



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

**A dohánytripsz fajkomplexet alkotó változatok
szaporodásbiológiája és viselkedése**

DOI: 10.54598/005170

Király Kristóf Domonkos

Budapest

2024

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: Dr. Fail József
intézetigazgató, egyetemi docens
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Növényvédelmi Intézet, Rovartani Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. A munka előzményei, célkitűzések

A tripszek (Thysanoptera HALIDAY 1836) a legkisebb rovarok közé tartoznak, és bár a legtöbb ember számára általában észrevétlenek, a rendbe mégis számos fontos kártevő tartozik (Lewis 1973, Lewis 1997). Az ide tartozó fajok és biológiájuk tekintetében azonban a tudásunk hiányos (Mound 2005), különös tekintettel azok szaporodására vonatkozóan.

Közvetlen kártételük mellett a tripszek fontos vírusvektorok is lehetnek; több fajuk egyes ortotospovírusok (*Orthotospovirus* spp.) hatékony terjesztője (Ullman és mtsai 1997, Riley és mtsai 2011). Az ortotospovírusok szövetnedvvel mechanikailag is átvihetők, természetes körülmények között elsődleges jelentősége azonban a tripszek általi terjesztésnek van, amik perzisztens-propagatív módon terjesztik a kórokozókat (Whitfield és mtsai 2005, Rotenberg és mtsai 2015). A genusz névadó és típus faja az *O. tomatomaculae* – ismertebb, korábbi nevén *Tomato spotted wilt orthotospovirus* (TSWV) –, a paradicsom bronzfoltosság (vagy paradicsom foltos hervadás) betegség okozója, mely rendkívül széles gazdanövénykörrel rendelkezik, és a legjelentősebb növénypatogén vírusok egyike (Whitfield és mtsai 2005, Pappu és mtsai 2009, Scholthof és mtsai 2011). Mivel a TSWV terjesztéséhez a tripszeknek minél fiatalabb lárvaként kell felvenniük a vírust (van de Wetering és mtsai 1996, Chatzivassiliou és mtsai 2002), a kórokozó terjedésének szempontjából meghatározó kérdés, hogy a nőtény imágók tojásrakási célból mutatnak-e preferenciát a vírusfertőzött növények irányába.

A dohánytripsz (*Thrips tabaci* LINDEMAN) – mely az egyik legrégebb óta kutatott tripszfaj, ismert TSWV vektor és számos kultúra jelentős kártevője (Jenser és Szénási 2004, Riley és mtsai 2011, Diaz-Montano és mtsai 2011) – esetében azonban mind a faj szaporodási viselkedése, mind a TSWV által rá kifejtett hatások tekintetében alig rendelkezünk ismeretekkel.

A helyzetet tovább nehezíti, hogy az elmúlt évek vizsgálatai megerősítették és egyértelművé tették, hogy a dohánytripsz név valójában több, eltérő genetikai és ökológiai tulajdonságokkal bíró változatot takar, vagyis a

kártevő egy úgynevezett fajkomplexet alkot (Brunner és mtsai 2004, Toda és Murai 2007, Farkas és mtsai 2020). A jelenleg is ismert három dohánytripsz változatot Brunner és munkatársainak (2004) eredményei alapján különítjük el, melyeket a nevezett kutatók a mitokondriális DNS citokróm c-oxidáz I. alegységét kódoló génszakasz (mtCOI) vizsgálatával különítették el egymástól, és amelyek közül egyet, a T változatot (tobacco-associated) dohányról, míg az L1 és L2 (leek-associated) változatokat póréhagymáról gyűjtötték (Brunner és mtsai 2004).

Az elmúlt évek tanulmányai rámutattak, hogy a T és L1 változatok is arrenotokiával szaporodnak, az L2-es változat pedig telitok szaporodásbiológiájú (Toda és Murai 2007, Farkas és mtsai 2020). A telitok nőtények párosodás és megtermékenyítés nélkül is kizárólag nőtény utódokat hoznak létre, míg az arrenotok nőtények így csupán megtermékenyítetlen tojások lerakására képesek, melyekből kizárólag hím egyedek kelnek ki; nőtény utódokat csak a megtermékenyített tojásokból képesek létrehozni, vagyis ehhez szükségük van párosodásra (Moritz 1997, Kumm és Moritz 2008, Vershinina és Kuznetsova 2016).

A legszélesebb gazdanövénykörrel rendelkező, legelterjedtebb változat az L2-es, ami számos közös gazdanövénnyel rendelkezik az L1-es változattal, ez utóbbinak azonban a gazdanövényköre és elterjedtsége is korlátozottabb (Loredo Varela és Fail 2022). Mindkét változat károsíthat hagyma- és káposztaféléken is, nem képesek azonban életben maradni dohányon (Chatzivassiliou és mtsai. 2002, Li és mtsai 2014, Fail 2016). A legszűkebb elterjedéssel és gazdanövénykörrel a T változat rendelkezik, mely viszont szinte kizárólag dohányon, és gyomnövényeken fordul elő (Zawirska 1976, Loredo Varela és Fail 2022).

Az ismereti hiányoknak megfelelően kutatásaink két olyan nagyobb témakörre fókuszáltak, melyek mindegyike a dohánytripsz szaporodásbiológiájához kapcsolódik, így meghatározóak lehetnek egyrészt a dohánytripsz fajkomplex változatai közötti, másrészt a változatok és az általuk terjesztett *O. tomatomaculæ* (TSWV) közötti ökológiai kapcsolatok feltárásában.

