25		Bd
	2,02			2,55			2,35			2,34		
10%-os tribázikus rézsulfát-1	16,50		Aa	23,44		Ab	29,50		Ac	35,63		Ad
	0,85			0,98			1,10			0,69		
10%-os tribázikus rézsulfát-2	40,19		Ae	45,75		Af	40,19			40,19		
	1,41			1,28			1,10			0,69		
Vizsgálat i csoport	Késői											
Vizsgálat i napok	5. nap			6. nap			7. nap					
Kezelések	Átlag átmérő (mm)		Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)		Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)		Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)		Kezelés / Idő hatás
	Szórás			Szórás			Szórás			Szórás		
50%-os réz + mankocsb	14,40		Ba	19,05		Bb	24,10		Cc	29,65		Cd
	9,50			11,60			16,10			21,65		
50%-os rézhidroxid	1,20		Aa	1,66		Ab	1,97		Bc	2,32		Cd
	1,01			0,99			0,80			0,69		
10%-os tribázikus rézsulfát-2	1,88		Ba	1,48		Bb	1,15		Cc	0,80		Cd
	1,88			1,48			1,15			0,80		

Vizsgálati csoport	Összesített								
Vizsgálati napok	5. nap			6. nap			7. nap		
Kezelések	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás
Kontroll	79,03	3,64	Fa	84,03	1,12	Ea	84,69	1,01	Fb
10%-os réz + mankoceb	63,35	2,66	Ea	77,45	2,65	Db	82,65	3,22	EFc
10%-os rézhidroxid	58,25	2,34	Da	68,40	4,47	Cb	76,50	7,36	Ec
10%-os tribázikus rézsulfát-1	35,63	0,69	Ca	40,19	1,41	Bb	45,75	1,28	Dc
50%-os réz + mankoceb	14,40	1,88	Ba	19,05	1,48	Bb	24,10	1,15	Cc
50%-os rézhidroxid	9,50	1,20	Aa	11,60	1,66	Ab	16,10	1,97	Bc
10%-os tribázikus rézsulfát-2	9,95	1,01	Aa	12,10	0,99	Ab	13,55	0,80	Ac

Jelmagyarázat: A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek. Nagybetűk: kezelések hatása (Games-Howell, $p < 0,05$), kisbetűk: az idő hatása (Bonferroni, $p < 0,05$).

M35. melléklet A kezelések, valamint az idő hatása a pomázi izolátum tenyészeinek átmérőire a „korai” (2-6. nap) és a „késői” (4-7. nap) fázisban

Vizsgálati csoport		Korai														
Vizsgálati napok		2. nap			3. nap			4. nap			5. nap			6. nap		
Kezelések		Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás
Kontroll		40,90	16,88	Ca	54,40	20,97	Ca	68,70	6,82	Cb	79,50	2,99	Cc	83,30	2,26	Cd
10%-os rézhidroxid		35,20	2,21	Ca	51,40	2,64	Cb	63,65	4,44	Cc	78,85	2,12	Cd	82,90	1,29	Ce
10%-os mankoceb		17,60	3,84	Ba	23,90	3,58	Bb	30,15	6,46	Bc	43,70	6,92	Bd	54,75	8,69	Be
10%-os réz + mankoceb		8,35	2,19	Aa	11,20	3,85	Ab	17,60	7,89	Ac	22,60	9,66	Ad	31,15	8,76	Ae
Vizsgálati csoport		Késői														
Vizsgálati napok		4. nap			5. nap			6. nap			7. nap					
Kezelések		Átlag átmérő	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő	Szórás	Kezelés / Idő hatás
100%-os mankoceb		12,88	1,03	Ba	15,38	3,82	Aa	22,75	4,65	ABa	25,75	4,43	Ba			
50%-os mankoceb		9,65	0,67	Aa	12,70	1,78	Ab	19,05	1,71	Bc	22,70	3,23	Bd			
10%-os tribázikus rézsulfát-I		10,00	1,41	Aa	12,44	1,80	Aab	13,38	1,22	Ab	14,88	0,83	Ac			

