

Dohánytripsz körkép a zöldségfélék nemesítésének szemszögéből

RÓTH FRUZZSINA, GALLI ZSOLT

Syngenta Kft.

E-mail: fruzsi_roth@yahoo.com

Összefoglalás

A klímaváltozás-, valamint a szigorú növényvédelmi szabályozások következtében egyre fokozódó kihívásokkal kell szembenéznük a zöldségtermesztőknek is. Az integrált védekezés fontos eleme a rezisztens fajták termesztése. A kártevők elleni növényi rezisztencia mechanizmusairól még viszonylag keveset tudunk, de a kiemelt területeken a kutatás és a rezisztencianemesítés már megkezdődött és jelentős eredményeket mutatott fel. A modern molekuláris technikák és a bővülő genetikai ismeretek egyre nagyobb mértékben segítik a nemesítők munkáját. Számos termesztett zöldségfajon okozott jelentős károkat az utóbbi évtizedekben a világszerte elterjedt polifág kártevő, a dohánytripsz (*Thrips tabaci* Lindeman, Thysanoptera: Thripidae). A jelentősen károsított növényfajok – mint a hagymafélék, hüvelyesek, paprika vagy a fejes káposzta – dohánytripsz rezisztenciájával foglalkozó nemzetközi publikációk áttekintésével átfogó képet alkothatunk a jelenlegi ismereteinkről és a rezisztencianemesítés módszereiről. Bizonyos szintű rezisztencia elérhető indirekt módon a rezisztenciával összefüggést mutató növényi tulajdonságok (levelek viaszrétegének vastagsága és fényvisszaverése, egyes növényi vegyületek, stb.) alapján végzett célzott szelekcióval. A nemesítés másik, ígéretes eszköze a rezisztencia genetikai hátterének megismerése. Több növényfaj esetében is rendelkezésünkre állnak már a genetikai térképezés eredményei. A dohánytripszszel szembeni rezisztencia szinte minden esetben komplex öröklődésű, poligén szabályozás alatt álló tulajdonság, ezért a molekuláris markerek használata a hatékony és gyors rezisztencianemesítés elengedhetetlen eszköze.

Kulcsszavak: dohánytripsz, *Thrips tabaci*, rezisztencianemesítés, zöldségnevelés, növényi rezisztencia

Bevezetés

A változó klimatikus viszonyok következtében fokozódó növényvédelmi kihívások és az egyre szigorúbb szabályozás nehezítik a növénytermesztők folyamatos harcát a károsítók ellen. Éppen ezért a növénynevelők is kiemelt feladatként tekintenek a magasfokú rezisztenciával rendelkező

új fajták előállítására. Általánosságban elmondható, hogy a kórokozókkal szembeni rezisztencianemesítés története messzebbre nyúlik vissza, több információval és eredménnyel rendelkezünk ezen a téren. Ezzel szemben a kártevők elleni rezisztencianemesítés még gyerekcipőben jár, sok esetben még a rezisztencia pontos mechanizmusát sem ismerjük. Ennek egyik lehetséges magyarázata, hogy a kártevők elleni rezisztencia sokszor bonyolultabb genetikai szabályozás alatt áll, annak kialakításában számos faktor játszik szerepet. A sikeres nemesítési munka egyik módja lehet a rezisztenciával összefüggést mutató növényi tulajdonságok meghatározása, és az azokra történő célzott szelekció segítségével egy bizonyos szintű rezisztencia elérése. A modern molekuláris technikák elterjedése nagy segítséget jelent a kutatások során. A molekuláris markerek használata a nemesítési gyakorlatban pedig olyan kártevők esetében is hatékony eszközt biztosíthat, amelyekkel szembeni rezisztencia azelőtt nem, vagy csak nagyon nehezen volt nyomon követhető.

A rezisztencia kutatások fókuszában általában nagyobb gazdasági jelentőségű kártevők állnak, mint például a dohánytripsz (*Thrips tabaci* Lindeman), mely egy rendkívül széles tápnövénykörrel rendelkező, mára világszerte elterjedt polifág kártevő. Számos gazdaságilag jelentős növényfajon okoz nagy mértékű károkat, a kémiai védekezési lehetőségek pedig korlátozottak ellene. Az inszekticidés védekezés hatékonysága sok esetben nem kielégítő, valamint a fejlődő országokban a szaktudás hiánya és a gazdák pénzügyi helyzete miatt nem megoldott. A kutatók több érintett zöldségfaj esetében megkezdtek a vizsgálatokat, hogy a védekezés alternatív módját megtalálják, és meghatározzák azon nemesítési irányvonalakat, melyek segítségével tripsz rezisztens fajta állítható elő. Egyes növényfajokban már sikerült rezisztenciaforrásokat azonosítani és azokat nemesítésbe vonni. Az elérhető publikációk áttekintésével átfogó képet kívánunk nyújtani a kutatási módszerekről, a rezisztencia mechanizmusok működéséről és az eredmények felhasználásának lehetőségeiről.

Az alapkutatások jelentősége és eredményei a kártevők elleni rezisztencianemesítésben

A kártevő rovarok jelentős veszteséget okoznak a termés mennyiségében és minőségében is, a védekezési lehetőségek feltárása a kertészettudomány egyik kiemelt kutatási területe. A sikeres rezisztencianemesítés első lépései a rezisztenciaforrások azonosítása, majd a növény és kártevő közötti kölcsönhatások megismerése, a rezisztencia mechanizmusok minél alaposabb meghatározása, valamint a kívánt tulajdonság kialakulását befolyásoló gén(ek) azonosítása (Kliebenstein 2018). A nemzetközi szakirodalom a kártevők elleni rezisztencia három típusát különbözteti meg. Antibiózis esetén a növény legalább egy olyan tulajdonsággal rendelkezik, amely károsan hat a kártevő valamely biológiai funkciójára, míg antixenózisról akkor beszélünk, ha a növény valamely tulajdonsága a kártevő viselkedésére van hatással, többnyire elkerülésre készíti azt. A növények természetes védekezési stratégiáinak harmadik típusa a tolerancia, vagyis a növény azon képessége, hogy a kártevő jelenlétében és a károsítás ellenére is olyan erős fejlődési és regenerációs képességekkel rendelkezik, mely elfogadható termésmennyiség előállítását teszi lehetővé (Kogan és Ortman 1978; Flinn et al. 2001; Qiu et al. 2011). A növényi rezisztencia kutatások jellemzően az antibiózis és antixenózis szerepét vizsgálják, azonban fontos megjegyezni, hogy a kártevőkre gyakorolt repellens hatás nehezen számszerűsíthető, hatékonysága pedig változó lehet termőföldi körülmények között (Deletre et al. 2016). A toleranciával ellentétben, az antibiózis és antixenózis valamilyen formában a kártevőre van hatással, arra szelekciós nyomást gyakorol, így fennállhat a veszélye,

hogy a kártevőben is kialakulhat az adott hatás elleni rezisztencia. Emiatt tűnhet kitűnő megoldásnak a tolerancia alkalmazása az integrált növényvédelmi rendszerekben, mechanizmusa azonban nehezebben meghatározható és tanulmányozható, genetikai háttere egyelőre kevésbé ismert. Feltételezhetően több lókuszt és azok interakcióit határozzák meg, ahogyan ez a többi rezisztencia típusra is jellemző (Peterson et al. 2017). Önmagában a vírusvektor fajok esetében sem jelenthet a tolerancia minden kockázatra kiterjedő védelmet, az indukált intenzív növekedés pedig az érést késleltetheti, mellyel a termés mennyiségét és minőségét is negatívan befolyásolhatja. A kártevők elleni rezisztencianemesítés akkor lehet a leghatékonyabb, ha több növényi védekezési mechanizmust is magában foglal (Mitchell et al. 2016).