Konkrét célkitűzéseink az alábbiak voltak:

1. A dohánytripsz fajkomplex változatai közötti reprodukív elszigeteltség vizsgálata párosodási vizsgálatok segítségével.
2. Az egyes változatok párosodási viselkedésének részletes megfigyelése és összehasonlítása, az egyedek közti kommunikációban potenciálisan résztvevő ingerek azonosításával.
3. A TSWV dohánytripsz változatok tojásrakási preferenciájára gyakorolt hatásainak elemzése.
4. A TSWV fertőzés hatásának vizsgálata a dohánytripsz T változatának ivararányára.

2. Anyag és módszer

Annak érdekében, hogy vizsgálatainkat azonosítható módon a kívánt változatba tartozó dohánytripszekkel végezzük, egy-egy nőténnytől származó vonalakat neveltünk. Ezen vonalak nevelésének elindításához általában a Rovartani Tanszéken fenntartott tenyészeinket használtuk – mindhárom ismert dohánytripsz változathoz (L1, L2, T) rendelkezünk előzetesen szelektált tenyészetekkel, melyek létrehozása 2013–2014-ben történt, a tanszék akkori PhD hallgatói és dolgozói által (Farkas és mtsai 2020) –, egyes esetekben azonban szabadföldről gyűjtöttünk be egyedeket. A 2 ml űrtartalmú mikrocentrifuga csövekbe egyesével elkülönített dohánytripsz „anyák” utódait szintén egymástól elkülönítve neveltük, így kísérleteinkben az F_1 generációba tartozó, ismert származású, ismert korú dohánytripsz imágókat használhattuk. A használt vonalakat Farkas és munkatársainak (2020) munkája nyomán a mitokondriumokban található citokróom c-oxidáz I. alegységét kódoló génszakasz (mtCOI) alapján molekulárisan azonosítottuk.

Párosodási vizsgálataink során mindhárom ismert dohánytripsz változat hímjeit és nőtényeit párosítva egymással vizsgáltuk meg az egyedek viselkedését, és a változatok közötti különbségeket, az esetleges reprodukciós elszigeteltséget. Minden alkalommal egy szűz hím és egy szűz nőtény

dohánytripsz imágót helyeztünk egy mikrocentrifuga cső levágott kupakjából, illetve egy üveg fedőlemezről álló arénába, és egy mikroszkópra szerelt kamera segítségével megfigyeltük és 10 percen keresztül rögzítettük a viselkedésüket. A két arrenotok és egy telitok változat hím és nőstény egyedeinek mind a hat lehetséges párosítási kombinációját megvizsgáltuk. Az L és T „vegyes” kombinációkat kereszt párosításoknak neveztük, míg azonos arrenotok változatba tartozó egyedek, valamint az L1-es változatú hímek L2-es változatba tartozó nőstényekkel való párosítása szolgált kontrollként.

A TSWV tojásrakási preferenciára kifejtett hatását a T és az L2 dohánytripsz változatok nőstényeivel vizsgáltuk. A kísérletekhez egy-egy nőstényt engedtünk szabadon 48 órára egy 4 cm átmérőjű, kör alakú, zárható tetővel rendelkező, átlátszó műanyag csészében, melybe két, nagyjából 11 mm átmérőjű levélkorongot helyeztünk a csésze közepétől egyenlő távolságra. Választásos kialakítású kísérleteink során – melyeket paprika és dohány levélkorongokkal is elvégeztünk – az egyik levélkorong mindig egy TSWV fertőzött növény leveléből, a másik pedig egy ugyanabba a fajba tartozó, ugyanolyan korú kontroll (mock-inokulált, vírusmentes) növény leveléből származott. Nem-választásos kialakítású vizsgálatainkban csak paprika levélkorongokat használtunk, az egy-egy csészébe kerülő korongok közül pedig vagy mindkettő egy TSWV fertőzött, vagy mindkettő egy vírusmentes (kontroll) növényről származott. A kísérlet indításától számított 24 és 48 óra múlva minden kialakításban feljegyeztük a tripszek tartózkodási helyét is.

48 óra elteltével a nőstényeket a csészékből kivettük, majd a levélkorongokba süllyesztett tojásokat megszámláltuk. Ezekhez a vizsgálatokhoz a T dohánytripsz változat esetében kizárólag megtermékenyített nőstényeket használtunk, így a táplálékként és tojásrakási közegként használt levélkorongoknak az utódnemzedék (F_2) ivararányára kifejtett hatását is vizsgálni tudtuk. Ehhez a levélkorongok szövetébe süllyesztett tojásokból kikelt lárvákat etil-alkoholban előltük, és Berlese beágyazó oldat segítségével tárgylemezre preparáltuk őket, majd a preparátumok megszáradását követően fénymikroszkóp segítségével meghatároztuk a nemüket.

3. Eredmények és megvitatásuk

Összesen 188 dohánytripsz vonalat azonosítottunk molekulárisan a kísérleteink során. Egy kivétellel minden vonal azonosítása a várt eredményt adta. A kivételt képező vonal az L1-es változatú tenyészetünkből származott, és az anya összes adultkort megélő utódja hím volt, vagyis a vonal arrenotok szaporodást mutatott. Ennek ellenére a molekuláris azonosítás során kapott eredmény a vonalat annak mtCOI régiója alapján a telitok, L2-es változatba sorolta. Így arrenotok szaporodású, de a telitok kládra jellemző mitokondriális DNS-sel rendelkező egyedeket Európából elsőként azonosítottunk. Úgy véljük, hogy ezek az egyedek/vonalak egyfajta hibridizáció eredményeként jöhettek létre az L1 és L2 változatok között, bár ennek bizonyítása még számos további vizsgálatot igényel.

