



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

**Jelentős levéltetűfajok elterjedését és kártételét befolyásoló tényezők alma-
és kajsziültetvényekben**

Borbély Csaba

Budapest

2023

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: növénytermesztési és kertészeti tudományok

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

Témavezető(k): Dr. Markó Viktor
egyetemi tanár
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet,
Rovartani Tanszék

.....

Az iskolavezető jóváhagyása

.....

A témavezető jóváhagyása

1. A munka előzményei, célkitűzések

A zöld almalevéltetű (*Aphis pomi* De Geer) és a zöld gyöngyvessző levéltetű (*Aphis spiraecola* Patch) az alma gyakori és jelentős kártevői Európában és a világ több almatermő régiójában. A két faj által okozott közvetlen kártétel megegyezik: a levelek enyhe kanalasodása, a hajtás torzulása, a levelek csökkenő klorofilltartalma, csökkenő növekedési erély és asszimilátum-felhalmozás, de nagy populációk esetén közvetlen gyümölcskár is előfordulhat (Varn és Pfeiffer, 1989; Kaakeh et al. 1992, 1993). Ezzel szemben a két faj származása és biológiai paraméterei nagymértékben eltérnek. Az *A. pomi* palearktikus eredetű, Európában őshonos levéltetűfaj (Baker és Turner, 1916), míg a kelet-ázsiai, szubtrópusi eredetű *A. spiraecola* Európában az elmúlt évtizedekben inváziós fajként délről észak felé terjeszkedett (Rakauskas et al. 2015; CABI, 2023). A két faj életmódja is jelentősen eltér: az *A. pomi* oligofág levéltetű, mely teljes életciklusát almatermésű gazdanövényeken tölti (Baker és Turner, 1916), míg az *A. spiraecola* polifág, tápnövényváltó faj, melynek téli gazdanövényei a mérsékelt égövben a gyöngyvessző fajok, míg az alma egyike számtalan nyári tápnövényének (Blackman és Eastop, 2010). Ugyanakkor egyes szerzők megfigyelték a faj almán, mint elsődleges tápnövényen való áttelelési képességét is a világ több pontján (Miller et al. 1926; Komazaki, 1982; Pfeiffer et al. 1989). Észak-Amerikában az *A. spiraecola* megjelenését követően a korábban nagyon elterjedt *A. pomi* aránya a zöld levéltetű komplexen belül néhány év alatt drasztikusan lecsökkent, a két faj között dominanciacsere történt (Pfeiffer et al. 1989; Brown et al. 1995; Mayer és Lunden, 1996). A dominanciacsere egyik oka az *A. spiraecola* több szerző által is megfigyelt jobb alkalmazkodási képessége, növényvédőszerrel szemben mutatott nagyobb toleranciája, valamint almán való áttelelési képessége lehetett (Hogmire et al. 1992; Lowery et al. 2006).

Mind az *A. pomi*, mind az *A. spiraecola* hazánkban mutualista közösséget alkot hangyákkal, leggyakrabban a közönséges feketehangyával (*Lasius niger* L.). A hangyák a levéltetvek által biztosított szénhidrátforrásért cserébe megvédik a levéltetűkolóniákat a különböző ragadozó szervezetektől, emellett fontos szerepet játszanak a kolónia higiéniájának fenntartásában is (Delabie, 2001). Amennyiben ezt a mutualista kapcsolatot valamilyen módon sikerül megzavarni (például a hangyák fizikai kizárásával, vagy csalogatóanyaggal történő „eltérítésével”), a levéltetvekre nehezedő nagyobb predációs nyomás révén a levéltetűegyedek száma jelentősen csökkenthető (Nagy et al. 2013; 2015).

Az *A. spiraecola*hoz hasonlóan, európai kajsziültetvényekben is terjedőben van egy új, szintén kelet-ázsiai eredetű levéltetűfaj, a kajszi levéltetű (*Myzus mumecola* Matsumura). Az új kártevőt 2016-ban találták meg Olaszországban Európában elsőként, ahol korábban nem tapasztalt jelentős közvetlen károkat okozott az ültetvényekben (Panini et al. 2017). A kevésbé ismert faj európai elterjedésének, életmódjának és az általa okozott kártétel jobb megismerése növényvédelmi szempontból is nagyon jelentős kutatási irányok a jövőre nézve.

Vizsgálataink során a következő kérdésköröket vizsgáltuk:

- A zöld gyöngyvessző levéltetű (*A. spiraecola*) európai elterjedtségének faunisztikai felmérése különböző tápnövényeken,
- A zöld gyöngyvessző levéltetű (*A. spiraecola*) áttelelési stratégiájának felderítése hazai körülmények között,
- Zöld levéltetű-együttesek faji összetételét, abundanciáját és fitneszét meghatározó klimatikus, ökológiai és termesztési tényezők szerepének tisztázása almaültetvényekben, Európában,

- Két környezetbarát, a hangya-levéltetű kapcsolat megzavarásán alapuló módszer (palackos önitató és cukoroldatos agarzselé kocka) hatékonyságának tesztelése az almán élő zöld levéltetű-együttes szabályozására ökológiai almaültetvényben,
- A kajszi levéltetű (*M. mumeicola*) hazai megjelenésének detektálása, életmódjának és egyes kajszi fajta kártevővel szembeni érzékenységének felmérése, a szilvahimlő (*Plum Pox Virus*, PPV) kórokozójának kimutatása a kártevő testéből.