Vizsgálati csoport	Összesített								
Vizsgálati napok	4. nap			5. nap			6. nap		
Kezelések	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás
Kontroll	68,70	6,82	Da	79,50	2,99	Cb	83,30	2,26	Dc
10%-os rézhidroxid	63,65	4,44	Da	78,85	2,12	Cb	82,90	1,29	Dc
10%-os mankoceb	30,15	6,46	Ca	43,70	6,92	Bb	54,75	8,69	Cc
10%-os réz + mankoceb	17,60	7,89	Ba	22,60	9,66	Ab	31,15	8,76	Bc
100%-os mankoceb	12,88	1,03	Ba	15,38	3,82	Aa	22,75	4,65	ABa
50%-os mankoceb	9,65	0,67	Aa	12,70	1,78	Ab	19,05	1,71	ABc
10%-os tribázikus rézsulfát-	10,00	1,41	Aa	12,44	1,80	Aab	13,38	1,22	Ab

Jelmagyarázat: A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek. Nagybetűk: kezelések hatása (Games-Howell, $p < 0,05$), kisbetűk: az idő hatása (Bonferroni, $p < 0,05$).

M36. melléklet A kezelések, valamint az idő hatása a soroksári izolátum tenyészeteknek átmérőire a „korai” (2-4. nap) és a „késői” (4-6. nap) csoportokban

Vizsgálai csoport	Korai								
Vizsgálai napok	2. nap			3. nap			4. nap		
Kezelések	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás
Kontroll	37,25	4,95	Ca	76,00	5,83	Cb	83,63	2,07	Cc
10%-os rézhidroxid	19,70	1,96	Ba	40,10	5,70	Bb	52,55	4,99	Bc
10%-os réz + mankoceb	15,75	0,82	Aa	24,60	2,63	Ab	32,75	0,89	Ac
Vizsgálai csoport	Késői								
Vizsgálai napok	4. nap			5. nap			6. nap		
Kezelések	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás
10%-os rézhidroxid	52,55	4,99	Ca	59,40	3,24	Cb	74,90	5,09	Cc
10%-os réz + mankoceb	32,75	0,89	Ba	38,55	1,50	Bb	47,40	3,13	Bc
10%-os tribázikus rézsulfát-1	8,75	0,46	Aa	8,75	0,46	Ab	9,69	0,65	Ac

Jelmagyarázat: A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek. Nagybetűk: kezelések hatása (Games-Howell, $p < 0,05$), kisbetűk: az idő hatása (Bonferroni, $p < 0,05$).

M37. melléklet A kezelések, valamint az idő hatása a sóskúti izolátum tenyészetekének átmérőire az 1-5. nap során

Vizsgálati napok	1. nap			2. nap			3. nap			4. nap			5. nap		
Kezelések	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás	Átlag átmérő (mm)	Szórás	Kezelés / Idő hatás
	16,20	2,96	Da	39,75	2,69	Eb	61,55	5,03	Ec	68,80	6,00	Dd	83,15	0,88	Ee
	14,00	0,58	BCDa	28,35	1,45	Db	42,70	1,92	Cc	54,05	1,62	Cd	80,20	3,50	DEe
	15,10	1,68	CDa	16,40	1,49	Ab	23,27	3,17	Ac	29,40	6,19	Ad	32,95	7,35	Ae
	13,80	0,54	BCa	26,80	1,38	Db	31,51	2,74	Bc	35,20	1,77	ABd	43,70	2,23	Be
	8,00	0,82	Aa	18,90	1,49	Bb	53,15	1,80	Dc	62,95	2,88	Dd	77,35	3,11	De
	12,80			22,50			28,85			39,20			53,50		
	1,03			0,82			1,47			2,21			1,72		
	Ba			Cb			Bc			Bd			Ce		

Jelmagyarázat: A különböző betűk szignifikánsan különböző csoportokat jelölnek. Nagybetűk: kezelések hatása (Games-Howell, $p < 0,05$), kisbetűk: az idő hatása (Bonferroni, $p < 0,05$).