3.1. A párosodási vizsgálataink eredményei

Videofelvételeink segítségével, 67 párosodó kontroll pár alapján elsőként írtuk le részletesen mindhárom dohánytripsz változat párosodási viselkedését a fajkomplexen belül. Megállapítottuk, hogy a különböző változatokba tartozó kontroll párok párosodási viselkedése ugyanazt az alapvető mintázatot követte, egymástól lényegi elemekben nem különbözött, és kisebb különbségektől eltekintve a már korábban leírt (a Thripidae családba tartozó) tripszfajok párosodási viselkedésével is nagyfokú hasonlóságot mutatott (Terry és Schneider 1993, Milne és mtsai 2007, Rafter és Walter 2013, Krueger és mtsai 2017, Akinyemi és Kirk 2019, Akinyemi és mtsai 2021).

Vizsgálataink során az arénába került szűz egyedek általában az első találkozásukra párosodtak. A prekopulációhoz vezető találkozások során általában a hímek közelítettek a nőstények felé, majd az érzékelést és a (fizikai) kontaktust követően rögtön a nőstények hátára másztak. Következő lépésként a potrohukat a nőstények potroha alá hajlították, és a genitáliák összekapcsolódásával kezdetét vette a párosodás.

A nőstények a párosodási folyamat során általában nyugodtak voltak, azonban a prekopuláció során a potroh emelgetésével történő elutasítás – mint

viselkedési elem – gyakran fordult elő; leggyakrabban az $L2♀ + L1♂$ párosításokban. Ez a megállapításunk, kiegészülve egyéb, apró megfigyelt különbségekkel az $L1♀ + L1♂$ és $L2♀ + L1♂$ párok viselkedése között arra utal, hogy a telitok változat esetében a szexuális szaporodással kapcsolatos tulajdonságok bizonyos mértékben az évmilliók során leromlottak.

Vizsgálataink nem mutattak szignifikáns különbséget a prekopuláció hosszára vonatkozóan, szignifikánsan különbözött ($p < 0,01$) azonban a párosodás hossza a különböző kontroll párosításokban; az $L1♀ + L1♂$ párok párosodása volt a legrövidebb (140 másodperc), a $T♀ + T♂$ pároké pedig a leghosszabb (176 másodperc).

A tízperces megfigyelési intervallumon belül a párosodást követő találkozásokban a tripszek viselkedése eltért a még szűz egyedeknél megfigyeltektől. A párosodást követően ugyanis szignifikánsan megnőtt az olyan esetek aránya, amiben a hímek elutasító viselkedése volt megfigyelhető ($p < 0,001$). E viselkedés során a hím elkezdett a nőstény hátára mászni, azonban hamarosan nem folytatta a párosodási folyamat lépéseit, hanem vagy azonnal, vagy néhány másodperc elteltével visszafordult, illetve le is mászott a nőstény hátáról.

E megfigyelés alapján tehát a hím dohánytripszek gyakran megpróbáltak újból párosodni ugyanazzal a nősténnyel, akivel korábban, de a nőstény hátán érzékelték valamit, ami a párosodási folyamat abbahagyására készítette őket. Ez a viselkedésbeli változás egy úgynevezett anti-afrodiziákum feromon jelenlétére utalt, mely elsősorban kontaktus során vált csak érzékelhetővé a hímek számára. A feromont vélhetően a hímek termelik, és a párosodás során juttatják a nőstényekre. Ilyen anyagot már azonosítottak az *Echinothrips americanus* MORGAN esetében (Krueger és mtsai 2016), és a viselkedési vizsgálatok eredményei a *Frankliniella occidentalis* (PERGANDE) (nyugati virágtripsz) esetében is e feromon jelenlétére utalnak (Akinyemi és Kirk 2019), e faj hím egyedei ugyanis párosodnak a szűz nőstényekkel, elutasítják viszont a párosodott nőstényeket.

A kontroll párosításoktól eltérően a tízperces megfigyelési időszakon belül egyszer sem figyeltünk meg párosodást $L1\text{♀} + T\text{♂}$, illetve $T\text{♀} + L1\text{♂}$ kombinációjú kereszt párosításokban, $L2\text{♀} + T\text{♂}$ párosításokban pedig összesen két alkalommal (1. táblázat). Mivel azonban ez utóbbi párosodások is csak rövidebb ideig (70, illetve 71 másodpercig) tartottak, ez arra utalt, hogy bár ezekben az esetekben a hímek párosodásra „méltó” kvalitásúnak ítélték a nőstényeket, azonban a párosodás hosszát – és így a rájuk fordított erőforrások mennyiségét – ők is jelentősen lecsökkentették.

Vizsgálatainkban a kontroll és kereszt párosítások közti különbség csak a kontaktus után vált érzékelhetővé; a T változat hímjei is szignifikánsan ritkábban próbáltak az L változatokba tartozó nőstények hátára mászni, és az L1 változatba tartozó hímek is hasonlóan viselkedtek a T változatba tartozó nőstényekkel ($p < 0,05$; 1. táblázat). A két csoport szétválása tovább folytatódott a következő lépésben; a kereszt párosításokban még a nőstények hátára mászó hímek is csak elvétve kísérelték meg a párosodási folyamatot folytatni, és a potrohukat is a nőstények potroha alá hajlítani ($p < 0,05$). Mivel a különbségek egyértelműen a kontaktus után kezdtek élesen megmutatkozni, okkal feltételezhető, hogy a kiváltott hatásban kutikuláris-hidrokarbonok (CHC-k) játszottak szerepet, melyek az ízeltlábúak körében általánosan elterjedtek (Howard és Blomquist 2005, Jungwirth és mtsai 2021).

Ezek alapján úgy véljük, hogy a dohánytripsz fajkomplexen belül a T és L változatok külön fajokba tartozónak tekinthetők, mivel közöttük a reprodukciós elszigeteltség még laboratóriumi körülmények között is rendkívül nagyfokú, ez pedig természetes körülmények között vélhetően a gyakorlatilag teljes izolációt jelentené.