2. Anyag és módszer

2.1. Az *Aphis spiraecola* európai elterjedtsége

Az *A. spiraecola* faunisztikai felmérését öt európai országban (Koszovó, Szlovákia, Csehország, Egyesült Királyság, Dánia) három év tenyészidőszakában, különböző tápnövényeken egyeléses módszerrel végzett mintagyűjtéssel mértük fel. A begyűjtött levéltetűegyedeket morfológiai és molekuláris (COI fragmentum) úton azonosítottuk.

2.2. Az *Aphis spiraecola* áttelelési stratégiája hazai körülmények között

Az *A. spiraecola* almán, mint elsődleges tápnövényen való áttelelési képességét tíz hazai helyszínen hét év áprilisában végzett mintagyűjtéssel vizsgáltuk. A mintavétel során csak az ősanákat, valamint az első leánynemzedék kifejlett egyedeit gyűjtöttük be egyeléses módszerrel, majd a levéltetűeket morfológiai úton azonosítottuk.

2.3. A zöld levéltetű-együttes faji összetételének, abundanciájának és fitneszének felmérése európai almaültetvényekben

A felmérést tizenkét európai régió (tíz ország) 44 almaültetvényében végeztük. Az egyes régiókban 2–2 ültetvényt vizsgáltunk, melyek egyik tagja mindig konvencionális vagy integrált növényvédelmű, míg másik tagja ökológiai növényvédelmű ültetvény volt.

A kijelölt ültetvényekben két tenyészidőszakban (2018 és 2019), évi négy alkalommal történt mintavétel (május, június, július és szeptember hónapokban). A mintavételek során tíz véletlenszerűen kiválasztott fa tíz hajtásvégén felmértük az ültetvény növekedésének intenzitását, majd a tíz fa három véletlenszerűen kiválasztott hajtásvégén megbecsültük a zöld levéltetűk abundanciáját az egyes ültetvényekben. A mintavételt 33 véletlenszerűen kiválasztott kolóniából végeztük, kolóniánként 3 (a kolónia mérete < 100 egyed) vagy 20 (a kolónia mérete ≥ 100 egyed) kifejlett szárnyatlan levéltetűt gyűjtöttünk be. A levéltetűegyedeket morfológiai úton azonosítottuk, majd fitneszt jelző paraméterként lemértük hátsó lábszáruk hosszát. Háttéradatként rögzítettük a mintavétel idejét, illetve az ültetvény bioklimatikus besorolását [ehhez két, Európát bioklimatikus zónákra felosztó modellt: Metzger et al. (2005) és Botti (2018) használtunk], valamint az ültetvény termesztési módját (integrált/ökológiai) is.

Az adatokat általános kevert hatású és lineáris kevert hatású modellek segítségével elemeztük.

2.4. Hangya cukoretetéses vizsgálat

A vizsgálatot egy újfelhértői ökológiai növényvédelemben részesített almaültetvényben végeztük két év (2014 és 2015) tenyészidőszakában, 'Prima' és 'Remo' fajtákon. A vizsgálatot megelőzően felmértük a hangyadolgozók jelenlétét a kiválasztott, két szomszédos almafából

álló parcellákban. A vizsgálat során kétféle cukoretetési mód, a 30 m/V%-os szacharózoldattal töltött palackos önitató, és a 30 m/V%-os szacharóz oldatból főzött, a fák törzséhez kihelyezett agarzseléköcka hatékonyságát hasonlítottuk kezeletlen kontroll parcellákhoz. A zöld levéltetvek betelepülése az ültetvénybe a természetes úton történt. Az egyes kezelésekből részesített parcellákban a levéltetvek abundanciáját, a kolóniákon és az etetőkön tartózkodó hangyadolgozók számát, valamint a kolóniákon tartózkodó ragadozók számát mindkét vizsgálati évben két alkalommal (június és július) mértük fel. A hangyák és természetes ellenségek esetében nappali és éjszakai felvételezést is végeztünk.

Az egyes kezelések levéltetvekre, hangyadolgozókra és természetes ellenségekre kifejtett hatását többletényező varianciaanalízissel és Games-Howell post hoc tesztekkel elemeztük.

