

GAZDASÁGILAG JELENTŐS LEVÉLTETŰ
FAJOK AKTIVITÁSA, KÁRTÉTELE ÉS A
LEGFONTOSABB NEM-CIRKULATÍV VÍRUSOK
EPIDEMIOLOGIÁJÁBAN JÁTSZOTT SZEREPE

Akadémiai Doktori Értekezés

Készítette:

DR. BASKY ZSUZSA

MTA Növényvédelmi Kutatóintézete

Budapest, 2004.

| | |
|--|-----|
| Bevezetés..... | 3 |
| I. A gabona-levéltetvek repülési aktivitásának vizsgálata szívócsapdával Magyarországon és Angliában | 4 |
| Vizsgálati anyag és módszer | 6 |
| Eredmények..... | 7 |
| Eredmények megvitatása..... | 17 |
| II. A predátorok és parazitoidok hatása a különböző gabona-levéltetű fajok egyedszámára védett és kitett körülmények között..... | 18 |
| Vizsgálati anyag és módszer | 18 |
| Eredmények..... | 22 |
| Eredmények megvitatása..... | 28 |
| III. A gabona állománysűrűségének és a természetes ellenségek kizárásának hatása a <i>Diuraphis noxia</i> (Kurdjumov) és <i>Rhopalosiphum padi</i> (L.) populációk alakulására | 30 |
| Vizsgálati anyag és módszer | 30 |
| Eredmények..... | 31 |
| Eredmények megvitatása..... | 38 |
| IV. A levéltetvek táplálkozásának hatása a búza sütőipari minőségére | 39 |
| Vizsgálati anyag és módszer | 40 |
| Eredmények..... | 42 |
| Eredmények megvitatása..... | 44 |
| V. Biotípus és kártételi szint közötti különbségek a magyar és a dél-afrikai orosz búza-levéltetű populációk között | 46 |
| Vizsgálati anyag és módszer | 48 |
| Eredmények..... | 57 |
| Eredmények megvitatása..... | 75 |
| VI. A szilvahimlő vírus vektorai és a vírusterjesztésben játszott szerepük | 78 |
| Vizsgálati anyag és módszer | 81 |
| Eredmények..... | 85 |
| Eredmények megvitatása..... | 92 |
| VII. Epidemiológiai vizsgálatok a cukkini sárga mozaik vírussal | 95 |
| Vizsgálati anyag és módszer | 95 |
| Eredmények..... | 98 |
| Eredmények megvitatása..... | 102 |
| VIII. A vírusvektor kutatás eredményeinek gyakorlati alkalmazása a burgonyatermesztésben | 104 |
| Vizsgálati anyag és módszer | 106 |
| Eredmények..... | 109 |
| Eredmények megvitatása..... | 114 |
| IX. A PVY ^O és PVY ^N törzseinek összehasonlító vizsgálata vektorhatékonyság és transzlokáció szempontjából | 119 |
| Vizsgálati anyag és módszer | 120 |
| Eredmények..... | 124 |
| Eredmények megvitatása..... | 134 |
| Köszönetnyilvánítás | 143 |
| IRODALOM | 143 |

Bevezetés

A földön élő levéltetűfajok száma más rovarcsoportokhoz képest viszonylag csekély, nem haladja meg a 4500-at. Magyarországon jelenleg mintegy 800 faj előfordulásáról tudunk. A kártevő fajok száma a világon 250 körül van. Kis fajsúlyuk ellenére a levéltetvek az általánosan ismert rovarok közé tartoznak, mivel rendkívüli szaporaságuk révén a vegetációs időszakban igen gyorsan, nagy tömegben szaporodnak.

A sárgászöld rózsa levéltetű (*Metopolophium dirhodum* Walker) egyedszáma Angliában elérheti kalásztengelyenként a 220-at. Ennél az egyedsűrűségnél egy hektár búzán 1000 millió levéltetű is kifejlődik (Way és Banks, 1967).

A hárs levéltetű évi energia fogyasztása $1,5 \times 10^7$ J/m²/év (Llewellyn, 1972) összehasonlítva egy legelő ökör által fogyasztott 3×10^6 J/m²/év (Macfadyen, 1964) és a tölgy lombrágó hernyók által fogyasztott $6,4 \times 10^5$ J/m²/év energiával (Varley, 1967). A levéltetvek által elfogyasztott energiának 90 %-ából azonban nem levéltetű biomassza keletkezik, hanem mézharmat.

A levéltetvek kártétele nemcsak a növénynedv szívásában nyilvánul meg, hanem toxikus nyálukkal is hátrányosan hatnak a növények fejlődésére. Ezen túlmenően jelentős szerepet játszanak a cirkulatív és nemcirkulatív növénypatogén vírusok átvitelében. A vírusvektor levéltetvek rajzásának vizsgálatára széleskörben alkalmazzák a Moericke-féle sárgatálakat és a Rothamstedben kifejlesztett szívócsapdát.

A dolgozatban ismertetem a gabonalevéltetvek rajzáscsúcsainak összehasonlítását a szolnoki és a rothamsted-i szívócsapdák adatai alapján. Beszámolok a gabonalevéltetvekhez társult predátorok és parazitoidok, valamint egy entomopatogén gomba levéltetű populációkra gyakorolt hatásáról. Ismertetem továbbá a gabona levéltetvek táplálkozása következtében a búza sütőipari minőségében beálló változásokat. Bemutatom az orosz búza-levéltetű Magyarországon és Dél-Afrikában élő populációi között fennálló biotípus különbségeket. Ismertetem a plum pox vírus, zucchini yellow mosaic potyvirus, potato virus Y potyvirus epidemiológiájához kapcsolódó, valamint a PVY^O és PVY^N törzsek transzlokációjára vonatkozó vizsgálataim eredményeit.

I. A gabona-levéltetvek repülési aktivitásának vizsgálata szívócsapdával Magyarországon és Angliában

A levéltetvek egyedfejlődése és szaporodása a gazdanövények fejlődési stádiumának és a tápnövényekben levő oldható nitrogén mennyiségének a függvénye (Dixon, 1998). A fiatal, fejlődő levelek nitrogéntartalma nagyobb, mint az idősebb, kifejlett leveleké. A levéltetvek gazdanövényeinek tápanyag-összetétele a vegetatív időszak során nagymértékben változik. Elsősorban ez befolyásolja a levéltetvek különböző gazdanövényei közötti mozgását és a növényeken való eloszlását (Kennedy et al., 1950).

Annak a három gabona-levéltetű fajnak a repülési aktivitását vizsgáltuk, amelyek jelentős egyedszámban fordulnak elő mindkét országban; *Rhopalosiphum padi* (L.) (zselnicemeggy-levéltetű), *Metopolophium dirhodum* (Walker) (sárgászöld rózsza-levéltetű) és a *Sitobion avenae* (Fabricius) (gabona-levéltetű).

A *Rhopalosiphum padi* gazdaváltó, holociklusos, téli gazdanövénye a zselnicemeggy *Prunus padus* (L.), nyári tápnövényei különböző pászitfűfélék és a kukorica. A faj fejlődése Magyarországon többnyire holociklusos, de anholociklusosan is áttelel, amikor az enyhe tél ezt lehetővé teszi (Kuroli, 1984, 1988). Angliában főként anholociklusos, de holociklusos populációi is előfordulnak (Dixon és Glen, 1971).

A zselnicemeggy-levéltetű szárnyas nőtényei a téli gazdanövényen, a zselnicemeggyen fejlődnek ki. Egyrészt a kolóniák túlnépesedésének, másrészt a gazdanövény tápanyag összetételének kedvezőtlené válása következtében az öreg zselnicemeggy leveleken élő *R. padi* egyedek utódai között nagy a szárnyasok aránya. (Dixon és Glen, 1971). A zselnicemeggy-levéltetűnek három jól elkülönülő repülési csúcsa figyelhető meg. Az első a téli gazdanövényről a gabonafélékre történő vándorláshoz, a második a gabonafélék érése miatt a gabonáról más nyári tápnövényekre, a pászitfűfélékre és a kukoricára történő áttelepüléshez kötődik. A második rajzás az első, tavaszi rajzásnál sokkal intenzívebb. A harmadik repülési csúcs a pászitfűfélékről és a kukoricáról a kikelt őszi gabonákra, ill. a zselnicemeggyre való visszatérést jelzi (Kuroli, 1984, 1988; Kuroli és Németh, 1987; Basky és Harrington, 2000).