1. táblázat A párosodási folyamat adott lépését teljesítők relatív gyakorisága az egyes dohánytripsz változatok nőtény és hím egyedeinek párosításainál, viszonyítva az előző lépést sikeresen teljesítők számához (n)

A párosodási folyamat lépése	T♀ + T♂	T♀ + L1♂	L1♀ + L1♂	L1♀ + T♂	L2♀ + L1♂	L2♀ + T♂	p érték
Érzékelés	57 % (n = 42) <i>a</i>	67 % (n = 45) <i>ab</i>	76 % (n = 33) <i>ab</i>	94 % (n = 32) <i>b</i>	78 % (n = 41) <i>ab</i>	78 % (n = 41) <i>ab</i>	< 0,010
Kontaktus	96 % (n = 24)	97 % (n = 30)	92 % (n = 25)	93 % (n = 30)	88 % (n = 32)	97 % (n = 32)	= 0,720
Nőtény hátára mászás	96 % (n = 23) <i>b</i>	17 % (n = 29) <i>a</i>	100 % (n = 23) <i>b</i>	36 % (n = 28) <i>a</i>	93 % (n = 28) <i>b</i>	29 % (n = 31) <i>a</i>	< 0,001
Potroh aláhajlítás	100 % (n = 22) <i>b</i>	20 % (n = 5) <i>a</i>	100 % (n = 23) <i>b</i>	20 % (n = 10) <i>a</i>	96 % (n = 26) <i>b</i>	22 % (n = 9) <i>a</i>	< 0,001
Párosodás	100 % (n = 22)	0 % (n = 1)	100 % (n = 23)	0 % (n = 2)	88 % (n = 25)	100 % (n = 2)	= 0,103

A p értékek Fisher-féle egzakt próbával kerültek kiszámításra, 6×2-es kontingencia-táblák elemzésével. Kivétel a „párosodás”, ahol csak a kontroll párosításokat (T♀ + T♂, L1♀ + L1♂, L2♀ + L1♂) elemeztük, 3×2-es kontingencia-táblákkal. Amennyiben a Fisher-féle egzakt próba szignifikáns eredményt adott, úgy a páronkénti összehasonlításhoz Marascuilo eljárást használtunk. A sorokban különböző dőlt betűk szignifikáns különbségeket jelölnek (Marascuilo eljárás; $p < 0,05$).

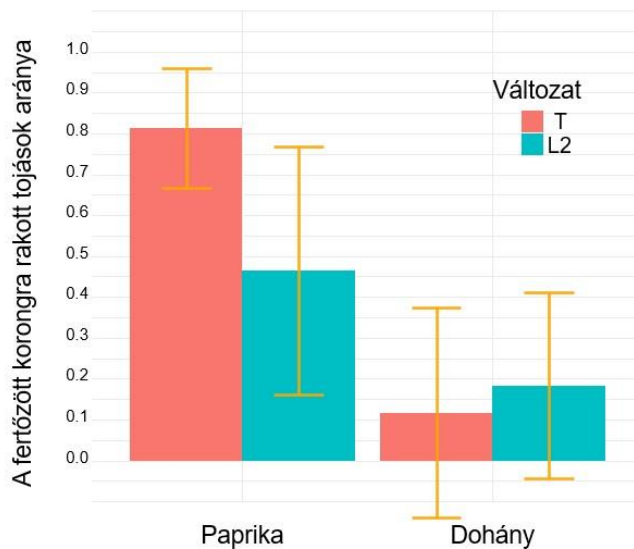
Kísérleteink során azt is megállapítottuk, hogy a dohánytripsz változatok aktivitásában is különbségek figyelhetők meg. Ezek közül kiemelendő, hogy a kereszt párosításokban az egyedek hogyan váltak szét egymástól a találkozások végén, mivel gyakran figyeltük meg, hogy az egyik fél ilyenkor igen gyors magatartásváltozással menekül. A statisztikai vizsgálat rámutatott, hogy a T változat egyedei szignifikánsan gyakrabban menekültek, mint az L1 változat egyedei, akár a nőstényeket, akár a hímeket vizsgáltuk ($p < 0,01$).

3.2. A tojásrakási preferenciára vonatkozó vizsgálataink eredményei

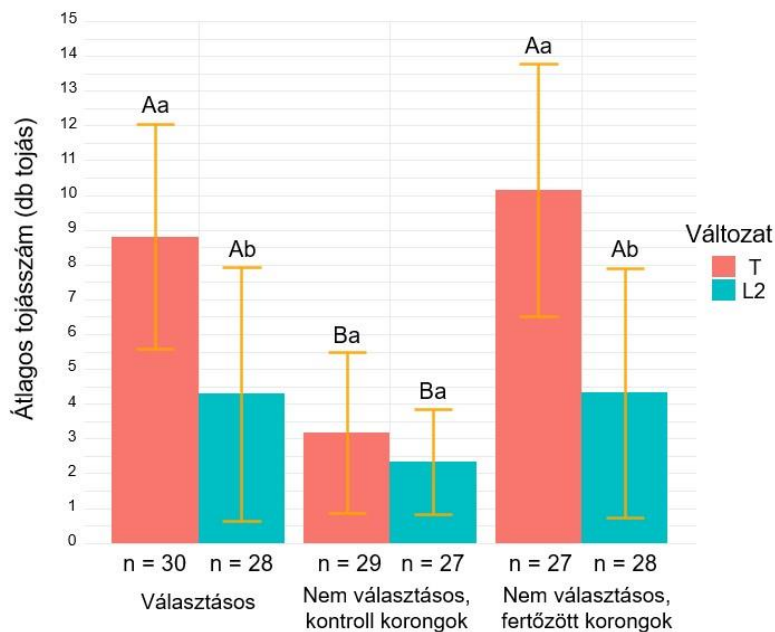
A TSWV tojásrakási preferenciára kifejtett hatását vizsgáló kísérleteink rámutattak, hogy sem az egészséges, sem a TSWV fertőzött dohány nem szolgál az L2-es (telitok) dohánytripsz változat számára megfelelő gazdanövényként, mivel e változat esetében a választásos kialakítású kísérleteinkben dohány levélkorongokon az átlagos összes tojásszám is rendkívül alacsony volt (0,73 db tojás), továbbá sem a nőtények, sem a tojásokból kikelt lárvák nem voltak képesek táplálkozásra, így ez utóbbiak néhány nap múlva fejlődés nélkül elpusztultak.