2.5. A kajszi levéltetű (*Myzus mumecola*) hazai megjelenése, életmódja és kártétele

A kártevő hazai tömeges megjelenésekor (2020 tavasza) az ország különböző régióiban vettünk mintákat levéltetűkolóniákból. A *M. mumecola* azonosítását morfológiai és molekuláris (COI fragmentum) úton végeztük. 18 kiválasztott kajszifán március végétől június végéig nyomon követtük a kártevő fejlődését, az egyes alakok megjelenését, valamint az okozott közvetlen kártétel alakulását. 2020 júliusában a kárképtűnetek alapján öt hazai kajsziültetvény 13 fajtáján hasonlítottuk össze az egyes kajszifajták kártevővel szembeni érzékenységét. Molekuláris úton, kétlépcsős PCR és PPV-specifikus primerpár segítségével megkíséreltük kimutatni a PPV vírus jelenlétét a korábban begyűjtött levéltetvek testéből, a detektált vírusok konkrét törzsének meghatározását restrikciós hasítással végeztük.

3. Eredmények és megvitatásuk

3.1. Az *Aphis spiraecola* európai elterjedtsége

Az *A. spiraecola* jelenlétét faunára új fajként igazoltuk Koszovó (alma; 2 helyszín), Szlovákia (alma, birs, kerti gyöngyvirág; 4 helyszín), Csehország (alma; 2 helyszín) és Dánia (alma; 1 helyszín) területén, míg az Egyesült Királyság területén igazoltuk a faj stabil megtelepedését és kolóniaképzését almán, birszen, körtén és tűztövisen (6 helyszín). Eredményeinket az irodalmi adatokkal (Rakauskas et al. 2015; CABI, 2023) összevetve látható, hogy az *A. spiraecola* mára elterjedt fajjá vált egész Európában, megjelenésére a kontinens bármely régiójában számítani lehet.

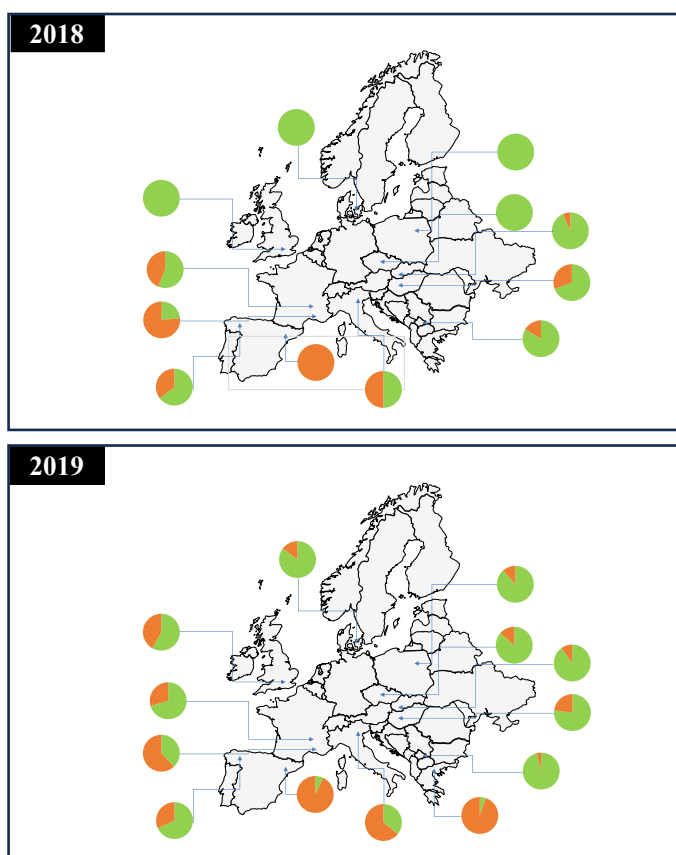
3.2. Az *Aphis spiraecola* áttelelési stratégiája hazai körülmények között

Vizsgálataink során összesen 114 kolóniából 1126 levéltetűegyedet gyűjtöttünk be, melyek mindegyike az *A. pomi* fajba tartozott, vagyis az *A. spiraecola* más szerzők által jelzett almán való áttelelési képességét (Miller et al. 1926; Komazaki, 1982; Pfeiffer et al. 1989) Európában nem tapasztaltuk. Ennek magyarázata lehet, hogy a korábbi tanulmányok nem foglalkoztak ilyen átfogóan ezzel a kérdéskörrel, így elképzelhető, hogy a faj sokkal kisebb arányban telel almán, mint ahogyan azt a korábbi vizsgálatok eredményei sejtették. Lehetséges magyarázat még a faj nagyobb genetikai változékonysága és tápnövény-specifikus biotípusainak (Komazaki, 1990; Li et al. 2019) szétválása: ha az almán áttelelni képes biotípus nem települt be Európába, az megmagyarázza a telelés hiányát ezen a tápnövényen.