A nemesítők a modern molekuláris biológia és a rekombináns DNS technológiák segítségével már nagyszámú rezisztens növényfajtát állítottak elő (Lombardo et al. 2016), azonban még a kezdetekben rendkívül ígéretes rekombináns DNS technológiák eredményeként előállított fajták sem jelentenek végleges megoldást. Ahogyan az intenzív növényvédelmi kezelések is inszekticid rezisztencia kialakulásához vezethetnek, a vizsgált 13 jelentősebb kukorica és gyapot kártevő fajban is bizonyították már a Bt (*Bacillus thuringiensis*) toxinokkal szembeni ellenállóságot 1996 és 2011 között (Tabashnik et al. 2013). Ezen felfedezések is jól példázzák a kutatók és nemesítők folyamatos versenyfutását a kártevők alkalmazkodóképességével szemben.

Vizsgálati és kutatási módszerek a dohánytripsz elleni rezisztencianemesítésben

Fajtaösszehasonlító kísérletekhez és a rezisztencia mechanizmusának vizsgálatához is a kártevő jelenlétének és a kártétel mértékének számszerűsítése szükséges. A vizsgálatok során gyakran használnak területre kihelyezett vizes vagy ragacsos színcsapdákat, melyek jó eszközei a rajzásdinamikai megfigyeléseknek, de a megfelelő szín megválasztása kritikus fontosságú. A *T. tabaci* színpreferenciáját vizsgáló kísérletek eredményeinek összevetésekor sokszor eltérő információkkal találkozhatunk (Jenser és Szénási 2004). Ennek oka részben talán az anyaghasználatban keresendő, de azt is tudjuk, hogy egyes *Thysanoptera* fajok adott színre különböző válaszreakciót is mutathatnak eltérő gazdanövény esetén (Kirk 1984). A *T. tabaci* fajkomplexet alkotó összesen három - póréhagyma specialista L1 (arrhenotok) és L2 (telitok), valamint dohány specialista T (arrhenotok) - változattól már kettő (L1 és L2) esetben végeztek elektrofiziológiai méréseket a rovar fotoreceptor rendszerének meghatározására. Ezen eredmények, valamint a két változat különböző hullámhosszúságú fényre adott választását vizsgálva az UV-A és a zöld tartományokba eső fényérzékelési maximumok viselkedését befolyásoló hatását állapították meg, azonban az említett tartományok az L1 és L2 változatok válaszreakcióját eltérő mértékben befolyásolták (Makabe et al. 2014; Egri et al. 2020). A csapdák alkalmazása mellett kedvelt kísérleti módszer a növény egységnyi területén megtalálható kártevők számlálása (Khattak et al. 2004), azok leáztatásával és szűrésével (Doederlein és Sites 1993), vagy a növényi részek Berlese futtatóba való helyezésével (Röth et al. 2016). A feltételezett antibiotizist többnyire nem-választásos tesztek beállítása során igyekeznek a kutatók megismerni, ezzel szemben a fajták antixenotikus hatásának összehasonlításánál a választásos kísérlet az általánosan alkalmazott eljárás. Utóbbinál nem szabad elfelejtenünk, hogy az így tapasztalt rezisztencia szántóföldi körülmények között, amikor nagy területen csupán egyetlen fajta elérhető a kártevő számára, talán nem bizonyul majd megbízhatóan (Diaz-Montano et al. 2011).

A rovarkártévkök elleni rezisztencia genetikai hátterének megismerését nagyban nehezíti, hogy az a legtöbb esetben poligénes, kvantitatív szabályozás alatt áll. Öröklődésük emiatt általában nehezen vizsgálható. A kísérletek értékelését nem csak a két élő szervezet (növény és rovar) közti interakció nehezíti, hanem a genotípus és környezet kölcsönhatása is jelentősen befolyásolhatja az eredményeket (Kliebenstein 2018). A termesztett növényfajok vad rokonai legtöbbször értékes forrásai a rezisztencianemesítésnek. Az új generációs markerezési és szekvenálási technológiák (NGS- next generation sequencing) precíz fenotipizálási eljárásokkal kombinálva gyors és hatékony eszközök az agronómiailag fontos tulajdonságok genetikai hátterének feltérképezésében (Tamiru et al. 2015). A genotipizálás mellett a sikeres térképezési folyamat másik kulcsa a nagy pontosságú adatok gyűjtése a fenotipizálás során. A szoftveres fotó-analízis olyan, egyre szélesebb körben alkalmazott nem-destruktív eljárás, mellyel akár egyszerre több tulajdonság is vizsgálható. Jól átgondolt használatával a szubjektív vizuális értékelésnél sokkal precízebb adatok – és ezzel pontosabb térképezési eredmények – nyerhetők. A felvételezett tulajdonság megválasztása fontos, hiszen például a kártétel, termésátlag vagy klorofill tartalom vizsgálata jó mérőszámot adhat a különböző rezisztencia típusok együttes hatékonyságáról. Az említett tulajdonságok kialakulásában ugyanakkor több tényező is szerepet játszik, így nem meglepő módon rendszerint alacsony az öröklődési rátájuk. Genetikai térképezés céljára speciális tulajdonságok vagy komponensek vizsgálata a legmegfelelőbb (Goggin et al. 2015). Egy tulajdonság genetikai hátterének megismeréséhez első lépésben az adott tulajdonságra variabilitást mutató térképezési populáció létrehozása, majd annak fenotipizálása és genotipizálása szükséges, mely adatok összevetésével elvégezhető a QTL (Quantitative trait locus) analízis. A fenotipizálás a populáció egyedeinek genetikai háttere és a környezeti hatások által közösen kialakított morfológiai és biokémiai tulajdonságok felvételezését jelenti, míg a genotipizálás során molekuláris markerek segítségével azonosítjuk a térképezési populáció egyedei közötti genetikai különbségeket a variabilitást mutató kromoszóma régiókban. Az új generációs molekuláris markerek a sikeres térképezést követően is lényeges szerepet játszanak a rezisztencianemesítésben, hiszen nélkülük az azonosított gének és QTL-ek nyomon követése, illetve beépítése az elit vonalakba és új fajtákba a tradicionális nemesítés keretein belül lassú és nehéz folyamat (Tamiru et al. 2015). A fent említett módszerek, a következőkben részletezett néhány termesztett növényfaj/család esetében is a kutatások és a nemesítői munka alapjai, ahol a dohánytripsz elleni rezisztencia kialakítása kiemelt szerepet kap.