A *Metopolophium dirhodum* holociklikus, a rózsán telel, nyáron a pászitfűféléken él (Taylor et al., 1981). Nyugat Európában megfigyelték a parthenogenetikus áttelelését a fűféléken (Prior, 1976). A *M. dirhodum* tavasszal és nyár elején a gabonaféléken él, majd a

fűfélékre vándorol a gabona érése előtt. Ősszel vagy a téli gazdanövényét, a rózsa- féléket keresi fel, vagy az őszi vetésű gabonákat, ahol anholociklusosan áttelel.

Sitobion avenae holociklusos a gabonaféléken és a fűféléken, tojás alakban telel az őszi vetésű gabonákon. A tavasszal kikelő őszanyák (fundatrix) utódnemzedékei között a kolóniák túlnépesedése, ill. a búza érése következtében megjelennek a szárnyas alakok (Watt és Dixon, 1981).

Az említett gabona-levéltetűfajok az egész világon károsítják a gabonaféléket. Kártételük mértékének megállapításához számukat táblánként kellene meghatározni, de ez a gyakorlatban nem megvalósítható (Roberts et al., 1988). A levéltetvek a gazdanövény-váltás során repüléssel változtatják helyüket. Ebben a szakaszban a levéltetvek egyedsűrűsége a levegőben szívócsapdával végzett mintavételezéssel meghatározható (Tatchell, 1990).

A vizsgálatunkban alkalmazott szívócsapdát 1964-ben fejlesztették ki Rothamstedben a levéltetvek távolsági repülésének monitorozására. Ez a szívócsapda 12,2 m-es magasságból szív be óránként 3000 m³ levegőt. Összesen 23 azonos paraméterű csapdából álló hálózatot építettek ki Anglia szerte. Európa 17 országában összesen 70 rothamstedi típusú szívócsapdával gyűjtik a szárnyas levéltetveket (Harrington, 1998). Magyarországon 1990-ben állítottak fel Szolnokon egy rothamstedi típusú szívócsapdát.

Fontos feladat a különböző meteorológiai tényezők és a levéltetvek egyedszáma és fejlődése közötti összefüggések feltárása, ezek a vizsgálatok azonban kevés kivételtől eltekintve (Dewar et al., 1980) egy-egy országra korlátozódó adatokkal végezték (Harrington, 1998). Szívócsapdás fogási adatok alapján Harrington és munkatársai (1990) szoros korrelációt mutattak ki a téli hőmérséklet és az anholociklusosan telelő fajok tavaszi fogásszámai között.

Kézenfekvő volt a gondolat, hogy a déli országokban uralkodó magasabb hőmérséklet miatt várhatóan korábban bekövetkező rajzás alapján következtetni lehet az északabbra fekvő országokban később bekövetkező levéltetű aktivitásra. Ennek érdekében végeztük el a szolnoki és a rothamstedi szívócsapdák levéltetű fogási eredményeinek összehasonlítását a 1990 és 1997 közötti időszakban. A vizsgálatához a gabona-levéltetveket választottuk, melyeknek repülése szoros összefüggésben van a gabona fenológiájával. Vizsgálatunk célja volt, hogy megállapítsuk, hogy van-e hasonlóság a levéltetvek repülési intenzitása között a kontinentális klímájú Magyarországon, ahol a telek hidegebbek és a nyarak melegebbek, mint az óceáni klímájú Angliában Rothamstedben, ahol a telek enyhébbek és a nyarak hűvösebbek.

Vizsgálati anyag és módszer

Vizsgálatunkban két, Magyarországon, illetve Angliában felállított 12,2 m magasságú rothamstedi típusú szívócsapda (Maculay et al., 1988) levéltetű-fogásait hasonlítottuk össze. A magyarországi szívócsapda a $47^{\circ} 17'$ földrajzi szélességen, Szolnokon, az angliai csapda az $51^{\circ} 50'$ földrajzi szélességen, Rothamstedben (1. ábra) működött.



1. ábra A Szolnokon 1990-1997 között üzemelő Rothamsted típusú szívócsapda

A magyarországi szívócsapda április 1 és október 31 között gyűjtötte a levéltetveket 1990 és 1997 között. Ennek az időszaknak a fogási eredményeit hasonlítottuk össze a szolnoki és a rothamstedi levéltetű rajzási adatok alapján.

A *R. padi*, *M. dirhodum* és *S. avenae* gabona-levéltetű fajok fogási eredményeit Yates által korigált χ^2 próbával elemeztük a Statistica (StatSoft, 1994) program használatával. A rajzás adatok számszerűsítését, a rajzágörbe alakulását a naponkénti fogások heti összesítésével végeztük. Meghatároztuk, hogy a hetenkénti fogás hány %-a az évi fogásnak, a fajok hetenkénti relatív egyedsűrűségét grafikonon ábrázoltuk. A hetek számításánál a standard heteket vettük alapul, mely szerint az első hét január 1-7-ig tart. A 13. hét április 1-7, a 43. hét pedig október 22-29 közötti időszak. A hetenkénti relatív egyedsűrűséget mindkét vizsgálati helyen 8 év adatai alapján határoztuk meg. Az egyes fajok repülési aktivitása közötti egybeesést a 8 év adatai alapján számított hetenkénti relatív egyedsűrűség kereszt korrelációjának vizsgálatával állapítottuk meg.

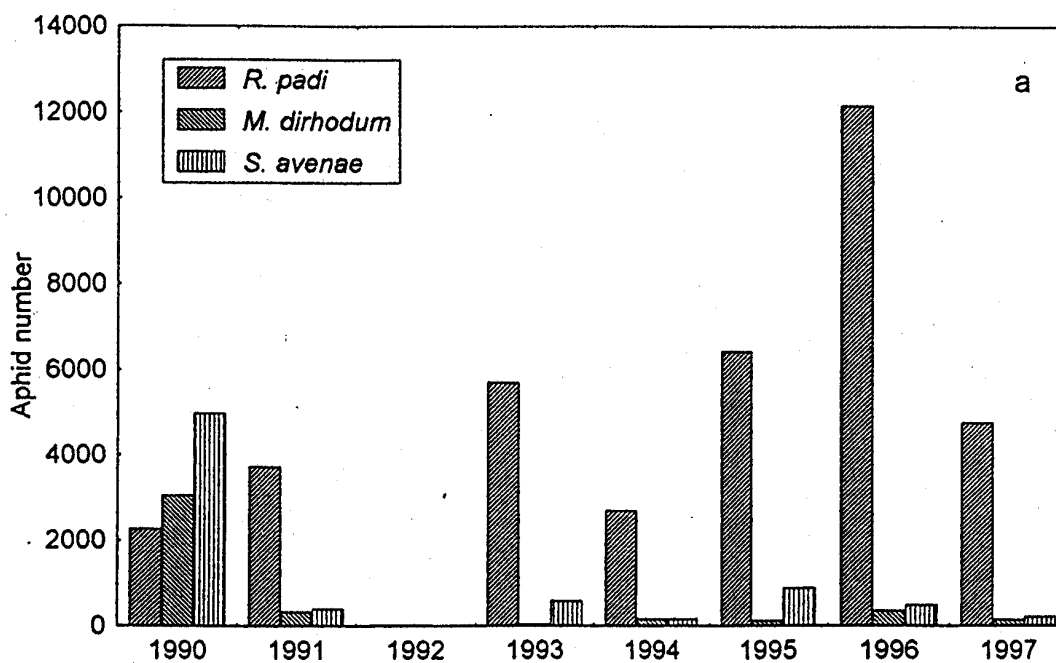
Eredmények

A Yates által korigált χ^2 próba azt mutatta, hogy a *R. padi*, *M. dirhodum*, és *S. avenae* egyedszáma szignifikánsan különbözött Szolnokon és Rothamstedben minden évben (2 a és b ábrák). Szolnokon a *R. padi* volt a legnagyobb egyedszámot elérő faj (36777 egyed fogott a szívócsapda 8 év alatt), ezt követte a *S. avenae* (7760 egyed), majd a *M. dirhodum* következett (4334). Rothamstedben a *S. avenae* volt a leggyakoribb faj (34250 egyed), ezt követte a *R. padi* (21777 egyed), majd a *M. dirhodum* következett (15687 egyed).