3.3. A zöld levéltetű-együttes faji összetételének, abundanciájának és fitnessének felmérése európai almaültetvényekben

Eredményeink szerint az *A. spiraecola* és az *A. pomi* arányát szignifikánsan befolyásolta az ültetvény klímája: mindkét klímabesorolási modell esetén az *A. spiraecola* volt a domináns faj a meleg és száraz, míg az *A. pomi* a hűvös és nedves éghajlati övekben. Ezen két szélsőérték között az *A. spiraecola* aránya nagy fluktuáció mellett csökkenő tendenciát mutatott, vagyis ezekben a köztes régiókban, egyes években és ültetvényekben az egyik, vagy a másik faj is dominánssá válhatott.

A két faj almaültetvényekben megfigyelhető arányának alakulását Európa térképén ábrázolva (1. ábra) látható, hogy az *A. spiraecola* aránya erősen csökken, míg az *A. pomi* aránya erősen növekszik egy észak-déli grádiens mentén. Az *A. spiraecola* Európában csak a déli, kis tengerszint feletti magasságú régiókban vált domináns fajjává az *A. pomival* szemben, míg utóbbi megőrizte dominanciáját Közép- és Észak-Európában, valamint a nagyobb tengerszint feletti magasságba telepített ültetvényekben, vagyis az Észak-Amerikában tapasztalthoz hasonló dominanciacsere Európában nem következett be. Ennek valószínűsíthető oka a két faj eltérő származása (az *A. pomi* őshonos Európában), eltérő megtelepedése (az *A. spiraecola* később jelent meg Európában), a két kontinensen mutatott eltérő életmódja (az *A. spiraecola* Európában nem telel almán) és eltérő peszticidérzékenysége (az *A. spiraecola* nagyobb peszticidrezisztenciája Észak-Amerikában) lehet. A vizsgált két évben a két faj arányának eltéréseire talán a két év során összeadódó aszály (Hari et al. 2020), vagy az Észak-Atlanti Oszcillációból adódó eltérések (Climate Compact Company, 2023) adhatnak magyarázatot.



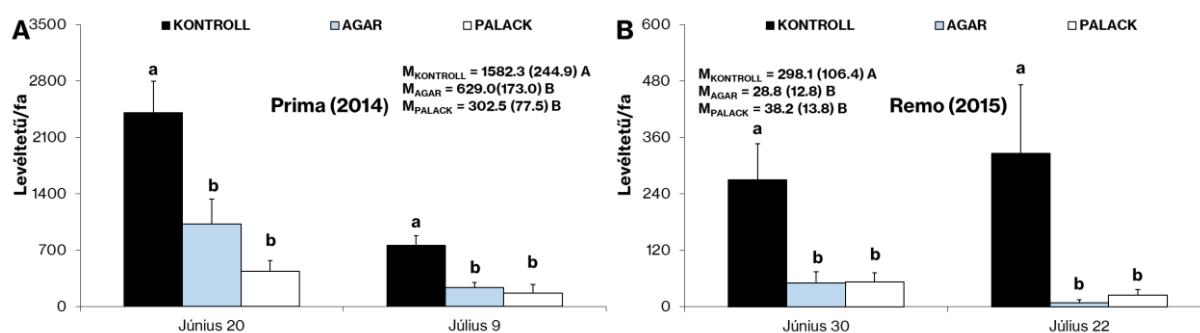
1. ábra: Az *A. spiraecola* és az *A. pomi* elterjedtsége és dominanciája európai almaültetvényekben 2018-ban és 2019-ben (zöld: *A. pomi*, narancssárga: *A. spiraecola*)

A növekvő hajtások átlagos aránya a vizsgált ültetvényekben májusban volt a legnagyobb, és szignifikánsan csökkent a tenyészidőszak folyamán. Ezt szorosan követte mindkét levéltetűfaj megjelenési valószínűségének (jelenlét-hiány) és hátsó lábszárhosszának csökkenése. Ugyanakkor az átlagos abundanciájuk maximuma egy hónappal később, júniusban mutatkozott. A megfigyelt mintázat egybevág a két faj hazánkban mutatott életciklusával, és egyben jelzi, hogy mindkét faj teljesítménye erősen függ a tápnövény növekedési erélyétől. Az *A. spiraecola* korábbi szerzők által megfigyelt, a hajtásnövekedés csökkenésével szemben mutatott jobb tűrőképességére (Komazaki, 1988; Gao et al. 2020) nem találtunk bizonyítékot az európai almaültetvényekben végzett vizsgálataink során. Az abundancia maximumának egy hónapos csúszását a májusi betelepülést követő felszaporodási időszak (Komazaki 1988) magyarázhatja.

A kétféle termesztési mód hatásainak összehasonlítása során kapott eredményeink nem utalnak arra, hogy az *A. spiraecola* az *A. pominal* jobban tolerálna az Európában is széles körben alkalmazott inszekticid-hatóanyagokat (Hogmire et al. 1992; Lowery et al. 2006). Ennek oka a többek között a két faj Európában mutatott eltérő tápnövénytípusa (az *A. spiraecola* fogékony törzsei inkább fennmaradhatnak alternatív tápnövényeken), és az *A. spiraecola* később bekövetkező európai elterjedése lehetnek.