Dohánytripsz rezisztencia kutatások aktuális eredményeinek áttekintése néhány gazdaságilag jelentős növényfaj, illetve növény család esetében

Hagyma

A hagyma (*Allium cepa*) volt az egyik első növényfaj, amelyen a dohánytripsz gazdaságilag jelentős veszteségeket okozott mind kártételével, mind az IYSV (*Iris yellow spot virus*) vektor szervezeteként (Pozzer et al. 1999). Az erős antixenotikus tulajdonságokkal rendelkező tripsz rezisztens fajták termesztése ezért ígéretes a vírusfertőzés valószínűségének a csökkentésére is (Diaz-Montano et al. 2010). A dohánytripsz kártétele a hagyma levelein szembetűnő, szívogatása nyomán a leveleken ezüstös, elfehéredő foltok jelennek meg. A fotoszintetikus aktivitás nagy mértékű csökkenése akár 50%-os termésvesztést is okozhat (Fournier et al. 1995). A rezisztencianemesítés eredményeképpen

előállított új fajták integrált növényvédelmi rendszerbe építése kiemelt fontosságú, főként a magas szintű növényi rezisztencia hiányában, és a dohánytripsz kémiai hatóanyagokkal szembeni rezisztenciája miatt is (Tripathy et al. 2014; Haider et al. 2014).

A hagyma dohánytripsz rezisztenciájának komplex öröklődését alátámasztó kutatások eredményei szerint a becsült szűkebb és tágabb értelemben vett örökölhetőségi értékszám alacsony, a számítási módszertől függően mindössze 5,3% és 4,0%, illetve 4,1% és 8,0% közötti értéket ér el (Hamilton et al. 1999). A rezisztencia öröklődési adatok elemzése nem mutatott egyezőséget az additív-domináns modellel, és episztázis jelenlétét feltételezi, melynek alapján a rezisztencianemesítés hatékonyságának növelése érdekében a család teljesítménye alapján való szelekciót kellene előtérbe helyezni az egyedszelekcióval szemben (Hamilton et al. 1999).

A növényi rezisztencia források szerencsére megtalálhatóak hagymában, számos publikáció elérhető az egyes fajták dohánytripszszel szembeni ellenállóságának különböző módszerekkel való összehasonlításáról (Alimousavi et al. 2007; Diaz-Montano et al. 2010; Bocak 1995). A fajták között mutatkozó különbségek okainak feltárása már összetettebb feladatnak mutatkozik, a kísérletek körülményeitől függően az eredmények akár ellentmondásosnak is tűnhetnek. Már egy 1979-es, 4 hagyma fajtát vizsgáló tanulmányban megállapították, hogy a kártétel kialakulásában legnagyobb szerepet a lárvák játsszák, és az adott fajta fogékonyságának jellemzésére a legjobb eszköz a növényen lévő lárvák megszámlálása (Coudriet et al. 1979). A lárvák mennyiségét pedig nagyban meghatározza a nőstények tojásrakása, melynek eltéréseit vizsgáló nem-választásos tesztek során azonban az antibiotikus és antixenotikus hatások nehezen különíthetők el, hiszen akár a kezdeti antixenotikus hatás miatt csökkent táplálkozás is befolyásolhatja negatívan az egyedek tojásrakási képességét. Amennyiben a vizsgálat során a fogékony és rezisztens fajta a lerakott tojások számában nem, a lárvák számát tekintve azonban szignifikáns különbséget mutat, az eltérő lárvamortalitásra és antibiotikus rezisztenciára utal (Diaz-Montano et al. 2012).

A rezisztencia kutatások egyik fő irányvonala a növény azon morfológiai tulajdonságainak azonosítása, amelyek bizonyos mértékben befolyásolhatják, hogy az adott fenotípusú növény milyen feltételeket biztosít a kártevő táplálkozásához, szaporodásához és fejlődéséhez. Sikerült például kimutatni összefüggéseket a növény levélalakja és levélállása (Hudák és Pénzes 2004), illetve a dohánytripsz populáció nagysága között. Úgy tűnik azonban, hogy ezeken túl más tulajdonságok is befolyásolják a rezisztencia kialakulását.

Választásos tesztekkel jól vizsgálhatók a levelek fényvisszaverése és a rezisztencia közötti összefüggések, melyek erős antixenotikus hatást feltételeznek. A gazdanövény kiválasztásában a vizuális ingerek mellett az imágókat befolyásolhatják például a növényi illatanyagok is. Utóbbi tulajdonságra célzottan beállított választásos teszt során ugyan nem sikerült szignifikáns eltérést kimutatni (Diaz-Montano et al. 2012), ugyanakkor a növényekben található nagyszámú vegyület dohánytripsz viselkedésére gyakorolt hatása sem zárható ki teljesen. Ezzel szemben a levelek színének kulcsszerepét spektrofotométeres mérésekkel is sikerült már bizonyítani: a rezisztens fajtákra a sárgás-zöldes levélszín, a fogékonyabb fajtákra pedig kékes-zöld árnyalat jellemző. Érdekes, hogy ugyan a dohánytripsz a magas UV reflexióval rendelkező felületeket inkább elkerüli (Kirk 1984), hagymán végzett kísérletekben erősen fogékony fajták esetében azonban pozitív korreláció mutatkozott a dohánytripsz által okozott kár mértéke és a levelek UV reflexiója között (Diaz-Montano et al. 2012). Ez a viselkedés feltételezhetően összefüggésben áll a növény leveleit borító

viaszréteg vastagságával is. Régóta megfigyelték már, hogy a fényes levelű, csökkent mértékű viaszbevonattal rendelkező fajták nagyobb fokú rezisztenciát mutatnak a matt levélfelületű, fogékony fajtákkal szemben (Alimousavi et al. 2007). Ilyen jellegű összefüggéseket azonosítottak más növényfajok és kártevők esetében is (Eigenbrode et al. 1991; Lowe et al. 1985; Weibel és Starks 1986; Stoner 1990). Ennek magyarázata talán abban rejlik, hogy a viaszréteg bizonyos kémiai alkotóelemei segíthetik a rovar a gazdanövény megtalálásában és azonosításában (Eigenbrode és Espelie 1995). Habár ez jó iránynak tűnhet a nemesítők munkájának támogatásához, ugyanakkor a teljesen viaszmentes fenotípus természetese nem jelenthet gyakorlati megoldást, hiszen az extrém módon ki van téve az időjárási körülményeknek, illetve a kórokozók vagy a növényvédő szerek által okozott károknak. A megoldást a mérsékelt mennyiségű viaszréteggel rendelkező fajták nemesítése jelentheti, mivel azonban az alacsonyabb viasz mennyiség recesszívén öröklődik, annak nyomon követésére molekuláris markerekre van szükség. A különböző típusú és mennyiségű viaszréteg természetes variabilitása szerencsére a termesztett hagyma esetében is megtalálható. Sikertült már néhány olyan QTL-t azonosítani a hagyma 2-es és 5-ös kromoszómáján, amelyek összefüggésben állnak néhány elsődleges viaszréteget alkotó vegyület bioszintézisével és koncentrációjával (Damon és Havey 2014). Ezek a régiók hasznos kiindulópontjai lehetnek majd egy olyan markerekre alapozott rendszer kidolgozásához, amely a viaszréteg típusának és mennyiségének befolyásolásával igyekszik az új fajtákban a dohánytripsz rezisztenciát biztosítani.