Választásos kialakítású vizsgálatainkban paprika levélkorongok közül választva a T változat nőtényei átlagosan 81,4 %-ban a TSWV fertőzött korongra rakták a tojásaikat, az L2-es változat nőtényei azonban tojásaiknak átlagosan csak kevesebb, mint a felét (46,6 %). Dohány levélkorongokon viszont mindkét változat a vírusmentes (kontroll) korongokat részesítette előnyben tojásrakásra. Tehát a TSWV fertőzöttség egyértelmű hatással bírt a dohánytripsz nőtények tojásrakási preferenciájára, a hatás iránya viszont a két vizsgált gazdanövényfaj esetében különbözött (1. ábra).

A paprika levélkorongokkal végzett, nem-választásos kialakítású vizsgálataink összes (mindkét korongra együttesen) tojásszámra vonatkozó eredményeit az ugyanezen a növényfajon, választásos kialakításban összesen lerakott tojások számával együtt elemeztük. Megállapítottuk, hogy a két vizsgált dohánytripsz változat szignifikánsan különbözött egymástól ($p < 0,001$), valamint hogy a különböző kezelések hatása is szignifikáns volt ($p < 0,001$), sőt e két tényező interakciója is ($p < 0,05$). Az eredmények azt mutatták, hogy mindkét vizsgált dohánytripsz változat számára kedvezőbb gazdanövény a TSWV fertőzött, mint a vírusmentes (kontroll) paprika, és már egy TSWV fertőzött korong elérhetősége (választásos kialakítás) is olyan szintre emelheti a nőtények fekunditását, mintha két ilyen korong is elérhető lenne számukra (nem-választásos kialakítás, csak fertőzött korongok; 2. ábra).



1. ábra Választásos kialakításban a különböző változatokba tartozó dohánytripsz nőtények által a fertőzött korongra rakott tojások aránya paprikán és dohányon



2. ábra Az egyes dohánytripsz változatokba tartozó nőtények által átlagosan összesen (az adott csészén belül mindkét korongra együttesen) lerakott tojásszám paprika levélkorongokra különböző kísérleti kialakításokban (db tojás $\pm$ SD). Az eltérő nagybetűk szignifikáns különbséget jelentenek adott változatban belül a kezelések között, az eltérő kisbetűk pedig azonos kezelésben a változatok között ($p < 0,05$).

A vizsgálatban megfigyelt több tojás tehát a TSWV fertőzés pozitív indirekt hatásának következménye volt, mely paprika levélkorongokon mind a T, mind az L2 változat esetében megnyilvánult. A két változat által lerakott tojások száma alapján azonban az L2-es változat számára a vírusfertőzött paprika sem igazán jó gazdanövény, míg a T változat esetében igen, ezen nőstények fekunditását ugyanis a vírusfertőzés jelentősebb mértékben emelte.

Ezekhez a kísérleteinkhez az arrenotok szaporodásbiológiájú T változat esetében kizárólag megtermékenyített nőstényeket használtunk, így lehetőségünk nyílt az utódnemzedék ivararányának vizsgálatára is. A fertőzött levélkorongokra rakott tojásokból kelt lárvák között a nőstények aránya minden vizsgált kísérleti kialakításunkban nagyobb volt; így a választásos kialakítású vizsgálatokban paprikán (83,1 % a fertőzött és 79,0 % a kontroll korongokon) és dohányon (77,0 % a fertőzött és 70,6 % a kontroll korongokon) is, illetve a nem-választásos kialakítású vizsgálatainkban is (a fertőzött paprika korongokon 85,5 %, míg a vírusmenteseken csak 77,0 %), a különbség azonban egyik esetben sem volt szignifikáns. Mivel az arrenotok tripszek esetében a populáció növekedése szempontjából egyértelműen a nőstények nagyobb aránya a kívánatos, ezért úgy véljük, a nagyobb nőstény arány – a szignifikáns különbség hiányának ellenére – jobb gazdanövényt, vagyis a TSWV fertőzés miatti pozitív indirekt hatást jelzett.

4. Következtetések és javaslatok

Vizsgálataink során Európában elsőként azonosítottunk arrenotok szaporodású, de a telitok dohánytripsz kládra jellemző mitokondriális DNS-sel rendelkező egyedeket, melyek előfordulása azonban rendkívül ritka volt. Feltételezhető, hogy az ilyen tulajdonságokkal rendelkező dohánytripszek egyfajta hibridizáció következményeként jöhetnek létre, mivel azonban erre vonatkozóan egyértelmű megállapítást nem tudunk tenni, ennek érdekében javasoljuk azonban ezeknek a tripszeknek a részletesebb genetikai vizsgálatát, nem csak azok mitokondriális, hanem a sejtmagi DNS-ére is fókuszálva.