3.4. Hangya cukoretetéses vizsgálat

Mind a palackos önitatóval, mind az agarzselé kockával végzett cukoretetés jelentősen csökkentette a hangyadolgozók számát a levéltetűkolóniákon, és ennek folyományaként a károsító levéltetvek számát is a vizsgált ültetvényben, mindkét évben (2. ábra). Bár az egyes levéltetűkolóniákon táplálkozó ragadozócsoporthoz felvételezési mintaszáma nem tette lehetővé az adatok fajonkénti statisztikai értékelését, az összesített ragadozó adatokra illesztett statisztikai elemzés kimutatta, hogy az egyes kezelések levéltetveket korlátozó hatása a kezelt fákra táplálkozó levéltetvekre nehezedő nagyobb predációs nyomás következménye.



2. ábra: A zöld levéltetvek (*Aphis* spp.) egyedszáma az egyes etetőtípusokkal kezelt fák (A) 2014-ben és (B) 2015-ben. Az $M_{KONTROLL}$, M_{AGAR} és M_{PALACK} a többszörös varianciaanalízis (Repeated Measures ANOVA) átlag ($\pm$ sztenderd hiba) értékeit mutatják. Az eltérő betűk $p < 0,05$ szinten szignifikáns különbséget jeleznek (kisbetűk: időpontokénti összehasonlítás, nagybetűk: ANOVA).

Eredményeink alátámasztják, hogy a Nagy és munkatársai (2013; 2015) által *Dysaphis* fajokon tesztelt, majd általunk továbbfejlesztett etetési mód hatékonyan működik a *L. niger-Aphis* spp. kapcsolat esetén is, azonban a módszer további fejlesztése (attraktáns hozzáadása,

egyszerűbb és stabilabb kijuttatásmód) szükséges a későbbi esetleges üzemi felhasználását megelőzően.

3.5. A kajszilevéltetű (*Myzus mumecola*) hazai megjelenése, életmódja és kártétele

A *M. mumecola* egyedeit összesen hat, az ország különböző régióiban elhelyezkedő településén (Győr, Györszentiván, Balatonalmádi, Budapest-Budafok, Pomáz, Gönc) gyűjtöttük, emellett jellegzetes kárképtünetei alapján igazoltuk a faj jelenlétét Szentkirályszabadja, Érd, Törökbálint és Budapest-Soroksár helyszíneken is. Európában Olaszország után (Panini et al. 2017) másodikként, Magyarországon elsőként igazoltuk a *M. mumecola* megjelenését, eredményeink szerint a faj napjainkra vélhetően a kajszi országosan elterjedt és gyakori kártevőjévé vált.

Leíró megfigyelésink alapján a *M. mumecola* hazánkban klasszikus tápnövényváltó életmódot folytat, nyári tápnövényköre egyelőre felderítetlen. Az új kártevő, szemben a kajszin korábban eseti jelleggel előforduló levéltetűfajokkal (Pénzes et al. 2003), jelentős közvetlen kártételt is okoz: szívogatásának hatására a kajszi levelei erősen torzulnak, idő előtt lehullanak, a hajtások görbülnek, míg a hajtáscsúcs gyakran visszaszárad, így nemkívánt elágazódásra serkentve a fát. Az általunk vizsgált kajszifajtákat a kárképtünetek súlyossága alapján három csoportba (toleráns, mérsékelten toleráns, fogékony) soroltuk, a különbségeikért vélhetően az egyes fajták élettani vagy genetikai jellemzői lehetnek a felelősek (Dogimont et al. 2010).

A kajszi legfontosabb vírusos betegségének, a PPV vírusnak a D törzsét sikeresen kimutattuk az általunk vizsgált *M. mumecola* egyedek testéből, így a jövőben vélhetően a kártevő vírusvektor szerepére is fokozottan számítanunk kell (Kimura et al. 2016).

4. Következtetések és javaslatok

Végső következtetésként megállapítható, hogy a hazánkba és Európába behurcolt inváziós fajok, köztük az általunk vizsgált *A. spiraecola* és *M. mumecola* is, új élőhelyükön egy komplex ökológiai rendszerbe társulnak be. Ezen rendszerekben a levéltetveket befolyásoló faktorok száma természetesen jelentősen meghaladja a vizsgálataink során elemzett tényezők számát. Eredményeinkből kitűnik ugyanakkor, hogy már néhány tényező (például az élőhely földrajzi elhelyezkedése és bioklimatikus jellemzői, a tápnövény minősége, a termesztési mód, a mutualista hangyapartnerek jelenléte) megváltozása is jelentősen befolyásolhatja az adott faj teljesítményét, és ezáltal kártételét.