11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, Dr. Horváthné Petróczy Mariettának és Dr. Nagy Géának, hogy kísérleteim kivitelezésében segítséget nyújtottak, munkám során szakmai tudásukkal folyamatosan támogattak és azt az áldozatos munkájukat, amellyel segítették közös cikkjeink és disszertációm megírását.

Köszönöm Dr. Ladányi Mártának és Dr. Markó Gábornak az adataim statisztikai kiértékelésében nyújtott segítségüket.

Köszönöm Dr. Palkovics Lászlónak, Dr. Ágoston Jánosnak, Dr. Péntes Bélának és Dr. Fail Józsefnek, hogy szakmai útmutatást nyújtottak közös cikkjeink megírásában.

Köszönöm továbbá a Magyar Agrár- és Társadalomtudományi Egyetem Növényvédelmi Intézet, Növénykórtani- és Rovartani Tanszék jelenlegi és volt munkatársainak, névszerint Dr. Karacs-Végh Anitának, Dr. Pájtli Évának, Koósné Dr. Szathmáry Erzsébetnek, Dr. Tóth Annamáriának, Dr. Ádám Jánosnak, Dr. Lantos Annának, Dr. Tenorio-Baigorria Imolának, Kocsis Ivettnak, Szendrei Lillának, Fodor Attilának, Scherman Jakabnak, Dr. Bagi Biankának, Koczor Ádámnak, Izsépi Ferencnek, Károly-Kátai Lászlónak, Madura Gerdának, Radácsiné Dr. Hári Katinak, Sojnóczki Annamáriának, Oláh Richárdnak, Dr. Farkas Péternek, hogy a laboratóriumi munkákban, illetve az eredmények elemzésében segítséget nyújtottak.

Szeretném megköszönni a közös munkát kollégáinknak, volt hallgatóinknak, névszerint Gyócsi Piroskának, Kiss Annának, Márton Viviennek, Reichhardt Borbálának, Maitz Miklósnak, hogy áldozatos munkájukkal segítették a kísérletek kivitelezését, valamint, hogy nagy gonddal írták meg diplomamunkájukat.

Köszönöm a MATE Szőlészeti és Borászati Intézet, Szőlészeti Tanszék volt munkatársának, Dr. Ember Ibolyának, hogy szakmai útmutatásával segítette a '*Candidatus Phytoplasma prunorum*' kórokozóval kapcsolatos vizsgálatainkat.

Köszönöm szakmai útmutatásukat az ELKH, ATK Növényvédelmi Intézet jelenlegi és volt munkatársainak: Dr. Viczián Orsolyának, Dr. Mergenthaler Emesének, Tibenszky Dr. Kiss Emesének, Dr. Schwarczinger Ildikónak, Dr. Bodnár Dominikának és Dr. Barna Balásznak.

Köszönöm Makay Miklósnak, Dr. Péntes Bélának, valamint a MATE Soroksári Tangazdaságának, hogy a kajsziültetvényeikben minta gyűjtéseket hajthattam végre. Köszönöm a Sósút Fruct kft.-nek, kiemelten Tomcsányi Pálnak és Pálfi Péternek, hogy több kísérletemhez is helyet és növényanyagot biztosítottak, továbbá hogy a kajsziültetvényben mintázásokat végezhettem.

Köszönöm Marton Balázs Marcellnek és Dr. Gutermuth Ádámnak, hogy növényanyagokkal, valamint kísérlet beállítással segítették vizsgálataimat.

Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni családomnak, Koncz László Károlynak, Koncz László Károlynénak, Maurer-Koncz Tímeának, Maurer Károlynak, Maurer Dánielnek, Mauer Annának, Maurer Lillának, Jelesné-Koncz Erikának, Jeles Gábornak, Jeles Júliának, Jeles Gábornak, Schulcsik Károlynak, Schulcsik Károlynénak, hogy a rengeteg lemondás és áldozat ellenére mindvégig támogattak, megértéssel áltak munkámhoz, helyzetemhez.