Megállapítottuk, hogy a dohánytripsz fajkomplexen belül az egyes változatok párosodási viselkedése hasonló mintázatot követ, egymástól fő elemeiben nem tér el, és az egyéb Thripidae családba tartozó tripszfajokéval is nagyfokú hasonlóságot mutat. A párosodás időtartama a vizsgált dohánytripsz változatok között azonban különbözik, hosszukat tekintve viszont mindegyik a nyugati virágtripszével összevethető, vagyis az eddig leírt fajokéhoz e tekintetben is hasonlít. A jövőben javasoljuk a párosodás hosszának kiterjedtebb tanulmányozását annak fekunditásra gyakorolt hatásának vonatkozásában is, mellyel kapcsolatban a tripszek rendjén belül jelenleg nem rendelkezünk elég információval. Több eredményünk is arra utalt, hogy bár az L1 változatba tartozó arrenotok hímek az L2 változatba tartozó telitok nőstényekkel is képesek párosodni, apró különbségek azonban vannak az $L1\text{♀} + L1\text{♂}$ és $L2\text{♀} + L1\text{♂}$ párok viselkedése között, vagyis a telitok nőstények részéről valószínű a szexuális szaporodással kapcsolatos tulajdonságok tekintetében egy bizonyos mértékű funkcióvesztés.

Eredményeink alapján azt a következtetést vontuk le, hogy a dohánytripszek párosodást követő viselkedésében is minden bizonnyal szerepe van egy anti-afrodiziákum feromonnak, mivel a már párosodott nőstényeket a hímek csak megvizsgálták, de nem kíséreltek meg velük újból párosodni. Nem tudjuk azonban biztosan sem magának az anyagnak az összetételét, sem azt, hogy ezt az anyagot a hímek hol termelik, és hogyan juttatják a nőstények hátára. Mivel azonban ez az anyag egyértelműen és nagyon határozottan befolyásolja a tripszek párosodási viselkedését, ennek alaposabb kutatása a növényvédelmi gyakorlat számára is hasznos eredményekkel szolgálhatna.

Megállapítottuk, hogy a dohánytripsz T és L változatai egymástól reprodukcióra elszigeteltek, mivel az ilyen kereszt párosításokban sikeres párosodás nem volt a felek között. A kereszt párosítások tagjai a viselkedésük megváltozása alapján csak a kontaktust követően érzékelték, hogy egy számukra párosodási partnerként nem megfelelő egyeddel állnak szemben. Ez alapján a dohánytripsz fajkomplexen belül a kutikuláris-hidrokarbonok (mint kontakt feromonok) részletes vizsgálatát javasoljuk, hogy megerősíthessük vagy

megcáfolhassuk, hogy valóban ezek játszanak-e ebben szerepet. A megfigyelt reprodukív izoláció alapján azt állapítottuk meg, hogy a dohánytripsz T és L változatai valójában külön fajokba tartozónak tekinthetők.

Megállapítottuk, hogy a dohányt, mint gazdanövényt, a dohánytripsz L2-es változata sem TSWV fertőzést követően, sem anélkül nem fogadja el. Ez megerősíti, hogy a T és L változatok valójában külön fajokat alkotnak, hiszen a gazdanövény-specializációjuk is elválasztja őket egymástól, mivel a T változatnak a dohány az elsődleges gazdanövénye.

Eredményeink alapján levontuk azt a következtetést, hogy a dohánytripsz T és L2 változata is nagyobb fekunditásra képes a TSWV fertőzött paprika növényeken, mint a vírusmenteseken, vagyis a vírus mindkét változatra pozitív indirekt hatást gyakorol. Egyértelművé vált, hogy a dohánytripsz T változata számára a vírusmentes paprika kifejezetten gyenge, míg a TSWV fertőzött igen jó – a dohánnyal összevethető – gazdanövény, amely felé szignifikáns preferenciát is mutatnak, ez pedig a vírus növényállományokon belüli terjedésének kockázatát jelentősen növeli.

Megállapítottuk, hogy a T dohánytripsz változat nőtényei minden vizsgált kísérleti kialakításban nagyobb arányban produkáltak nőtény utódokat a TSWV fertőzött levélkorongokon, mint a vírusmenteseken, a különbség azonban egyik esetben sem volt szignifikáns.

Vizsgálataink „járulékos” megfigyelései segítségével megállapítottuk, hogy a dohánytripsz változatok aktivitásában is különbségek figyelhetők meg. Mivel igen gyakran figyeltük meg, hogy kereszt párosításokban a találkozások végén az egyik fél menekül, így úgy véljük, hogy a tripszek kutikuláris-hidrokarbonjainak, kontakt feromonjainak vizsgálata elképzelhető, hogy egy új, a tripszekre repellens hatású anyag felfedezését eredményezhetné.

5. Új tudományos eredmények

1. Európában elsőként azonosítottam arrenotok szaporodású, de a telitok filogenetikai kládra jellemző mitokondriális DNS-sel rendelkező dohánytripsz egyedeket.
2. Elsőként írtam le a dohánytripsz fajkomplex valamennyi változatának párosodási viselkedését.
3. Elsőként figyeltem meg, hogy a dohánytripsz hímek viselkedése különbözik annak függvényében, hogy még szűz, vagy már párosodott nőténnyel találkoznak, elutasítják ugyanis az utóbbit, és viselkedésük egy anti-afrodiziákum feromon jelenlétére utal.
4. Bizonyítottam, hogy a dohánytripsz T és L változatai egymástól reprodukcióban elszigeteltek, vagyis a változatok tagjai valójában külön fajhoz tartozónak tekinthetők.
5. Megfigyeltem, hogy az $L1_{\text{♀}} + L1_{\text{♂}}$ és $L2_{\text{♀}} + L1_{\text{♂}}$ párok prekopulációs viselkedése során az utóbbi párosításban a nőtények elutasító viselkedése gyakrabban fordul elő, mint az előbbiben, vagyis bár a telitok dohánytripsz nőtények párosodnak arrenotok hímekkel, a két változat nőtényeinek viselkedése eltér.
6. Elsőként vizsgáltam a TSWV hatását a dohánytripsz tojáshozzáértékelési preferenciájára, és megállapítottam, hogy paprika növények esetén a T változat nőtényei a vírusfertőzött növényeket preferálják a vírusmentesekkel szemben, ezzel ellentétben viszont a vírusmentes dohány növényeket preferálják a TSWV fertőzöttekkel szemben.
7. Megfigyeltem, hogy a TSWV fertőzött paprika a dohánytripsz T és L2 változata számára is kedvezőbb gazdanövény, mint a vírusmentes, mivel az előbbin nagyobb fekunditásra képesek.
8. Megállapítottam, hogy az L2-es változatba tartozó dohánytripsz számára a TSWV fertőzött dohány sem elfogadható gazdanövény.
9. Elsőként állapítottam meg eltéréseket a dohánytripsz változatok aktivitásában.