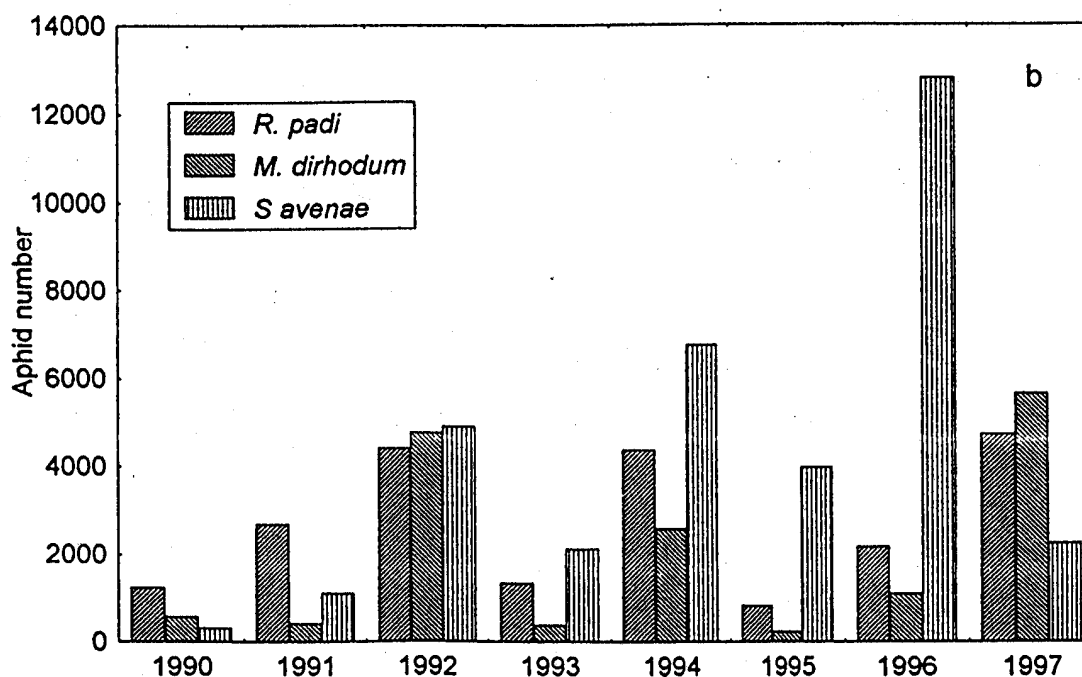
Rhopalosiphum padi

A hetenkénti átlagos relatív egyedsűrűség görbék mindkét vizsgálati helyen egy kisebb kora tavaszi és egy-egy jelentősebb nyári és őszi rajzáscsúcsot mutattak (3. ábra). A tavaszi és őszi rajzáscsúcsok a gazdanövény-váltó fajoknál a téli gazdanövényüket elhagyó, ill. arra visszatérő egyedek mozgását mutatja. A gabona-levéltetvek nyári repülési csúcsa akkor tapasztalható, amikor a levéltetvek elhagyják az érő gabonát (Kuroli, 1984, 1988; Kuroli és Németh, 1987; Kozma, 1996; Dixon, 1998). Annak ellenére, hogy az anholociklusosan fejlődő klónoknak nem kell elhagyniuk tavasszal a gabonát a tavaszi repülési aktivitás erősebb volt Rothamstedben, mint Szolnokon. Az anholociklusosan telelő angol populáció nagyobb arányú tavaszi repülése feltehetően az enyhe teleken folyamatosan

szaporodó *R. padi* nagy egyedsűrűsége által indukált szárnyasok megjelenésének következménye. Ez különösen feltűnő volt 1990-ben és 1995-ben, amikor intenzív repülés jelentkezett Angliában a 18. héten. Ezekben az években a januári és februári átlaghőmérséklet 5,8, 4,4 valamint 7,0 és 6,2 °C volt. Magyarországon és Csehországban is jelen vannak az anholociklusos populációk (Basky és Eastop, 1995; Stary, 1996), de kontinentális hideg teleinken a holociklusos telelés a domináns. A kisebb tavaszi repülés aktivitás oka Magyarországon feltehetően az alacsonyabb tavaszi hőmérséklet. Nálunk ugyanis a zselnicemeggyen telelő tojásokból kelő ősanyák utódai genetikailag kódoltan kénytelenek elhagyni a téli gazdanövényt, hogy felkeressék a nyári tápnövényeket, a gabonaféléket.



2 a. ábra A szolnoki szívócsapda által fogott gabonalevéltetvek egyedszáma 1990-1997

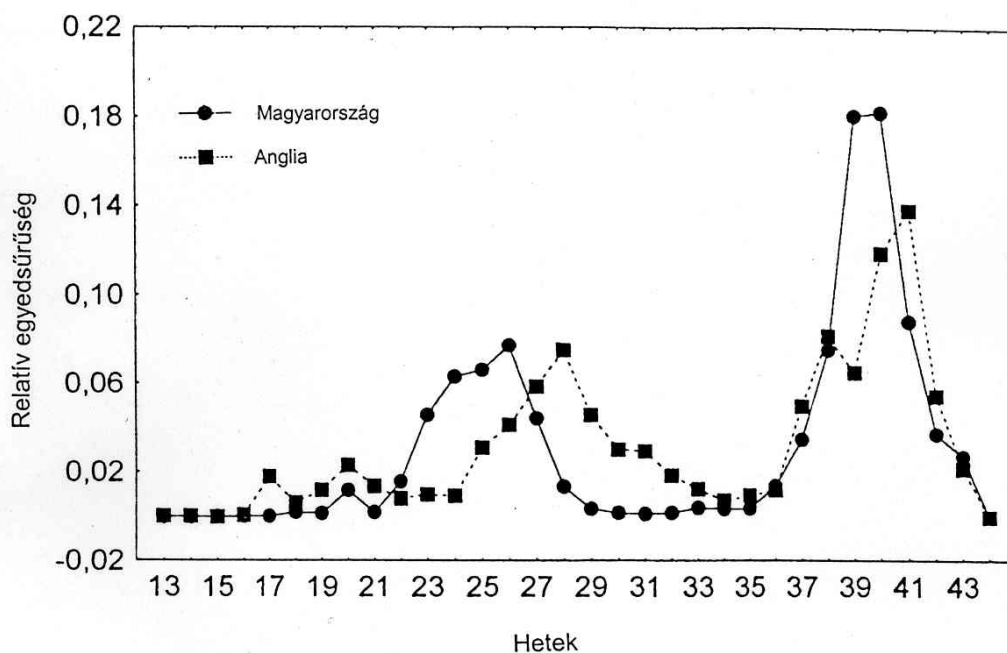


2 b. ábra A Rothamstedben üzemelő szívócsapda által fogott gabonalevéltetvek egyedszáma 1990-1997