Az *A. spiraecola* napjainkra Európa-szerte az almaültetvények elterjedt levéltetűfajává vált, ugyanakkor az Észak-Amerikában tapasztalthoz hasonló dominanciacsere csak a kontinens kis területén következett be. Ennek megfelelően az alma zöld levéltetvek elleni védelmének gerincét továbbra is az *A. pomi* elleni védelem adja. A növényvédelem megszervezésekor figyelembe kell vennünk azonban a két faj Európában mutatott eltérő életciklusát: az egész évben az almaültetvényben tartózkodó *A. pomi* ellen hatásos technológiák egy része (például a tél végi olajos lemosó permetezés) nem hatékony az *A. spiraecola* elleni védelemben, ugyanakkor növelheti a növényvédőszer-rezisztens populációk megjelenési valószínűségét az *A. pomi* esetében.

Az általunk használt palackos önitató és cukoroldatos agarzselé kocka egyaránt hatékonyan bizonyult az alma zöld levéltetvek elleni ökológiai szemléletű védelmében. A két eljárás házikerti körülmények között változtatás nélkül alkalmazható az almafák védelmére,

nagyüzemi felhasználásukra való alkalmazhatóságuk további fejlesztési munkát (olcsóbb és fenntartható előállítás, egyszerűbb és gyorsabb kezelés) igényel.

A kajszi levéltetű hazai megjelenése magával vonta a kajszi növényvédelmi stratégiájának átalakulását: a tavaszi időszakban, az őszyák kelésének idején szükségessé vált egy rovarölőszeres kezelés (engedélyezett hatóanyagok: lambda-cihalotrin, deltametrin, acetamiprid, spirotetramát) beiktatása is a kártevő által okozott közvetlen kártétel megelőzésére. A faj európai expanziója jelenleg is folyik, a közeljövőben vélhetően a kontinens valamennyi kajszitermelő régiójában számítanunk kell kártételére.

5. Új tudományos eredmények

Vizsgálataink során a következő új tudományos eredményeket állapítottuk meg:

- Faunára új fajként, elsőként mutattuk ki az *A. spiraecola* jelenlétét Dániából, Csehországból, Szlovákiából és Koszovóból, míg az Egyesült Királyság esetében bizonyítottuk a faj megtelepedését az ország több régiójában, különböző tápnövényeken.
- Hétéves, az ország különböző pontjain végzett mintavétellel feltártuk az *A. pomi* és *A. spiraecola* hazai telelismódját, igazoltuk, hogy az *A. spiraecola* almán, mint elsődleges tápnövényen, Magyarországon nem, vagy csak elenyésző mértékben telel, így ebben a régióban klasszikus gazdanövényváltó életmódot követ *Spiraea* spp. elsődleges téli tápnövényen.
- Európa 12 földrajzi régiójában (összesen 10 országban, 44 almaültetvényben) végzett mintavételek segítségével felmértük az *A. pomi* és az *A. spiraecola* dominanciájának alakulását Európa különböző éghajlatú és földrajzi elhelyezkedésű almaültetvényeiben. Meghatároztuk különböző bioklimatikus régiók hatását a két faj almaültetvényekben megfigyelhető arányára.
- Feltártuk a gazdanövény hajtásnövekedésének, az ültetvény földrajzi elhelyezkedésének, a tenyészidőszaknak (a mintavétel idejének) és a termesztési módjának hatását a két faj megjelenési valószínűségére, abundanciájára, arányára és fitnessére.
- Egy ökológiai almaültetvényben beállított vizsgálattal igazoltuk a hangyák cukoroldatos etetésének, mint egy környezetbarát, a hangya-levéltetű kapcsolat megzavarásán, és ezáltal a levéltetű kolóniákra nehezedő nagyobb predációs nyomáson alapuló növényvédelmi módszer hatékonyságát az *Aphis* spp. szabályozásában. Az általunk fejlesztett két etetőtípus közül igazoltuk a palackos önitató jobb hatékonyságát az agarzselé kockával szemben a levéltetű populációk szabályozásában.
- Faunára új fajként igazoltuk a *M. mumeicola* megjelenését, Olaszország után Európában másodikként, magyarországi kajsziültetvényekben. Leíró jellemzését adtuk a faj hazai életmódjáról, összehasonlítottuk egyes hazánkban termesztett kajszifajták fogékonyságát az új kártevővel szemben, továbbá az ország különböző pontjain gyűjtött *M. mumeicola* egyedek testéből kimutattuk a PPV vírust (D törzs).