Irodalomjegyzék

- Akinyemi, A. O., & Kirk, W. D. J. (2019). Experienced males recognise and avoid mating with non-virgin females in the western flower thrips. *PLoS ONE*, 14(10), e0224115. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224115>
- Akinyemi, A. O., Subramanian, S., Mfuti, D. K., Pope, T. W., Tamiru, A., & Kirk, W. D. J. (2021). Mating behaviour, mate choice and female resistance in the bean flower thrips (*Megalurothrips sjostedti*). *Scientific Reports*, 11(1), 14504. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93891-5>
- Brunner, P. C., Chatzivassiliou, E. K., Katis, N. I., & Frey, J. E. (2004). Host-associated genetic differentiation in *Thrips tabaci* (Insecta; Thysanoptera), as determined from mtDNA sequence data. *Heredity*, 93(4), 364–370. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800512>
- Chatzivassiliou, E. K., Peters, D., & Katis, N. I. (2002). The Efficiency by Which *Thrips tabaci* Populations Transmit *Tomato spotted wilt virus* Depends on Their Host Preference and Reproductive Strategy. *Phytopathology*, 92(6), 603–609. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.6.603>
- Diaz-Montano, J., Fuchs, M., Nault, B. A., Fail, J., & Shelton, A. M. (2011). Onion Thrips (Thysanoptera: Thripidae): A Global Pest of Increasing Concern in Onion. *Journal of Economic Entomology*, 104(1), 1–13. <https://doi.org/10.1603/EC10269>
- Fail, J. (2016). Speciation in *Thrips tabaci* Lindeman, 1889 (Thysanoptera): The current state of knowledge and its consequences. *Polish Journal of Entomology*, 85(1), 93–104. <https://doi.org/10.1515/pjen-2016-0004>
- Farkas, P., György, Zs., Tóth, A., Sojnóczki, A., & Fail, J. (2020). A simple molecular identification method of the *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) cryptic species complex. *Bulletin of Entomological Research*, 110(3), 397–405. <https://doi.org/10.1017/S0007485319000762>
- Howard, R. W., & Blomquist, G. J. (2005). Ecological, Behavioral, and Biochemical Aspects of Insect Hydrocarbons. *Annual Review of Entomology*, 50(1), 371–393. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.50.071803.130359>
- Jenser, G., & Szénási, Á. (2004). Review of the biology and vector capability of *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 39(1–3), 137–155. <https://doi.org/10.1556/APhyt.39.2004.1-3.14>
- Jungwirth, S., Ruth, J., & Pokorny, T. (2021). Similar Is Not the Same – Mate Recognition in a Parasitoid Wasp. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 646667. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.646667>
- Krueger, S., Jilge, M., Mound, L., & Moritz, G. B. (2017). Reproductive Behavior of *Echinothrips americanus* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Insect Science*, 17(2). <https://doi.org/10.1093/jisesa/iex043>
- Krueger, S., Moritz, G., Lindemann, P., Radisch, D., & Tschuch, G. (2016). Male Pheromones Influence the Mating Behavior of *Echinothrips americanus*. *Journal of Chemical Ecology*, 42(4), 294–299. <https://doi.org/10.1007/s10886-016-0685-z>
- Kumm, S., & Moritz, G. (2008). First Detection of *Wolbachia* in Arrhenotokous Populations of Thrips Species (Thysanoptera: Thripidae and Phlaeothripidae) and Its Role in Reproduction. *Environmental Entomology*, 37(6), 1422–1428. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-37.6.1422>
- Lewis, T. (1973). *Thrips, Their Biology, Ecology and Economic Importance*. Academic Press.
- Lewis, T. (1997). Pest Thrips in Perspective. In T. Lewis (Szerk.), *Thrips as Crop Pests* (o. 1–13). CAB International.
- Li, X.-W., Fail, J., Wang, P., Feng, J.-N., & Shelton, A. M. (2014). Performance of Arrhenotokous and Thelytokous *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on Onion and