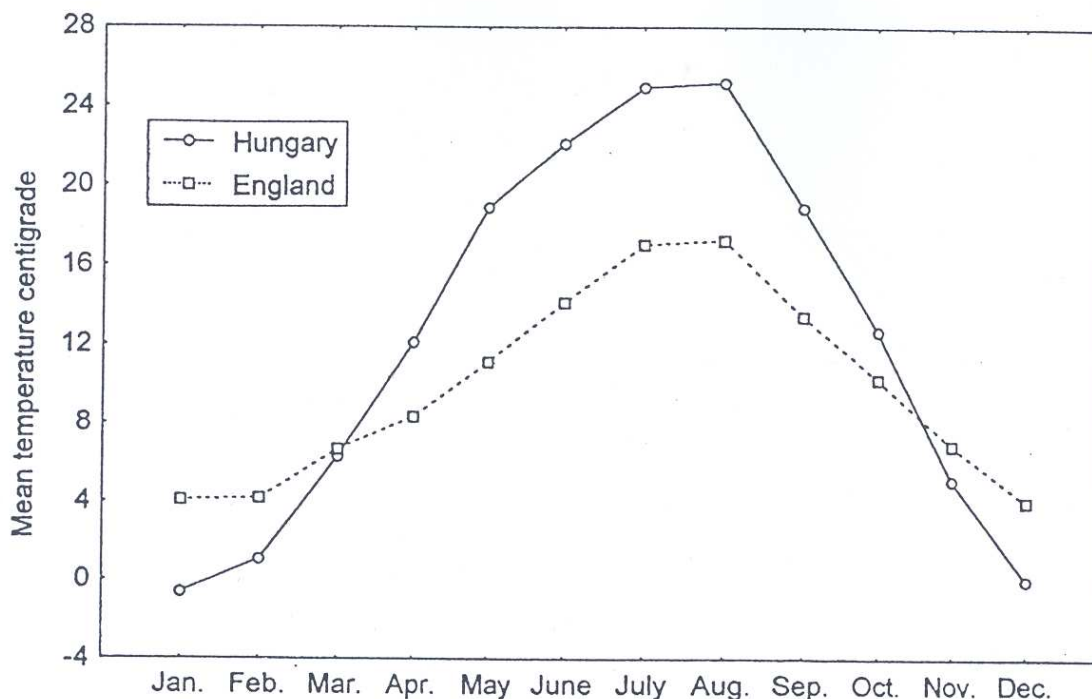
Angliában a nyári rajzáscsúcs nagyobb volt, mint az őszi 1993-ban, 1994-ben és 1995-ben. Ezekben az években a havi átlaghőmérséklet télen 3,1 és 6,2 °C között változott, az áprilisi átlaghőmérséklet 7,9 és 9,4 °C között alakult. Júniusi, júliusi és augusztusi átlaghőmérséklet 13,8 és 19,1 °C között volt. 1994-ben a nyári és az őszi rajzáscsúcs nagysága közel azonos volt. A szívócsapda által hetente fogott egyedek száma megközelítette a 800-at. A legintenzívebb a *R. padi* rajzás Rothamstedben volt 1992-ben 1600-at meghaladó hetenkénti fogással. A nyolc év adatai alapján számított havi hőmérsékleti átlagokat a 4. ábra szemlélteti.

Magyarországon a nyolc évből ötben az őszi rajzáscsúcs nagyobb volt, mint a nyári. Ezekben az években a megelőző télen legalább 10 egymást követő napon a napi átlaghőmérséklet -10 °C alatt volt. Ilyen alacsony hőmérsékleten az anholociklusosan telelő

egyedek elpusztulnak, ha a hideg idő elég hosszú ideig tart. Ruskowska (1998) a $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ -t találta kritikusnak, amelyen a *R. padi* egyedek elpusztulnak. Azokban az években, amikor a telek kevésbé voltak hidegek (1990, 1992, 1994) a nyári rajzás csúcs volt nagyobb, mint az őszi. Az őszi rajzás 1993-ban és 1996-ban volt nagyon intenzív, a rajzás csúcs idején hetenként 2600, ill. 6200 egyed fogott a szívócsapda. Ezekben az években a tél hideg volt, az 1993-as év meleg, száraz volt (az évi csapadék összege 296 mm), míg az 1996-os év hűvösebb és csapadékosabb volt (az évi csapadék összege 553 mm).



3. ábra A *Rhopalosiphum padi* relatív egyedsűrűsége a szolnoki és a rothamstedi szívócsapdákból 1990-1997 évek fogásának átlaga alapján



4. ábra Az 1990-1997 évek alapján a havi átlaghőmérséklet alakulása Szolnokon és Rothamstedben

Amikor a *R. padi* Magyarországon és Angliában észlelt évenkénti repülési aktivitását hasonlítottuk össze a kereszt korrelációs funkció (*CCF*) értéke nem volt szignifikáns a nyolc évből négyben. Azokban az években, amikor hasonlóság volt *R. padi* repülési aktivitási görbék között Magyarországon és Angliában (1991, 1994, 1996 és 1997) a *CCF* értékek -1 és -4 hét lemaradást mutattak r értéke $0,526$ és $0,878$ között változtak $P < 0,05$ (1. táblázat).

1994 kivételével a repülés aktivitási görbék közötti egybeesés mindig az őszi csúcsok között jelentkezett: 1994-ben 2 héttel, 1996-ban és 1997-ben 1 héttel később volt a rajzáscsúcs Angliában, mint Magyarországon. 1994-ben a nyári csúcsok között 4 hét volt az eltolódás. Angliában 4 héttel később volt a rajzáscsúcs, mint Magyarországon. A többi évben a nyári és őszi csúcsok váltakoztak az országok között és ennek következtében nem volt egybeesés a repülés aktivitási görbék között 1990-ben, 1992-ben, 1993-ban és 1995-ben. A 8 év összesített fogási eredménye alapján megállapítottuk, hogy mindkét országban van egy kis kora tavaszi egy nagy nyári és egy nagy őszi *R. padi* rajzáscsúcs, de a csúcsok évenkénti változékonysága eltérő. A nyolc év átlagában 2 héttel később jelentkezik a rajzáscsúcs Rothamstedben, mint Szolnokon (1. táblázat) (*CCF* érték -2 hét eltolódásnál: $r = 0,8540$ $P < 0,05$).

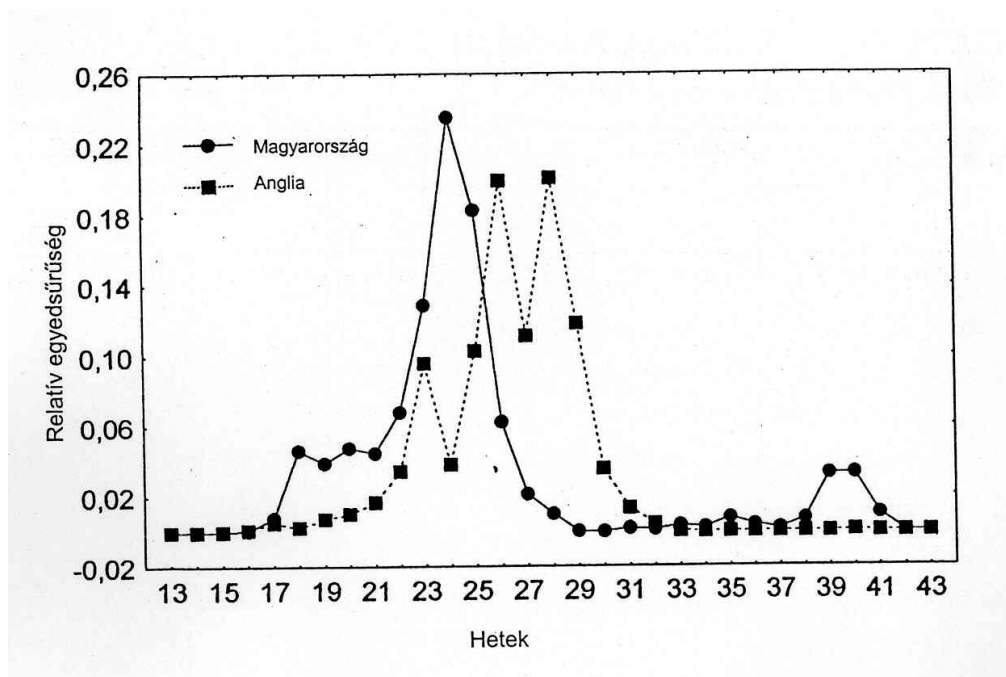
1. táblázat A *Rhopalosiphum padi* Szolnokon és Rothamstedben észlelt repülési aktivitásának összehasonlítása

| Év | Idő eltolódás hét | Kereszt korrelációs funkció | Standard hiba |
|-----------------|----------------------|--------------------------------|---------------|
| 1990 | | – | – |
| 1991 | –2 | 0, 7923 | 0, 1856 |
| 1992 | | – | – |
| 1993 | | – | – |
| 1994 | –4 | 0, 5753 | 0, 1924 |
| 1995 | | – | – |
| 1996 | –1 | 0, 8687 | 0, 1825 |
| 1997 | –1 | 0, 5261 | 0, 1825 |
| Átlag 1990-1997 | –2 | 0, 8540 | 0, 1825 |