Pillangósvirágúak

A homoki bab (*Vigna unguiculata*) számos más magyar néven ismert, többek között mint tehénborsó, csicseribab, vagy piribab. Termesztése nagy gazdasági jelentőséggel bír főleg a szub-szaharai Afrika termelői számára, ahol nem mindig állnak rendelkezésre a növényvédő szerek szakszerű alkalmazásához szükséges anyagi források, illetve a vegyszeres növényvédelem a tripszekben kialakuló inszekticid rezisztencia miatt sem igazán hatékony. A homoki bab egyike azon kevés termesztett növényfajnak, ahol nemcsak a dohánytripsz elleni rezisztenciát meghatározó biokémiai és morfológiai tulajdonságokat igyekeznek a kutatók meghatározni, hanem a tripsz rezisztencia molekuláris hátterének feltárása is megkezdődött már. Az előzmények közül érdemes megemlíteni a *Fabaceae* családban elsőként, a közeli rokon növényfaj, a veteménybab (*Phaseolus vulgaris*) és a pálmatripsz (*Thrips palmi* Karny, Thysanoptera: Thripidae) által okozott kártétellel végzett genetikai térképezés eredményeit (Frei et al. 2005), valamint a homoki bab *Megalurothrips sjostedti* Trybom (Thysanoptera: Thripidae) tripszfaj elleni rezisztenciájának térképezési eredményeiről megjelent publikációt is (Omo-Ikerodah et al. 2008). A rezisztencia mindkét esetben több gén által meghatározott tulajdonságnak bizonyult, melyek között nagyhatású QTL-t is sikerült azonosítani.

A 2010-ben megjelent *T. tabaci* és *Frankliniella schultzei* Trybom (Thysanoptera: Thripidae) kártétele alapján végzett QTL analízis eredményeit bemutató publikáció volt az első lépés a homoki bab dohánytripsz rezisztenciával kapcsolatos genetikai információk gyűjtésében, melynek hosszútávú célja a nemesítés segítésére (MAS - marker assisted selection keretein belül) megbízhatóan alkalmazható molekuláris markerek fejlesztése. Ezen kutatásban a rekombináns beltenyésztett térképezési populáció segítségével összesen három (Thr-1, Thr-2, és Thr-3) QTL-t sikerült azonosítani, a növény 11 kromoszómája közül az 5-ös és 7-es kapcsoltsági csoportokon. Molekuláris markerek tervezéséhez ezek közül megfelelő jelöltként tekinthető a legnagyobb hatású Thr-2 QTL, mellyel

a legnagyobb százalékban magyarázható az adott populációban előforduló fenotípusos variabilitás, valamint a hatás mértéke szerint következő Thr-1 QTL (Muchero et al. 2010). Lucas és munkatársai (2012) a korábbi térképezés fenotípusos adatainak és további újonnan létrehozott populációkból gyűjtött adatok felhasználásával és összevetésével, a tripsz rezisztenciát SNP (single nucleotide polymorphism) markerekkel társították. Az első térképezés eredményéhez hasonlóan összesen három QTL-t azonosítottak, melyből kettő (Thr-1 és Thr-2) nagyhatású, egy (Thr-3) pedig kis hatású QTL-nek bizonyult. A korábbiaktól eltérően, ezek a 2-es, 4-es és 10-es kapcsoltsági csoportokra térképeződtek, a fenotípusos variabilitás 32, 22 és 9%-át magyarázva az összevont elemzés során. A három QTL-ből az egyiket (Thr-1) mindkét, míg a másik kettőt (Thr-2 és Thr-3) csak az egyik, illetve a másik populáció adataiból sikerült azonosítani. Lehetséges, hogy a különböző populációkban Thr-2 és Thr-3 néven azonosított QTL-ek valójában egymástól eltérő régiók (Lucas et al. 2012). Nem lehet általános következtetéseket levonni egy-egy növényfaj bizonyos tulajdonságáról csupán szűk genetikai bázis vizsgálata alapján - mint jelen esetben is -, ahol az elemzéshez használt két térképezési populáció egy-egy szülővonalának származása nagyon hasonló. Ezért átfogó, különböző genotípusokon is biztonságosan alkalmazható molekuláris markerek fejlesztéséhez itt is további, lehetőleg minél szélesebb körből kiválasztott vonalak és fajták vizsgálatba vonása lenne szükséges.

Paprika

A paprika (*Capsicum annuum*) kártevői közül a legnagyobb károkat a dohányliszteske (*Bemisia tabaci*) és néhány tripszfaj okozza. A tripszfajok paprikán történő károsítása azért is kiemelkedően fontos, mert a paradicsom foltos hervadás vírusának (*Tomato spotted wilt virus* -TSWV) potenciális vektorai. Különböző kísérleti módszerek esetében is igazolták, hogy nagyobb fokú rovarrezisztenciával rendelkező növényállományokban a vírus jelentősen lassabban terjed. Ugyan a tripsz rezisztencia nem biztosít feltétlen védelmet a vírussal szemben is, azonban a nemesítőknek érdemes kiemelt figyelmet fordítani rá. A rezisztens növényeken ugyanis összességében kevesebb időt töltenek a tripszek, így a vírus átadásának a lehetősége is csökken, ezenfelül a csökkent tojásrakás és megemelkedett lárva-mortalitás is lényeges a vírus terjedésének megelőzésében (Maris et al. 2003a; Maris et al. 2003b; Maris et al. 2004).

A többi érintett növényfajhoz hasonlóan a kutatók igyekeznek megtalálni a tripsz rezisztenciával összefüggésbe hozható növényi tulajdonságokat a paprika esetében is. A morfológiai tulajdonságok közül a szőrözöttség genetikai hátterét és feltételezett szerepét vizsgálva azonosítottak ugyan egy QTL-t a paprika 10-es kromoszómáján, de végül nem sikerült bizonyítani az összefüggést a tripsz rezisztencia mértékével (Maharijaya et al. 2015). A növényi metabolitok a rezisztencia kialakulásához leginkább a rovar fejlődésére és reprodukciójára kifejtett hatásukkal járulnak hozzá, akár teljes mértékben blokkolva az L_1 -es és L_2 -es stádiumú lárvák fejlődését (Maharijaya et al. 2012). Amennyiben a kutatóknak sikerül majd pontosan azonosítani a folyamatban részt vevő vegyületeket, azok tripsz rezisztenciával való összefüggésének feltárása és nyomon követése a későbbiekben hasznos eszköz lehet a nemesítés számára.