6. Publikációs lista

Doktori vizsgálataim eredményeiből a kézirat lezárásáig (2023.08.27.) a következő tudományos publikációk születtek:

Lektorált, impakt faktoros folyóiratban megjelent közlemény:

- BORBÉLY, C., GYÖRGY, Z., JACOBSEN, S. K., MUSA, F., OUŘEDNÍČKOVÁ, J., SIGSGAARD, L., SKALSKÝ M., MARKÓ, V. (2020): First records of the invasive aphid species, *Aphis spiraecola*, in Kosovo, Slovakia, the Czech Republic, the United Kingdom and Denmark. *Plant Protection Science* 57 (1) 70–74. pp. (Q2)
- BORBÉLY, C., GYÖRGY, Z., SZATHMÁRY, E., MARKÓ, V. (2021): Apricot aphid, *Myzus mumecola* (Matsumura), a new and important pest of apricot in Hungary. *Journal of Plant Diseases and Protection* 128 (3) 781–787. pp. (Q2)
- BORBÉLY, C., NAGY, C. (2022): Providing sugar sources for ants improves the biological control of *Aphis* spp. in apple orchards. *Biological Control* 175, 105056. (Q1)

Lektorált folyóiratban megjelent közlemény:

- BORBÉLY, C., GYÖRGY, Z., SZATHMÁRY, E., MARKÓ, V. (2021): Kajszi levéltetű (*Myzus mumecola*) – új kártevőfaj a hazai kajsziültetvényekben. *Növényvédelem* 82 (5) 193–200. pp.

Konferenciakiadványban megjelent közlemény:

- BORBÉLY, C. (2018): Helyzetértékelés a zöld gyöngyvessző levéltetű (*Aphis spiraecola* Patch; Hemiptera: Aphididae) jelentőségéről hazai almaültetvényekben. *Iffjú Tehetségek Találkozója, Szent István Egyetem, Budapest, 2018. december 7. Konferenciakiadvány*, 13–16. pp. (full paper)
- BORBÉLY, C., MARKÓ, G., LADÁNYI, M., MARKÓ, V. (2022): Analysis of the competition between aphid species *Aphis pomi* De Geer and *Aphis spiraecola* Patch. *Alternative Strategies of Plant Protection Against Invasive Insect Pests, Book of Abstracts*, 12. pp. (absztrakt)

Egyéb közlemény:

- BORBÉLY, C., SZATHMÁRY, E., MARKÓ, V. (2022): Megjelent hazánkban a kajszi levéltetű, a szilvahimlő vírus vektora. Mit tehetnek a kajszi termesztők? *Agrofórum Extra* 95, 30–33. pp.

7. Irodalomjegyzék

1. BAKER, A.C., TURNER, W.F. (1916): Morphology and biology of the green apple aphid. *Journal of Agricultural Research* 5 (21) 955–993. pp.
2. BLACKMAN, R.L., EASTOP, V.F. (2010): Aphids on the World's crops. An identification and information guide. John Wiley and Sons, New York, Egyesült Államok.
3. BOTTI, D. (2018): A phytoclimatic map of Europe. *Cybergeo:European Journal of Geography*.
4. BROWN, M.W., HOGMIRE, H.W., SCHMITT, J.J. (1995): Competitive displacement of apple aphid by spirea aphid (Homoptera: Aphididae) on apple as mediated by human activity. *Environmental Entomology* 24 (6) 1581–1591. pp.
5. CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCE INTERNATIONAL (CABI) (2019): *Aphis spiraecola* (Spirea aphid). CABI Digital Library <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.6221> Hozzáférés: 2023.05.10.
6. CLIMATE COMPACT COMPANY (2023): Persistent 2007–19 NAO pattern during summer may reverse for summer 2020. <https://climateimpactcompany.com/persistent-2007-19-nao-pattern-during-summer-may-reverse-for-summer-2020/> Hozzáférés: 2023.06.28.
7. DELABIE, J.H.C. (2001): Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. *Neotropical Entomology* 30 (4) 501–516. pp.
8. DOGIMONT, C., BENDAHDANE, A., CHOVELON, V., BOISST, N. (2010): Host plant resistance to aphids in cultivated crops: genetic and molecular bases, and interactions with aphid populations. *Comptes Rendus Biologies* 333(6–7) 566–573. pp.