Metopolophium dirhodum

E faj esetében Rothamstedben az őszi repülési aktivitás teljesen hiányzik, és nem különül el a tavaszi és nyári rajzáscsúcs. A *M. dirhodum* repülési aktivitásának ezek a jellemzői Prior (1976) megfigyeléseit támasztják alá, mely szerint a *M. dirhodum* anholociklusos Nyugat Európában. Szabadföldi vizsgálatok azonban azt mutatták, hogy a *M. dirhodum* majdnem teljesen holiciklusos Angliában (Dewar et al., 1980). Az őszi repülés hiánya Rothamstedben nem magyarázható a kis egyedszámmal, mert fogott a szívócsapda *M. dirhodum* szárnyasokat 1991-ben, amikor az egész évi fogás 413 volt, ugyanakkor nem volt *M. dirhodum* a szívócsapda anyagban a 31. hét után 1992-ben, amikor az egész évi fogás 4771 volt.

Szolnokon a *M. dirhodum* átlagos heti relatív gyakorisági értékei hasonlóak a *R. padi*-hoz. A kicsi tavaszi és őszi rajzáscsúcsok arra utalnak, hogy a *M. dirhodum* a rózsa- és a fűféle gazdanövények között vándorol. Nemcsak a megfigyelt őszi rajzás, de a hímek jelenléte is arra utal, hogy a *M. dirhodum* holiciklusos Magyarországon (Basky és Eastop, 1995). A nyári repülési csúcsok voltak a legintenzívebbek Szolnokon is és Rothamstedben is, amikor a levéltetvek elhagyták az érő gabonát és további nyári tápnövényeket kerestek fel (5. ábra).



5. ábra A *Metoplophium dirhodum* relatív egyedsűrűsége a szolnoki és a rothamsted-i szívócsapdákból 1990-1997 évek fogásának átlaga alapján

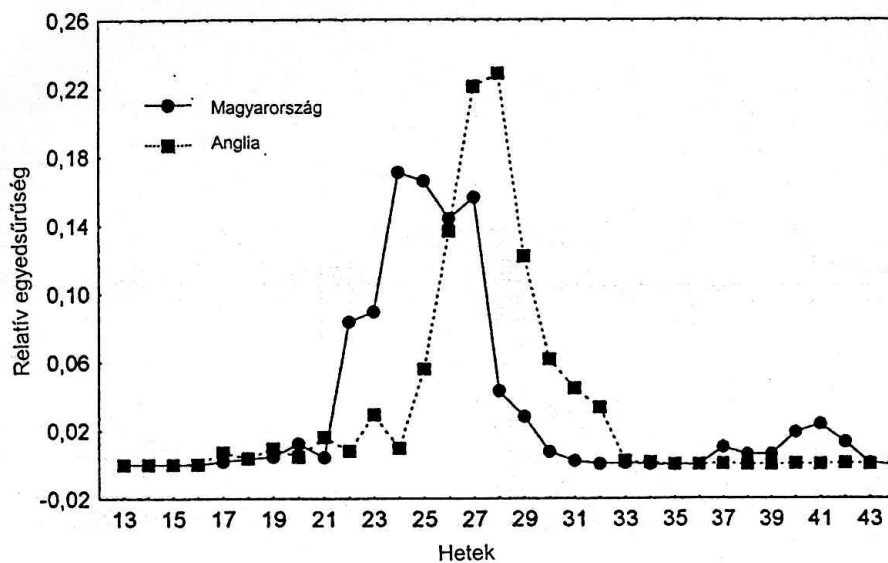
Sitobion avenae

A *S. avenae* hetenkénti átlagos relatív fogása kora tavasszal és ősszel kevés volt, nagyon intenzív volt ugyanakkor a közel tíz hétig tartó nyári repülés mindkét országban. Annak ellenére, hogy a *S. avenae* Angliában anholociklusos, mindkét országban minden évben észleltünk kis mértékű késő őszi repülést. Magyarországon az őszi rajzáscsúcs akkor jelentkezett, amikor a *S. avenae* az őszi vetésű gabonákra repült. Szárnyas eleventhelyű nőstényeket találtunk a frissen kelt őszi kalászosokon (Basky és Eastop, 1995).

A heti eltolódás változása ennél a fajnál volt a legkisebb (6. ábra). A *CCF* érték 1990-ben 0 hét eltolódásnál $r=0,7160$, 1992, 1993, 1994 –1 hét eltolódásnál az r értéke 0,787 és 0,895 között volt. 1991-ben és 1995-ben –2 hét eltolódásnál $r=0,710$ és 0,803, 1996-ban és 1997-ben –3 hét eltolódásnál $r=0,914$ és 0,789 $P<0,05$. A nyolc év összesített adatai alapján a *S. avenae* rajzáscsúcsa 2 héttel később következett be Rothamstedben, mint Szolnokon (3. táblázat, *CCF* érték –2 hét időeltolódásnál $r=0,881$ $P<0,05$ 6. ábra).

2. táblázat A *Metopolophium dirhodum* Szolnokon és Rothamstedben észlelt repülési aktivitásának összehasonlítása

| Év | Idő eltolódás Hét | Kereszt korrelációs funkció | Standard hiba |
|-----------------|----------------------|--------------------------------|---------------|
| 1990 | 1 | 0, 7160 | 0, 1714 |
| 1991 | -2 | 0, 7104 | 0, 1767 |
| 1992 | -1 | 0, 8211 | 0, 1740 |
| 1993 | -4 | 0, 8958 | 0, 1740 |
| 1994 | -4 | 0, 7878 | 0, 1740 |
| 1995 | -1 | 0, 8036 | 0, 1767 |
| 1996 | -5 | 0, 9146 | 0, 1796 |
| 1997 | -4 | 0, 6873 | 0, 1796 |
| Átlag 1990-1997 | -3 | 0, 8814 | 0, 1767 |



6. ábra A *Sitobion avenae* relatív egyedsűrűsége a szolnoki és a rothamstedi szívócsapdákbán 1990-1997 évek fogásának átlaga alapján

3. táblázat A *Sitobion avenae* Szolnokon és Rothamstedben észlelt repülési aktivitásának összehasonlítása

| Év | Idő eltolódás | Kereszt korrelációs funkció | Standard hiba |
|-----------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1990 | 0 | 0, 8518 | 0, 1825 |
| 1991 | -2 | 0, 7009 | 0, 1856 |
| 1992 | -1 | 0, 9477 | 0, 1825 |
| 1993 | -1 | 0, 4261 | 0, 1924 |
| 1994 | -1 | 0, 5843 | 0, 1924 |
| 1995 | -2 | 0, 5514 | 0, 1825 |
| 1996 | -3 | 0, 8020 | 0, 1961 |
| 1997 | -3 | 0, 8769 | 0, 1924 |
| Átlag 1990-1997 | -2 | 0, 8098 | 0, 1889 |

Eredmények megvitatása

Mindhárom vizsgált gabona-levéltetű fajnak három rajzáscsúcsát regisztrálták a szívócsapdák mindkét országban. A *S. avenae* és *M. dirhodum* fajoknak mindig a nyári rajzáscsúcsa a legnagyobb. A *R. padi* esetében mind a nyári, mind az őszi rajzás nagyon intenzív, egyes években a nyári, más években az őszi rajzáscsúcs volt nagyobb.