A jelentősebb paprika kártevő tripszfajok között szerepel a dohánytripsz és a nyugati virágotripsz is (*Frankliniella occidentalis* [Pergande], Thysanoptera: Thripidae), e két faj bevonásával készült vizsgálatok során azonosítottak néhány olyan régiót a paprika genomjában, mely a tripsz rezisztenciával

is összefüggésben állhat. Egy 2008-ban indított szabadalmi kérelem a paprika 5-ös kromoszómáján jelöl meg egy olyan régiót, amelyet tartalmazó genotípust rovar-rezisztensként ír le (Linders et al. 2015). Ugyancsak 2015-ben publikálták egy másik genetikai térképezés eredményét is, a paprika nyugati virágr tripsz elleni rezisztenciájáról. A toleranciával szemben az antibiózis fokozott szerepére, és az additív hatások jelentőségére hívja fel a tanulmány a figyelmet. Érdekes, hogy ugyan a két kísérletben használt térképezési populációk rezisztens szülővonalja ugyanaz a genotípus volt, de az eredmények nem mutatnak átfedést. Az utóbbi esetében a 6-os kromoszómára térképeződött az a régió, amely egyébként a genetikai variabilitás akár 50%-át magyarázta. Ez az eltérés következhet az eltérő kísérleti módszerekből, de akár azt is jelezheti, hogy a rezisztencia kialakításában két fő faktor is szerepet játszik, de mindkét populáció csak az egyikre szegregálódik. Vagyis az 5-ös kromoszómán a rezisztens allélt tartalmazó populáció csak a 6-os kromoszómán lokalizált rezisztens allél jelenlétében eredményez rezisztens fenotípust, vagy fordítva (Maharajaya et al. 2015). Mára már sok más, elsősorban kórokozók elleni rezisztenciához kapcsolt molekuláris marker segíti a paprikanemesítők munkáját. Ezekhez hasonlóan a dohánytripsz rezisztenciát akár már palántakorban kimutató potenciális markerek nagy mértékben csökkenthetik az idő- és munkaráfordítást, ezzel növelve a nemesítés hatékonyságát. A következő lépés a már azonosított QTL-ek hatásának igazolása, és a nagyhatású régiók finomtérképezése a szorosan kapcsolt molekuláris markerek tervezéséhez.

Káposzta

Az utóbbi évtizedekben a fejes káposztán (*Brassica oleracea* var. *capitata*) megjelenő, gyakran nagyméretű *T. tabaci* populációk már jelentős károkat okoznak a termelésben (Fox és Delbridge 1977; Shelton et al. 1983; Kahrer 1992; Péntes et al. 1996; Shelton et al. 1998). A legtöbb gazdanövénytől eltérően, a fejes káposztán a dohánytripsz kártételét a táplálkozása nyomán a leveleken megjelenő elparásodó foltok jelentik, mely súlyos esetben teljesen ellehetetleníti a termék értékesítését. Több éven át tartó, nagyszámú fajta és hatóanyag bevonásával végzett kísérletek erősítették meg, hogy az ellenálló káposztafajták termesztése az inszekticideknél hatékonyabb védekezési módszer, akár a növényvédő szeres kezelések teljes elhagyásával is (Shelton et al. 1998). A betelepülő egyedek és további generációk táplálkozásához és szaporodásához ideális, védett éleletteret biztosít a záródó fej (Fail et al. 2013). Ugyan a káposzta fejesezési fázisának a dohánytripsz rajzási időszakán kívüli időzítésével eredményesen csökkenthető a kártétel (Voorrips et al. 2008), ez azonban a különböző hasznosítású fajták eltérő igényei és vegetációs időszakuk hossza miatt, a legtöbb esetben sajnos nem megoldható.

Már elérhetőek olyan káposztafajták, melyek nagyfokú rezisztenciát mutatnak a dohánytripszszel szemben, azonban a rezisztencia pontos mechanizmusát és genetikai hátterét a mai napig nem ismerjük. A nemesítőnek jelenleg a munka- és időigényes módszer, a levelek egyesével történő lefejtése és ellenőrzése adhat csak információt az adott genotípus fogékonyságáról. A szelekciós munka optimalizálásához az egyik lehetőség itt is a rezisztenciát erősen befolyásoló növényi tulajdonságok meghatározása, mely témában már számos publikáció született.

Már az 1980-es években megindult a kutatás a növényi rezisztencia források és a rezisztencia mechanizmusának azonosítására a fejes káposzta esetében. New York államban 1988-ban összesen 24 frisspiaci fajta összehasonlító elemzését elvégezve arra a megállapításra jutottak, hogy az antixenózis nem lehet az egyetlen faktor, az antibiózis vagy a tolerancia is szerepet játszhat a rezisztencia

kialakításában (Shelton et al. 1988), melyet későbbi kutatások is alátámasztanak (Fail et al. 2013). Szintén kísérlettel igazolták, hogy a magasabb rezisztencia szinttel rendelkező és a fogékonyabb fajták közti különbség nem a szívogatásra adott növényi válaszreakció, vagyis a kalluszképződési intenzitás eltéréseinek, sokkal inkább a kártevő eltérő egyedszámának eredménye (Stoner és Shelton 1988a). Szintén meglehetősen korán, már az 1989-es évben végeztek vizsgálatokat a dohánytripsz rezisztencia öröklődésének jellegéről. Nagyfokú rezisztenciát vagy fogékonyságot mutató vonalak különböző kombinációiból származó populációkat vizsgálva arra a következtetésre jutottak, hogy a tripszszel szembeni fogékonyság domináns jelleg a rezisztenciával szemben. Több esetben a szülővonalak keresztezéséből származó F1 növények fogékonysága felülmúlta a fogékony szülőét. A rezisztenciát meghatározó gének és az azok működése közötti kölcsönhatások alaposabb megismeréséig célravezetőbb nemesítési módszerként ajánlották a szülővonalak saját teljesítményére alapozott szelekció helyett a beltenyésztett vonalak teljesítményének megítélését, azok hibrid kombinációinak rezisztenciája alapján (Stoner et al. 1989).

A dohánytripsz káposztafajták közötti preferenciája tekintetében az antixenózis fontosságát, különösen a vizuális ingerek jelentőségét mutatják azon kísérlet eredményei, ahol választási lehetőséget biztosítottak mind szabadföldi, mind laboratóriumi körülmények között. Az előbbi esetben egyértelmű eltérés mutatkozott a fogékony és rezisztensként ismert fajták között, míg laboratóriumban, ahol csupán levélkorongok között választhattak a tripszek, nem mutatkozott kifejezett preferencia (Stoner és Shelton 1988b). A vizuális ingerek fontosságát tovább hangsúlyozzák azon eredmények, ahol a fejet alkotó káposztalevelek fényvisszaverésének mért értékei és a fejben megtalált imágók száma között összefüggés van (Fail et al. 2008). A fejedési fázisban a fejet alkotó levelek intenzív fényvisszaverése UV tartományban kevéssé attraktív a tripszek számára, mely hatás még erősebb abban az esetben, ha a fejet alkotó és a fejet körülvevő külső idősebb levelek reflexiója nagy kontrasztot mutat (Bálint et al. 2013a). Nagyszámú publikáció hasonlítja össze különböző színcsapdák dohánytripsz fogási arányát, de a következtetések csak a csapdák fényvisszaverési paramétereinek műszeres mérésével lehetnek relevánsak. A csapdák fogási adatai, valamint spektrofotométeres mérési eredményei arra utalnak, hogy a dohánytripsz legalább kétféle fotoreceptor rendszerrel rendelkezik, a zöldes-sárga (540-570 nm) és az UV-A tartományokban (350-360 nm), melyek nagy szerepet játszanak a gazdanövény választás során (Róth et al. 2016). Elektrofiziológiai mérések segítségével már sikerült még pontosabban meghatározni a dohánytripsz fényérzékelési maximumait, melyeket az L1 változat esetében 362 és 532 nm (Makabe et al. 2014), míg az L2 változat esetében 368 és 521 nm hullámhosszúakon azonosítottak (Egri et al. 2020).