9. GAO, J., ARTHURS, S., MAO, R. (2020): Asymmetric interaction between *Aphis spiraecola* and *Toxoptera citricida* on sweet orange induced by pre-infestation. *Insects* 11 (7) 414. pp.
10. HARI, V., RAKOVEC, O., MARKONIS, Y., HANEL, M., KUMAR, R. (2020): Increased future occurrences of the exceptional 2018–2019 Central European drought under global warming. *Scientific Reports* 10 (1) 12207.
11. HOGMIRE, H.W., BROWN, M.W., SCHMITT, J.J., WINFIELD, T.M. (1992): Population development and insecticide susceptibility of apple aphid and spirea aphid (Homoptera: Aphididae) on apple. *Journal of Entomological Science* 27 (2) 113–119. pp.
12. HULLÉ, M., D'ACIER, A. C., BANKHEAD-DRONNET, S., HARRINGTON, R. (2010): Aphids in the face of global changes. *Comptes Rendus Biologies* 333 (6–7) 497–503. pp.
13. KAAKEH, W., PFEIFFER, D.G., MARINI, R.P. (1992): Combined effects of spirea aphid (Homoptera: Aphididae) and nitrogen fertilization on net photosynthesis, total chlorophyll content, and greenness of apple leaves. *Journal of Economic Entomology* 85 (3) 939–946. pp.
14. KAAKEH, W., PFEIFFER, D.G., MARINI, R.P. (1993): Effect of *Aphis spiraecola* and *A. pomi* (Homoptera: Aphididae) on the growth of young apple trees. *Crop Protection* 12 (2) 141–147. pp.
15. KIMURA, K., USUGI, T., HOSHI, H., KATO, A., ONO, T., KOYANO, S., KAGIWADA, S., NISHIO, T., TSUDA, S. (2016): Surveys of viruliferous alate aphid of *Plum pox virus* in *Prunus mume* orchards in Japan. *Plant Disease* 100 (1) 40–48. pp.
16. KOMAZAKI, S. (1982): Effects of constant temperatures on population growth of three aphid species, *Toxoptera citricidus* Kirkaldy, *Aphis citricola* van der Goot and *Aphis possypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on citrus. *Applied Entomology and Zoology* 17 (1) 75–81. pp.
17. KOMAZAKI, S. (1988): Growth and reproduction in the first two and summer generations of two citrus aphids, *Aphis citricola* van der Goot and *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae), under different thermal conditions. *Applied Entomology and Zoology* 23 (3) 220–227. pp.
18. KOMAZAKI, S. (1990): Variation in the hatch timing of the overwintering egg among populations of *Aphis spiraecola* Patch (Homoptera: Aphididae) collected from different host plants and localities in Japan. *Applied Entomology and Zoology* 25 (1) 27–34. pp.
19. LI, Q., DENG, J., CHEN, C., ZENG, L., LIN, X., CHENG, Z., QUIAO, G., HUANG, X. (2019): DNA barcoding subtropical aphids and implications for population differentiation. *Insects* 11 (1) 11.
20. LOWERY, D.T., SMIRLE, M.J., FOOTIT, R.G., BEERS, E.H. (2006): Susceptibilities of apple aphid and spirea aphid collected from apple in the Pacific Northwest to selected insecticides. *Journal of Economic Entomology* 99 (4) 1369–1374. pp.
21. MAYER, D.F., LUNDEN, J.D. (1996): Apple and spirea aphids (Homoptera: Aphididae) on apples in south central Washington. *Journal of the Entomological Society of British Columbia* 93, 35–39. pp.
22. METZGER, M.J., BUNCE, R.G.H., JONGMAN, R.H.G., MÜCHER, C.A., WATKINS, J.W. (2005): A climatic stratification of the environment of Europe. *Global Ecology and Biogeography* 14 (6): 549–563. pp.
23. MILLER, R.L. (1928): Biology and natural control of the green citrus aphid *Aphis spiraecola* Patch. *The Florida Entomologist* 12 (4) 49–56. pp.
24. NAGY, C., CROSS, J.V., MARKÓ, V. (2013): Sugar feeding of the common black ant, *Lasius niger* (L.), as a possible indirect method for reducing aphid populations on apple by disturbing ant-aphid mutualism. *Biological Control* 65 (1) 24–36. pp.
25. NAGY, C., CROSS, J.V., MARKÓ, V. (2015): Can artificial nectaries outcompete aphids in ant-aphid mutualism? Applying artificial sugar sources for ants to support better biological control of rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* Passerini in apple orchards. *Crop Protection* 77, 127–138. pp.
26. PANINI, M., MASSIMINO COCUZZA, G., DRADI, D., CHIESA, O., MAZZONI, E. (2017): First report of *Myzus mumecola* (Matsumura, 1917) in Europe. *EPPO Bulletin* 47 (1) 107–110. pp.
27. PÉNZES, B., GLITS, M., SÜLE, S., V. NÉMETH, M. (2003): A kajszi növényvédelme. In PÉNZES, B., SZALAY, L. (szerk). (2003): *Kajszi.Mezőgazda Kiadó*, Budapest.
28. PFEIFFER, D.G., BROWN, M.W., VARN, M.W. (1989): Incidence of spirea aphid (Homoptera: Aphididae) in apple orchards in Virginia, West Virginia, and Maryland. *Journal of Entomological Science* 24 (1) 145–149. pp.
29. RAKAUSKAS, R., BASILOVA, J., BERNOTIENÉ, R. (2015): *Aphis pomi* and *Aphis spiraecola* (Homoptera: Sternorrhyncha: Aphididae) in Europe – new information on their distribution, molecular and morphological peculiarities. *European Journal of Entomology* 112 (2) 270–280. pp.
30. VARN, M., PFEIFFER, D.G. (1989): Effect of rosy apple aphid and spirea aphid (Homoptera: Aphididae) on dry matter accumulation and carbohydrate concentration in young apple trees. *Journal of Economic Entomology* 82 (2) 565–569. pp.