A vizsgált fajok közül a *S. avenae* rajzásánál tapasztaltuk a legnagyobb mértékű egybeesést. A rajzáscsúcsok között az eltolódás ennél a fajnál 0 és –3 hét között változott. Ez a viszonylagos jó egybeesés feltehetően a faj életmódjának következménye. Ez az a faj, amely az érés előtt a kalászosokban a szemeken és a kalásztengelyeken táplálkozik. A *S. avenae* hagyja el legkésőbb az érő gabonákat.

A *M. dirhodum* rajzásánál észleltük a legnagyobb időeltolódást. Volt olyan év amelyben a rajzáscsúcs egy héttel korábban jelentkezett Angliában, mint Magyarországon. Az évek többségében azonban 4-5 héttel később volt a csúcsrajzás Angliában, mint Magyarországon.

A *R. padi* rajzások között volt a legkisebb az egybeesés, a nyolc évből 4 évben egyáltalán nem volt egybeesés. Ezekben az években a tavaszi és nyári rajzáscsúcsok nagyságának váltakozása okozta az egybeesés hiányát.

Annak ellenére, hogy a nyolc éves rajzásadatok alapján a *R. padi* és *S. avenae* fajok rajzáscsúcsa 2 héttel, a *M. dirhodum*-é 3 héttel később jelentkezett Angliában, mint Magyarországon az egyes évek közti eltérések alapján megállapítható, hogy a levéltetű rajzás északi országokban történő időbeli lefolyására nem következtethetünk a délebbre előrehaladottabb vegetációs fázisban levő területeken észlelt rajzásadatokból, mivel a levéltetvek rajzását nagymértékben befolyásolják olyan helyi tényezők, melyekben kiszámíthatatlan eltérések vannak a földrajzilag távoleső területek között.

II. A predátorok és parazitoidok hatása a különböző gabona-levéltetű fajok egyedszámára védett és kitett körülmények között

A világon a legfontosabb és legnagyobb területen termelt kultúrnövények a gabonafélék (FAO 2001). A gabonaféléket számtalan rovarkártevő veszélyezteti (Afonina et al., 2001; Kuroli és Németh, 1987). Közülük a levéltetvek (Homoptera: Aphididae) fontos kártevők, táplálkozásukkal közvetlen, vírusok átvitelével pedig közvetett kárt okoznak (Quiroz, 1992; Kuroli, 1984, 1988). A gabonatermesztés gazdaságossá tételéhez elengedhetetlen a levéltetű kártétel mértékének csökkentése. Ezt részben a rezisztens fajták termesztésével, másrészt a természetes ellenségek védelmével, a természetes biológia védekezés lehetőségének megteremtésével lehet elérni (Stechmann, 1986). A rezisztens gabonafajták nagyarányú elterjedése az ezeket a fajtákat is károsítani képes új levéltetű biotípusok megjelenéséhez vezetett (cf. Niassy et al., 1987; Ogecha et al., 1992; Miller et al., 1994; Basky et al., 2001). A rezisztens fajtákon található kevesebb levéltetű csökkenti a természetes ellenségek számát is (harmadik táplálkozás szint) (Price, 1986). A predátorok és parazitoidok tevékenységének támogatásával el lehet érni, hogy a természetes ellenségek a levéltetvek számát az ökonómiai küszöb alá csökkentsék (Marasas et al., 1997).

Vizsgálatunkban mesterséges levéltetű-fertőzést követően izolátorral borított és szabadon fejlődő búzanövényeken szárba indulástól az érésig követtük nyomon a levéltetvek, predátorok és parazitoidok egyedsűrűségét.

Vizsgálati anyag és módszer

A vizsgálatokat Budapestről Nagykovácsi felé vezető út mellett a Magyar Tudományos Akadémia Növényvédelmi Kutatóintézetének Julianna majori telepén K 18° 53' É 47° 35' hosszúsági és szélességi koordinátáknál 342 m tengerszint feletti magasságon végeztük kéthektáros búzatáblán.

Mesterséges levéltetű fertőzés

A vizsgálatok az előző év őszen (nov. 13) 220 kg/ha-os vetőmag mennyiséggel vetett „Martonvásári 17” őszi búza fajtán történtek. Május 11-én, a szárba indulás kezdetén (GS 30 fenofázisú Tottman és Broad, 1987) véletlenszerűen kiválasztott 10-12 hajtásból álló csomókra telepítettük a levéltetveket.

A mesterséges levéltetű fertőzést a *Rhopalosiphum padi* (L.), *Metopolophium dirhodum* (Walker) és *Sitobion avenae* (Fabricius) őshonos és hazánkba a közelmúltban betelepült orosz búza-levéltetű *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) fajokkal végeztünk. Öt szárnyatlan imágóval ill. L₄ -es lárvával történt a fertőzés. A fertőzendő 10-12 hajtással rendelkező növények felét izoláltuk. Az izolátor 2 db. 4,5 mm-es rozsdamentes acélból U alakban meghajlított egymásra derékszögben a földre szúrt drótkeret által tartott vektorháló anyag. A vektorhálót a föld színénél 10-12 cm-re kifele visszahajtottuk és a visszahajtott anyagra szórt homokkal rögzítettük. A drótkeretek fölé érő izolátor végeket műanyag rafiával kötöttük be (7., 8. ábrák).



7. ábra A vizsgálatok során alkalmazott izolátor



8. ábra A vizsgálati területen az izolált és a karóval jelölt izolálatlan növények

Mintavétel

A mintavételt a mesterséges levéltetű fertőzés után egy hónappal kezdtük, és 5 hétig folytattuk. Mintavételi időpontokként a különböző levéltetű fajokkal fertőzött növényekből levéltetű fajonként 5 ismétlésben gyűjtöttük be a mintákat (5 izolált 5 szabad növény). A levágott búzaszárakat azonosítási jellel ellátott zacskókban vittük a Berlese-tölcsérekbe. A Berlese-tölcsérben 5 nap alatt megszáradt a búza, a növényen levő levéltetűket és természetes ellenségeket a tölcsér alján levő 70 %-s alkoholt tartalmazó gyűjtőüveg felfogta (9. ábra). Ezt követően, a minták a keltető dobozokba kerültek, hogy a kirajzó parazitoidokat összegyűjtsük (10. ábra). A gyűjtőüvegbe lehullott, valamint a növényekre tapadt parazitoid múmiákat megszámláltuk.

A minták értékelése sztereo-mikroszkóppal történt. Meghatároztuk a különböző levéltetű fajok, a predátorok, parazitoidok és hiperparazitoidok egyedszámát.

A parazitoidok meghatározását Petr Stary (Institute of Entomology Czech Academy of Sciences, Česke Budejovice) végezte el.