A számos egyéb morfológiai tulajdonság vizsgálatakor a feltételezésekkel ellentétben nem minden esetben sikerült összefüggést kimutatni a fajták tripsz rezisztenciájával. A fejet alkotó levelek epidermisz vastagsága például nem bizonyult befolyásoló tényezőnek (Bálint et al. 2013b), azonban a dohánytripsz kártétele és a káposzta leveleinek viaszbevonata között negatív korrelációt állapítottak meg (Trdan et al. 2008). A kutatási eredmények értékelését nehezítik a különböző évek és helyszínek között tapasztalható időbeli és a kártétel mértékének alakulását érintő eltérések. Ezzel együtt is elmondható, hogy a tripsz kártétellel ugyan szignifikáns összefüggéseket mutat pl. a fej kitöltöttsége vagy a levél vastagsága, azonban nincs olyan morfológiai tulajdonság, mely önmagában biztosíthatná a nagyfokú rezisztencia elérését, ez pedig a nemesítők munkáját nagyban nehezítő oligo- vagy poligénes öröklődést támasztja alá (Voorrips et al. 2008).

Ahogy más növényfajok és kártevők esetében is, feltételezhetően egyes növényi vegyületek szerepet játszanak a fejes káposzta tripsz rezisztens fenotípusainak kialakulásában. A vízben oldódó szénhidrátok vizsgálata során a növény fruktóz és glükóz tartalma több kísérletben is szignifikánsan negatív, míg egyes esetekben a káposztalevelek szacharóz tartalma pozitív korrelációban állt a tripszek kártételének mértékével (Žnidarčič et al. 2007; Trdan et al. 2008). A *Brassicaceae* családban megtalálható glükozinolátokat a kártevők elleni védekezési rendszer részeként ismerjük. A növény glükozinolát tartalma és általános állapota, illetve a kártevői által okozott károk között összefüggések mutatkoznak. Ezen vegyületek nagyfokú variabilitást mutatnak a lúdfű (*Arabidopsis thaliana*) esetében is, ugyanakkor hatásuk nem tekinthető általánosnak minden kártevőre nézve (Bidart-Bouzat és Kliebenstein 2008). Míg az adott növényfajra specializálódott kártevők esetében inkább táplálkozást stimuláló, addig a generalista fajok esetében gátló hatással bírnak (Bones és Rossiter 1996). Ebből kifolyólag a célzottan történő szelekcióval talán egy bizonyos kártevő által okozott kár csökkenthető, de elképzelhető, hogy ezáltal más fajok számára vonzóbbá válik az adott genotípus.

A fejes káposzta esetében is megkezdődött már a dohánytripsz rezisztencia genetikai hátterének feltérképezése. Az első és egyetlen publikált eredmény egy szabadalomban olvasható, és némileg ellentmond a feltételezésnek, hogy ezen tulajdonság több gén szabályozási körébe tartozik. A viszonylag kisméretű térképezési populációban, összesen 6 marker megjelölésével azonosított, meglehetősen nagy régió a káposzta 2-es kromoszómáján található. Öröklődése alapján a szerző a fejes káposzta dohánytripsz rezisztenciáját monogénes additív tulajdonsággként jellemzi (Löptien 2017). A rezisztenciáért felelős kromoszómaregió(k) pontosabb meghatározásához további vizsgálatok szükségesek. Eltérő genotípusok és rezisztenciaforrások bevonásával megerősíthető volna a monogénes jelleg, vagy azonosíthatóak lennének a rezisztencia kialakításában fontos szerepet játszó esetleges további QTL-ek. Ezen régiók pontos ismeretében kezdődhet majd meg a molekuláris markerek fejlesztése és használata a fejes káposzta nemesítésének ezen területén is.

Perspektíva

A klímaváltozás hatására feltételezhetően újabb és újabb kártevőkkel kell szembenéznünk a közeljövőben, a már eddig is megjelent fajok gyorsabb elszaporodásához pedig klímánk még kedvezőbbé válhat. Matematikai modellezési eljárásokkal lehetőség nyílik a különböző hőmérsékleteken ismert szaporodási és fejlődési ütem, valamint a klíma scenáriók segítségével előrejelzéseket készíteni a változó klimatikus körülmények hatásáról a dohánytripsz populációdinamikájára is. Ezen modellek megbízhatósága kérdéses, mert nagy számban tartalmaznak feltételezéseket. A dohánytripsz esetében is durva egyszerűsítés csupán a hőmérséklet hangsúlyozása, hiszen számos más faktor befolyással lehet a populációdinamikára, mint például a csapadék, páratartalom, CO₂-tartalom vagy a rovar adaptációs képessége. Ugyanakkor a potenciálisan bekövetkező környezeti változások valószínűsíthetően a dohánytripsz számára kedvező időszakok hosszának és az évenkénti generációk számának változásával, nagyobb populációkat és ezzel együtt jelentős kártétel növekedést okozhatnak (Bergant et al. 2005). Minden eszközre szükség van a nemesítési folyamatok támogatásához és felgyorsításához, hogy mielőbb új fajtákkal tudjunk válaszolni a gyorsan változó igényekre is. A markerekre alapozott szelekció lehetőséget biztosít a korai egyedfejlődési fázisban történő munkára, akár a környezeti

tényezőktől függetlenül. Bővülő genetikai ismereteink mellett alkalmazásuk mára a rezisztenciamezítés alapvető eszközévé vált. A hatékonyság növelése mellett a markerek lehetőséget nyújtanak több rezisztencia egyidejű beépítésére, és ezzel a jövőbeni kihívások között is sikeresen termesztethető új fajták előállítására.

Irodalomjegyzék

1. Alimousavi, S.A., Hassandokht, M. and Moharramipor, S. 2007. Evaluation of Iranian onion germplasm for resistance to Thrips. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9: 455-8.
2. Bálint, J., Nagy, B.V. and Fail, J. 2013a. Correlations between colonization of onion thrips and leaf reflectance measures across six cabbage varieties. *PloS one*, 8(9).
3. Bálint, J., Burghardt, N., Höhn, M.M., Péntes, B. and Fail, J. 2013b. Does epidermal thickness influence white cabbage resistance against onion thrips (*Thrips tabaci*)? *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 41(2): 444-449.
4. Bergant, K., Trdan, S., Žnidarčič, D., Črepinšek, Z. and Kajfež-Bogataj, L. 2005. Impact of climate change on developmental dynamics of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae): Can it be quantified? *Environmental Entomology*, 34(4): 755-766.
5. Bidart-Bouzat, M.G. and Kliebenstein, D.J. 2008. Differential levels of insect herbivory in the field associated with genotypic variation in glucosinolates in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Chemical Ecology*, 34(8): 1026-1037.
6. Bocak, L. 1995. Comparison of onion cultivars in view of the infestation with onion thrips (*Thrips tabaci* Lind.) (No. RESEARCH).
7. Bones, A.M. and Rossiter, J.T. 1996. The myrosinase-glucosinolate system, its organisation and biochemistry. *Physiologia Plantarum*, 97(1): 194-208.
8. Coudriet, D.L., Kishaba, A.N., McCreight, J.D. and Bohn, G.W. 1979. Varietal resistance in onions to thrips. *Journal of Economic Entomology*, 72(4): 614-615.
9. Damon, S.J. and Havey, M. J. 2014. Quantitative trait loci controlling amounts and types of epicuticular waxes in onion. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 139(5): 597-602.
10. Deletre, E., Schatz, B., Bourguet, D., Chandre, F., Williams, L., Ratnadass, A. and Martin, T. 2016. Prospects for repellent in pest control: current developments and future challenges. *Chemoecology*, 26(4): 127-142.
11. Diaz-Montano, J., Fail, J., Deutschlander, M., Nault, B.A. and Shelton, A.M. 2012. Characterization of resistance, evaluation of the attractiveness of plant odors, and effect of leaf color on different onion cultivars to onion thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 105(2): 632-641.
12. Diaz-Montano, J., Fuchs, M., Nault, B.A. and Shelton, A.M. 2010. Evaluation of onion cultivars for resistance to onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) and Iris yellow spot virus. *Journal of Economic Entomology*, 103(3): 925-937.
13. Diaz-Montano, J., Fuchs, M., Nault, B.A., Fail, J. and Shelton, A.M. 2011. Onion thrips (Thysanoptera: Thripidae): a global pest of increasing concern in onion. *Journal of Economic Entomology*, 104(1): 1-13.
14. Doederlein, T.A. and Sites, R.W. 1993. Host plant preferences of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) for onions and associated weeds on the Southern High Plains. *Journal of Economic Entomology*, 86(6): 1706-1713.
15. Eigenbrode, S.D. and Espelie, K.E. 1995. Effects of plant epicuticular lipids on insect herbivores. *Annual Review of Entomology*, 40(1): 171-194.
16. Eigenbrode, S.D., Stoner, K.A., Shelton, A.M. and Kain, W.C. 1991. Characteristics of glossy leaf waxes associated with resistance to diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in *Brassica oleracea*. *Journal of Economic Entomology*, 84(5): 1609-1618.
17. Egri, Á., Farkas, P., Bernáth, B., Guerin, P. M. and Fail, J. 2020. Spectral sensitivity of L2 biotype in the *Thrips tabaci* cryptic species complex. *Journal of Insect Physiology*, 121: 103999.