- Cabbage and Its Implications on Evolution and Pest Management. *Journal of Economic Entomology*, 107(4), 1526–1534. <https://doi.org/10.1603/EC14070>
- Loredo Varela, R. C., & Fail, J. (2022). Host Plant Association and Distribution of the Onion Thrips, *Thrips tabaci* Cryptic Species Complex. *Insects*, 13(3), 298. <https://doi.org/10.3390/insects13030298>
- Milne, M., Walter, G. H., & Milne, J. R. (2007). Mating Behavior and Species Status of Host-Associated Populations of the Polyphagous Thrips, *Frankliniella schultzei*. *Journal of Insect Behavior*, 20(3), 331–346. <https://doi.org/10.1007/s10905-007-9081-4>
- Moritz, G. (1997). Structure, Growth and Development. In T. Lewis (Szerk.), *Thrips as Crop Pests* (o. 15–63). CAB International.
- Mound, L. A. (2005). Thysanoptera: Diversity and Interactions. *Annual Review of Entomology*, 50(1), 247–269. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.49.061802.123318>
- Pappu, H. R., Jones, R. A. C., & Jain, R. K. (2009). Global status of tospovirus epidemics in diverse cropping systems: Successes achieved and challenges ahead. *Virus Research*, 141(2), 219–236. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2009.01.009>
- Rafter, M. A., & Walter, G. H. (2013). Mate Recognition in the South African Citrus Thrips *Scirtothrips aurantii* (Faure) and Cross-Mating Tests with Populations from Australia and South Africa. *Journal of Insect Behavior*, 26(6), 780–795. <https://doi.org/10.1007/s10905-013-9391-7>
- Riley, D. G., Joseph, S. V., Srinivasan, R., & Diffie, S. (2011). Thrips Vectors of Tospoviruses. *Journal of Integrated Pest Management*, 2(1), 11–110. <https://doi.org/10.1603/IPM10020>
- Rotenberg, D., Jacobson, A. L., Schneewis, D. J., & Whitfield, A. E. (2015). Thrips transmission of tospoviruses. *Current Opinion in Virology*, 15, 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2015.08.003>
- Scholthof, K. G., Adkins, S., Czosnek, H., Palukaitis, P., Jacquot, E., Hohn, T., Hohn, B., Saunders, K., Candresse, T., Ahlquist, P. & mtsai (2011). Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 12(9), 938–954. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00752.x>
- Terry, I., & Schneider, M. (1993). Copulatory behavior and mating frequency of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Insecta: Thysanoptera). (Advances in Thysanopterology). *Journal of Pure and Applied Zoology*, 4, 339–354.
- Toda, S., & Murai, T. (2007). Phylogenetic analysis based on mitochondrial COI gene sequences in *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) in relation to reproductive forms and geographic distribution. *Applied Entomology and Zoology*, 42(2), 309–316. <https://doi.org/10.1303/aez.2007.309>
- Ullman, D. E., Sherwood, J. L., & German, T. L. (1997). Thrips as Vectors of Plant Pathogens. In *Thrips as Crop Pests* (o. 539–565). CAB International.
- van de Wetering, F., Goldbach, R., & Peters, D. (1996). Tomato spotted wilt tospovirus ingestion by first instar larvae of *Frankliniella occidentalis* is a prerequisite for transmission. *Phytopathology*, 86, 900–905.
- Vershinina, A. O., & Kuznetsova, V. G. (2016). Parthenogenesis in Hexapoda: Entognatha and non-holometabolous insects. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 54(4), 257–268. <https://doi.org/10.1111/jzs.12141>
- Whitfield, A. E., Ullman, D. E., & German, T. L. (2005). Tospovirus-Thrips Interactions. *Annual Review of Phytopathology*, 43(1), 459–489. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.040204.140017>
- Zawirska, I. (1976). Untersuchungen über zwei biologische Typen von *Thrips tabaci* Lind. (Thysanoptera: Thripidae) in der VR Polen. *Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz*, 12(6), 411–422.

6. Publikációs lista

Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációim:

Lektorált, impakt faktoros folyóiratban megjelent közlemény:

- **Király, K. D.**, Ladányi, M., Fail, J. (2022): Reproductive Isolation in the Cryptic Species Complex of a Key Pest: Analysis of Mating and Rejection Behaviour of Onion Thrips (*Thrips tabaci* Lindeman). *Biology*, 11: 396. (Q1)
- Subr, Z. W., **Király, K. D.**, Fail, J., Almási, A., Salánki, K., Fedor, P. (2019): Efficient RT-PCR tool for tomato spotted wilt virus detection in its vectors *Thrips tabaci* and *Frankliniella occidentalis*. *Acta virologica*, 63: 341 – 343.

Lektorált folyóiratban megjelent közlemény:

- **Király K. D.**, Farkas P., Fail J. (2018): A nyugati virágtripsz (*Frankliniella occidentalis* /Pergande, 1895/). *Növényvédelem*, 54: 377-398.
- **Király K. D.**, Reiter D., Farkas P., Sojnóczki A., Fail J. (2017): Előzetes adatok a telitok dohánytripsz gazdanövényköréhez. *Növényvédelem*, 53: 49-58.

Konferenciakiadványban megjelent közlemény:

- **Király K. D.**, Ladányi M., Fail J. (2021): A dohánytripsz párosodási viselkedése. 67. *Növényvédelmi Tudományos Napok*, p. 16.
- Szántó F. V., **Király K. D.**, Almási A., Salánki K., Fail J. (2020): A TSWV fertőzöttség hatása a dohánytripsz élettábla paramétereire. 66. *Növényvédelmi Tudományos Napok*, p. 29. (Budapest, 2020. február 18-19.)
- **Király K. D.**, Almási A., Salánki K., Fail J. (2019): A paradicsom bronzfoltosság vírus (TSWV) fertőzöttség hatásának vizsgálata a dohánytripsz gazdanövény preferenciájára. 65. *Növényvédelmi Tudományos Napok*, p. 26. (Budapest, 2019. február 19-20.)
- Farkas P., Gilbert B., Sojnóczki A., **Király K.**, Péntes B., Fail J. (2018): A gazdanövény hatása a dohány specialista *Thrips tabaci* Lind. ivararányára. 64. *Növényvédelmi Tudományos Napok*, p. 24. (Budapest, 2018. február 20-21.)
- **Király, K. D.** and Fail, J. (2017): How do tospoviruses affect their thrips vectors? A review about the current knowledge. 5th *Symposium on Palearctic Thysanoptera: Book of abstracts*, p. 26. (Cracow, Poland, September 26-29. 2017.)

Egyéb közlemény:

- **Király K. D.**, Fail J. (2021): A tripszek feromonjairól és azok (lehetséges) növényvédelmi szerepéről. *Agrofórum*, 32: 72-74.
- **Király K. D.**, Farkas P., Fail J. (2017): A nyugati virágtipsz (*Frankliniella occidentalis*) (Inváziós kártevők (II./14.)). *Agrofórum*, 28: 40-46.