9. ábra A levéltetvek összegyűjtésére szolgáló Berlese tölcsérek



10. ábra A parazitoidok begyűjtésére szolgáló futtatók

Statisztikai értékelés

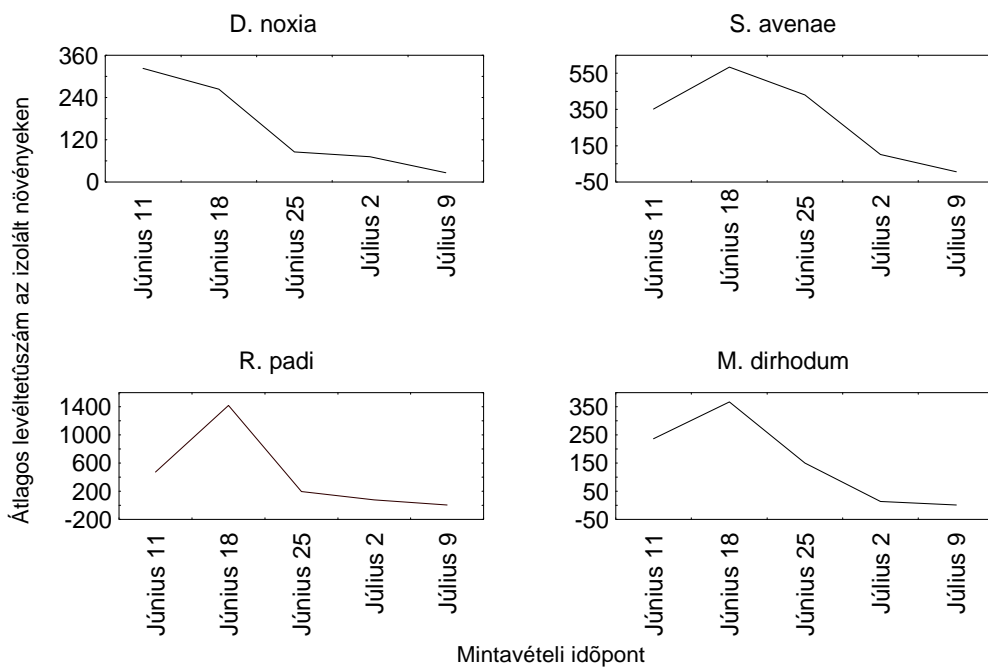
A mintavételi időpont, az izoláció, a mesterséges levéltetű fertőzés, valamint a predátorok számának hatását a különböző levéltetű fajok egyedszámára kovariancia-analízissel vizsgáltuk. A leggyakrabban előforduló parazitoid (*Aphidius ervi* Haliday) és a különböző levéltetűfajok *Rhopalosiphum padi*, *Metopolophium dirhodum*, *Sitobion avenae* és *Diuraphis noxia* egyedszáma közti összefüggést regresszió analízissel értékeltük. Az izolált és szabad növényeken talált levéltetű és természetes ellenség populációk közti hasonlóságot a Renkonen index-szel értékeltük (Renkonen, 1938). Az izolált és szabad növényeken található levéltetű fajok, predátor és parazitoid fajok egyedszáma közti különbséget Yates által korrigált χ^2 teszttel vizsgáltuk. A statisztikai értékelésekhez a Statisztika programot használtuk (Statistica, 1997).

Eredmények

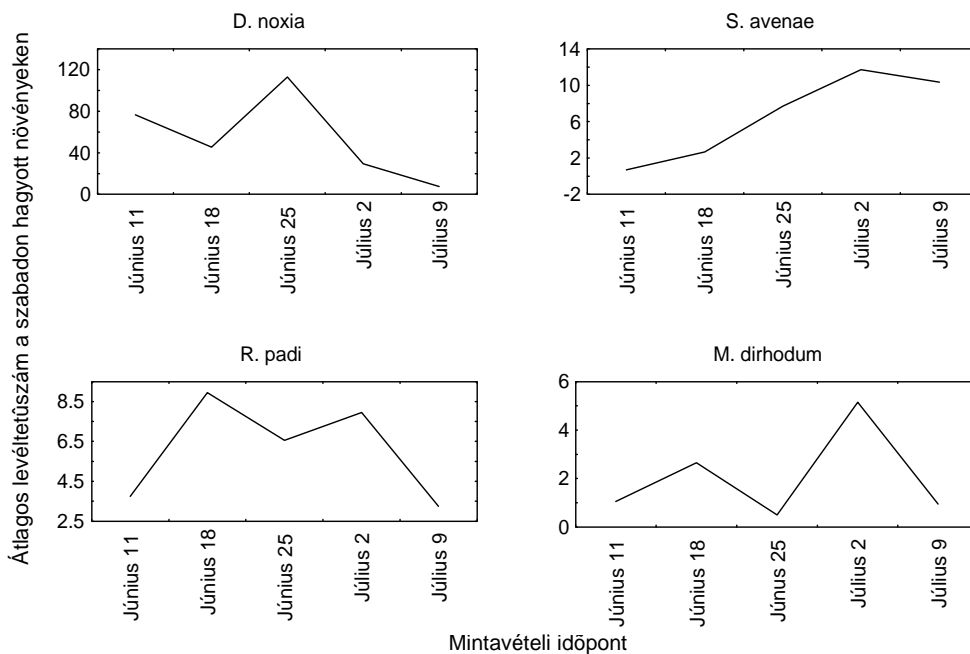
Levéltetvek

Az izolált növényeken a *Rhopalosiphum padi* érte el a legnagyobb egyedszámot, ezt követte a *S. avenae*, *M. dirhodum* és *D. noxia*. A *R. padi* volt a leggyakoribb az izolátorokba természetes módon bekerülő levéltetvek között: az izolátorok 92 %-ában jelen volt annak ellenére, hogy az izolátoroknak csak 25 %-át fertőztük mesterségesen ezzel a fajjal (11. ábra). A *S. avenae* az izolátorok 52 %-ában volt megtalálható, a *M. dirhodum* az izolátorok 41 %-ában volt jelen, míg a *D. noxia* 37 %-ában. A *R. padi* gyakrabban képzett kolóniákat a búzán, mint a többi levéltetű faj.

Ezzel ellentétben a szabad növényeken az orosz búza-levéltetű *D. noxia* volt az uralkodó faj (12. ábra). Egyedszáma tízszer több volt, mint a *S. avenae* és *R. padi* és hússzor több mint a *M. dirhodum* egyedszáma. A *D. noxia* a szabad növények 39 %-án volt jelen. A *S. avenae* egyedait a szabad növények 49 %-án találtuk meg, míg a *R. padi* a szabad növények 40, a *M. dirhodum* 29 %-án fordult elő.



11. ábra A levéltetvek egyedszáma az izolált növényeken



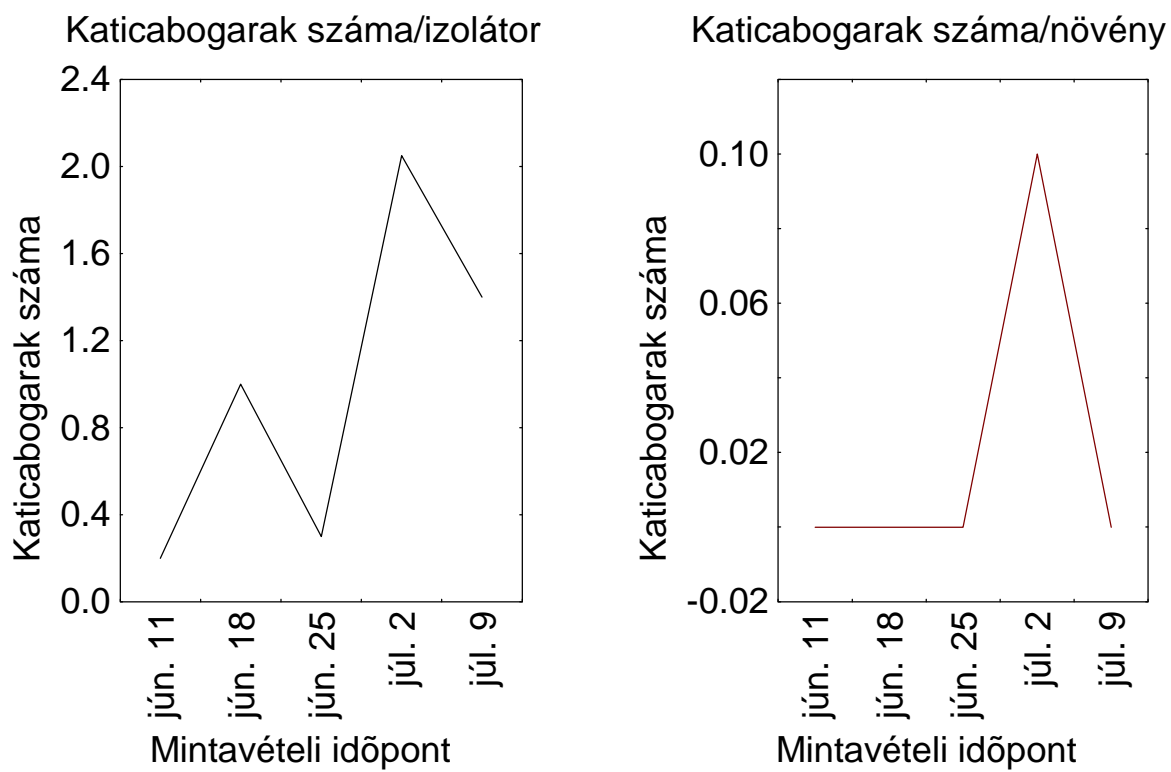
12. ábra A levéltetvek egyedszáma a szabad növényeken