18. Fail, J., Deuschlander, M.E. and Shelton, A.M. 2013. Antixenotic resistance of cabbage to onion thrips (Thysanoptera: Thripidae). I. Light reflectance. *Journal of Economic Entomology*, 106(6): 2602-2612.
19. Fail, J., Zana, J. and Péntzes, B. 2008. The role of plant characteristics in the resistance of white cabbage to onion thrips: preliminary results. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 43(2): 267-275.
20. Flinn, M., Smith, M., Reese, J. and Gill, B. 2001. Categories of resistance to greenbug (Homoptera: Aphididae) biotype I in *Agilops tauschii* germplasm. *Journal of Economic Entomology*, 94:558-563.
21. Fox, C.J. and Delbridge, R.W. 1977. Onion thrips injuring stored cabbage in Nova Scotia and Prince Edward Island. *Phytoprotection*, 58: 57-58.
22. Fournier, F., Boivin, G. and Stewart, R.K. 1995. Effect of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on yellow onion yields and economic thresholds for its management. *Journal of Economic Entomology*, 88(5): 1401-1407.
23. Frei, A., Blair, M.W., Cardona, C., Beebe, S.E., Gu, H. and Dorn, S. 2005. QTL mapping of resistance to *Thrips palmi* Karny in common bean. *Crop Science*, 45(1): 379-387.
24. Goggin, F.L., Lorence, A. and Topp, C.N. 2015. Applying high-throughput phenotyping to plant-insect interactions: picturing more resistant crops. *Current Opinion in Insect Science*, 9: 69-76.
25. Haider, K., Ghulam, A., Asifa, H., Ghayour, A. and Amjad, A. 2014. Losses in onion (*Allium cepa*) due to onion thrips (*Thrips tabaci*) (Thysanoptera: Thripidae) and effect of weather factors on population dynamics of thrips. *World Applied Sciences Journal*, 32(11): 2250-2258.
26. Hamilton, B.K., Pike, L.M., Sparks, A.N., Bender, D.A., Jones, R.W., Candeia, J. and De Franca, G. 1999. Heritability of thrips resistance in the 'IPA-3' onion cultivar in South Texas. *Euphytica*, 109(2): 117-122.
27. Hudák, K. and Péntzes, B. 2004. Factors influencing the population of the onion thrips on onion. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 39(1-3): 193-197.
28. Jenser, G. and 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.
29. Kahrer, A. 1992. Monitoring the timing of peak flight activity of *Thrips tabaci* in cabbage fields. *Bulletin OILB/SROP* 15: 28-35.
30. Khattak, M.K., Ali, S. and Chishti, J.I. 2004. Varietal resistance of mungbean (*Vigna radiata* L.) against whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.), jassid (*Amrasca devastans* Dist.), and thrips (*Thrips tabaci* Lind.). *Pakistan Entomologist*, 26(1): 9-12.
31. Kirk, W.D. 1984. Ecologically selective coloured traps. *Ecological Entomology*, 9(1): 35-41.
32. Kliebenstein, D.J. 2018. Quantitative genetics and genomics of plant resistance to insects. *Annual Plant Reviews Online*, 235-262.
33. Kogan, M. and Ortman, E. 1978. Antixenosis: a new term proposed to define Painter's "nonpreference" modality of resistance. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 24:175-176.
34. Linders, E.G.A., Nicolet, J.L.M.E. and Van Wijk, H.J. 2015. U.S. Patent No. 8,993,855. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
35. Lombardo, L., Coppola, G. and Zelasco, S. 2016. New technologies for insect-resistant and herbicide-tolerant plants. *Trends in Biotechnology*, 34(1): 49-57.
36. Lowe, H.J.B., Murphy, G.J.P. and Parker, M.L. 1985. Non-glaucousness, a probable aphid-resistance character of wheat. *Annals of Applied Biology*, 106(3): 555-560.
37. Löptien, H. 2017. U.S. Patent No. 9,765,357. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
38. Lucas, M.R., Ehlers, J.D., Roberts, P.A. and Close, T.J. 2012. Markers for quantitative inheritance of resistance to foliar thrips in cowpea. *Crop Science*, 52(5): 2075-2081.
39. Maharijaya, A., Vosman, B., Steenhuis-Broers, G., Pelgrom, K., Purwito, A., Visser, R.G. and Voorrips, R.E. 2015. QTL mapping of thrips resistance in pepper. *Theoretical and Applied Genetics*, 128(10): 1945-1956.
40. Maharijaya, A., Vosman, B., Verstappen, F., Steenhuis-Broers, G., Mumm, R., Purwito, A., Visser, R.G. and Voorrips, R.E. 2012. Resistance factors in pepper inhibit larval development of thrips (*Frankliniella occidentalis*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 145(1): 62-71.

41. Makabe, T., Futamura, T., Noudomi, T., Wakakuwa, M. and Arikawa, K. 2014. Phototaxis of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* and onion thrips, *Thrips tabaci* and the possibility of controlling thrips using ultraviolet-emitting trap in the greenhouse of Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu*). Japanese Journal of Applied Entomology & Zoology, 58(3).
42. Maris, P.C., Joosten, N.N., Peters, D. and Goldbach, R.W. 2003a. Thrips resistance in pepper and its consequences for the acquisition and inoculation of tomato spotted wilt virus by the western flower thrips. Phytopathology, 93(1): 96-101.
43. Maris, P.C., Joosten, N.N., Goldbach, R.W. and Peters, D. 2003b. Restricted spread of tomato spotted wilt virus in thrips-resistant pepper. Phytopathology, 93(10): 1223-1227.
44. Maris, P.C., Joosten, N.N., Goldbach, R.W. and Peters, D. 2004. Decreased preference and reproduction, and increased mortality of *Frankliniella occidentalis* on thrips-resistant pepper plants. Entomologia Experimentalis et Applicata, 113(3): 149-155.
45. Mitchell, C., Brennan, R.M., Graham, J. and Karley, A.J. 2016. Plant defense against herbivorous pests: exploiting resistance and tolerance traits for sustainable crop protection. Frontiers in Plant Science, 7: 1132.
46. Muchero, W., Ehlers, J.D. and Roberts, P.A. 2010. QTL analysis for resistance to foliar damage caused by *Thrips tabaci* and *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) feeding in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. Molecular Breeding, 25(1): 47-56.
47. Omo-Ikerodah, E.E., Fawole, I. and Fatokun, C.A. 2008. Genetic mapping of quantitative trait loci (QTLs) with effects on resistance to flower bud thrips (*Megalurothrips sjostedti*) identified in recombinant inbred lines of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). African Journal of Biotechnology, 7(3).
48. Peterson, R.K., Varella, A.C. and Higley, L.G. 2017. Tolerance: the forgotten child of plant resistance. Peer J. 5:e3934.
49. Péntes, B., Szan, Sz. and Ferenczy, A. 1996. Damage of *Thrips tabaci* on cabbage varieties Hungary. Folia Entomologica Hungarica, 47: 127-137.
50. Pozzer, L., Bezerra, I.C., Kormelink, R., Prins, M., Peters, D., Resende, R.D.O. and De Avila, A.C. 1999. Characterization of a tospovirus isolate of Iris yellow spot virus associated with a disease in onion fields in Brazil. Plant Disease, 83(4): 345-350.
51. Qiu, Y., Guo, J., Jing, S., Tang, M., Zhu, L. and He, G. 2011. Identification of antibiosis and tolerance in rice varieties carrying brown planthopper resistance genes. Entomologia Experimentalis et Applicata 141: 224-231.
52. Róth, F., Galli, Z., Tóth, M., Fail, J. and Jenser, G. 2016. The hypothesized visual system of *Thrips tabaci* (Lindeman) and *Frankliniella occidentalis* (Pergande) based on different coloured traps' catches. North-Western Journal of Zoology, 12(1): 40-49.
53. Shelton, A.M., Becker, R.F. and Andaloro, J.T. 1983. Varietal resistance to onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) in processing cabbage. Journal of Economic Entomology, 76(1): 85-86.
54. Shelton, A.M., Hoy, C.W., North, R.C., Dickson, M.H. and Barnard, J. 1988. Analysis of resistance in cabbage varieties to damage by Lepidoptera and Thysanoptera. Journal of Economic Entomology, 81(2): 634-640.
55. Shelton, A.M., Wilsey, W.T. and Schmaedick, M.A. 1998. Management of onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cabbage by using plant resistance and insecticides. Journal of Economic Entomology, 91(1): 329-333.
56. Stoner, K.A. and Shelton, A.M. 1988a. Influence of variety on abundance and within-plant distribution of onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) on cabbage. Journal of Economic Entomology, 81(4): 1190-1195.
57. Stoner, K.A. and Shelton, A.M. 1988b. Role of nonpreference in the resistance of cabbage varieties to the onion thrips (Thysanoptera: Thripidae). Journal of Economic Entomology, 81(4): 1062-1067.
58. Stoner, K.A., Dickson, M.H. and Shelton, A.M. 1989. Inheritance of resistance to damage by *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) in Cabbage. Euphytica, 40(3): 233-239.
59. Stoner, K.A. 1990. Glossy leaf wax and plant resistance to insects in *Brassica oleracea* under natural infestation. Environmental Entomology, 19(3): 730-739.

60. Tabashnik, B.E., Brévault, T. and Carrière, Y. 2013. Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres. *Nature Biotechnology*, 31(6): 510.
61. Tamiru, A., Khan, Z.R. and Bruce, T.J. 2015. New directions for improving crop resistance to insects by breeding for egg induced defence. *Current Opinion in Insect Science*, 9: 51-55.
62. Tripathy, P., Sahoo, B.B., Das, S.K., Priyadarshini, A., Patel, D. and Dash, D.K. 2014. Adoption of IPM Approach-An Ideal Module against Thrips (*Thrips tabaci* Linderman) in Onion. *Advances in Crop Science and Technology*.
63. Trdan, S., Valič, N., Andjus, L., Vovk, I., Martelanc, M., Simonovska, B., Jerman, J., Vidrih, R., Vidrih, M. and Žnidarčič, D. 2008. Which plant compounds influence the natural resistance of cabbage against onion thrips (*Thrips tabaci* Lindeman)? *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 43(2): 385-395.
64. Voorrips, R.E., Steenhuis-Broers, G., Tiemens-Hulscher, M. and van Bueren, E.T.L. 2008. Plant traits associated with resistance to *Thrips tabaci* in cabbage (*Brassica oleracea* var *capitata*). *Euphytica*, 163(3): 409.
65. Weibel, D.E. and Starks, K.J. 1986. Greenbug Nonpreference for Bloomless Sorghum 1. *Crop Science*, 26(6): 1151-1153.
66. Žnidarčič, D., Vidrih, R., Germ, M., Ban, D. and Trdan, S. 2007. Relationship between water-soluble carbohydrate composition of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) and damage levels of onion thrips. *Acta Agriculturae Slovenica*, 89(1): 25-33.

Onion thrips overview - from the vegetable breeding point of view

RÓTH F., GALLI ZS.

Syngenta Kft.

E-mail: fruzsi_roth@yahoo.com

Summary

Vegetable growers are facing increasing challenges in plant protection due to the climate change and ever more strict regulations. An important element of integrated control is the cultivation of resistant varieties. Relatively little is known about the mechanisms of plant resistance against pests, but research and resistance breeding in priority areas have already begun and significant results have been found. Modern molecular techniques and expanding genetic knowledge are in the service of breeders. Many cultivated vegetable species have been significantly damaged in recent decades by the worldwide spread polyphagous pest, onion thrips (*Thrips tabaci* Lindeman). By reviewing international publications on thrips resistance to significantly damaged plant species such as onions, legumes, peppers or cabbages, we can get a comprehensive picture of our current knowledge and methods of resistance breeding. A certain level of resistance can be achieved indirectly by targeted selection, based on plant characteristics associated with resistance (thickness of wax layer on the leaves, light reflectance, certain plant compounds etc.). Discovery of the genetic background of resistance is another promising tool of breeding. Genetic mapping is already available for several

plant species. Resistance against onion thrips is inherited by a complex way, under polygenic control in almost every case, therefore using molecular markers became crucial and indispensable for successful and quick resistance breeding.

Keywords: onion thrips, resistance breeding, vegetable breeding, host plant resistance

Szerzők

Róth Fruzsina (kapcsolattartó szerző) – PhD hallgató, nemesítő asszisztens, Syngenta Kft. Kísérleti Állomás, 2364 Ócsa, Üllői út, külterület

Galli Zsolt – PhD, növénynemesítő, Syngenta Kft. Kísérleti Állomás, 2364 Ócsa, Üllői út, külterület