Predátorok és parazitoidok

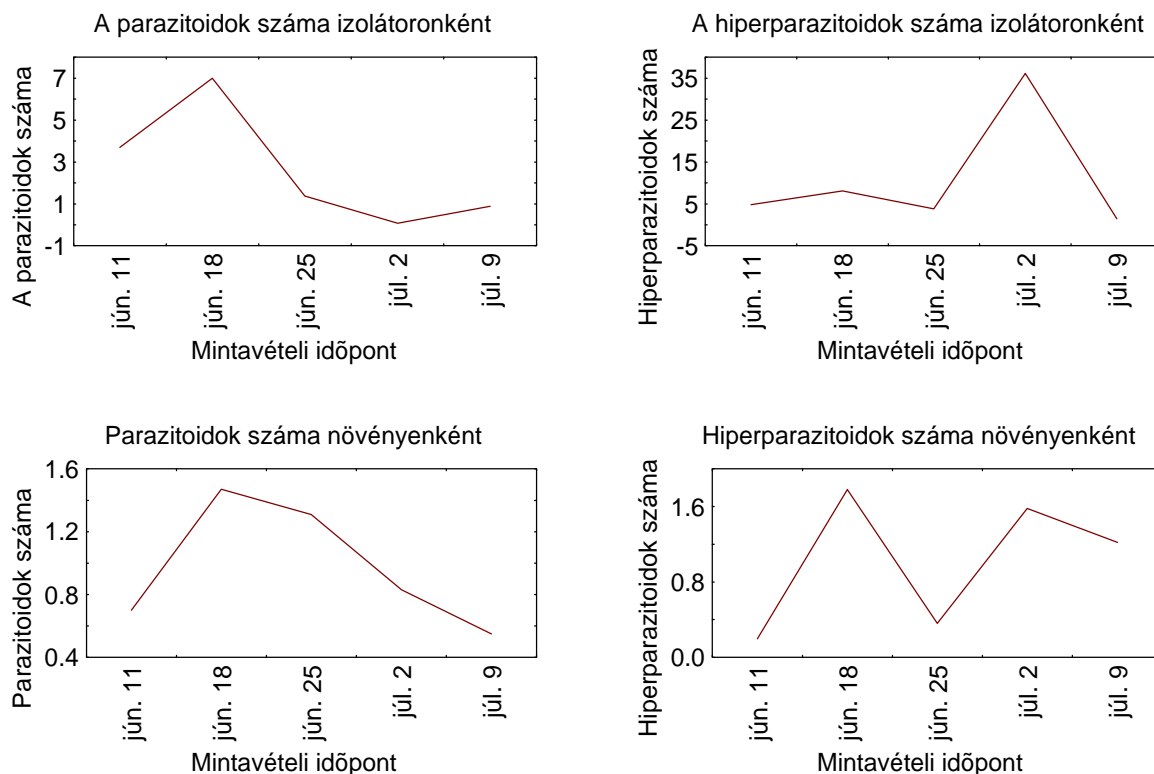
A vizsgálatokban a levéltetvek 10 természetes ellenségének jelenlétét állapítottuk meg. A ragadozók között a hétpettyes katicabogár *Coccinella septempunctata* (L.) (Coccinellidae) volt a leggyakoribb, a predátorok 67 %-át tette ki ez a faj. A zengőlegyek (Syrphidae) és a fátyolkák (Chrysopidae) a ragadozók 33 %-át tették ki. A begyűjtött predátorok 96 %-a az izolátorokban volt (13. ábra).

Az *Aphidius* típusú múmiák, melyek főként a *S. avenae*-t fertőzték és 5,5-ször gyakrabban fordultak elő az izolátorokban, mint a szabad növényeken. Az *Aphelinus* típusú múmiák, melyek mindig *D. noxia*-t fertőztek 5-ször gyakrabban voltak megtalálhatók az izolátorokban, mint a szabadon hagyott növényeken.

A múmiákból kirajzott parazitoid imágóknak 75 %-a *Aphidius ervi* volt. Ezen túlmenően előfordult még *Aphidius uzbekistanus* Luzhetzki, *Diaretiella rapae* (M'Intosh), *Ephedrus plagiator* (Nees), *Praon volucre* (Haliday) és *Aphelinus* spp.. A hiperparazitoidok 94 %-a a Chalcididae családba tartozott. A hiperparazitoidok száma több mint a duplája volt a parazitoidok számának (14. ábra).



13. ábra A katicabogarak átlagos egyedszáma az izolált (izolátor) és izolálatlan (növény) növényeken



14. ábra A parazitoidok és hiperparazitoidok átlagos egyedszáma az izolált és szabadon hagyott növényeken

A természetes ellenségek hatása a levéltetvek egyedszámára

A kovariancia analízis a mintavételi időpont, az izolációs szint, a mesterséges levéltetűfertőzés és a *C. septempunctata* egyedszám szignifikáns hatását mutatta ki a *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* és *D. noxia* egyedszámaira (adjusted $R^2 = 0,17, 0,13, 0,28$ és $0,18$). $F=2, 07, 1,75, 2,98$ és $2,12$ $df=40,158$, $P<0,00$ a teljes modellre). A modelleken belül azonban csak a *C. septempunctata* egyedszámának a *R. padi* egyedszámára gyakorolt hatása volt szignifikáns ($P<0,06$, $F=3,37$). A *R. padi* és *C. septempunctata* között levő szignifikáns összefüggést alátámasztották azok a megfigyeléseink, mely szerint kevesebb *R. padi* egyed volt azokban az izolátorokban, melyekben a hétpettyes katicabogár imágói jelen voltak.

A hétpettyes katicabogár egyedszáma nem befolyásolta szignifikánsan a *S. avenae*, *M. dirhodum* és *D. noxia* egyedszámát. Ezt megfigyeléseink is alátámasztják: a *D. noxia* népes kolóniái voltak olyan izolátorokban, amelyekben katicabogár lárvák is jelen voltak.

A teljes ANOVA modellben a mintavételi időpont és az izolációs szint szignifikánsan befolyásolta a levéltetvek számát.

Az izolátorokban a levéltetű/parazitoid arány a legnagyobb a *R. padi*-nál volt (132 levéltetű/parazitoid), ezt követte a *S. avenae* (86 levéltetű/parazitoid), majd a *M. dirhodum* (45 levéltetű/parazitoid), és a *D. noxia* (39 levéltetű/parazitoid).

A nem izolált növényeken az egy parazitoidra jutó levéltetvek száma a *D. noxia* faj esetében volt a legnagyobb (150 levéltetű/parazitoid). Ennél nagyságrenddel kisebb volt a *R. padi* (19 *R. padi* egyed/parazitoid), és *S. avenae* (15) valamint a *M. dirhodum* (7) fajok esetében. A parazitoid/hiperparazitoid arány nagyobb volt az izolálatlan növényeken, mint az izolált növényeken (3, ill. 2,6 parazitoid/hiperparazitoid).

A regresszió analízis szignifikáns összefüggést igazolt az izolálatlan növényeken az *Aphidius ervi* és a *S. avenae* egyedszáma között ($Adjusted R^2=0,83$ $F=37,42$ $P=0,00$). Nem volt szignifikáns összefüggés az *Aphidius ervi* egyedszáma és más levéltetű fajok egyedszáma között sem, az izolált sem a szabadon hagyott növényeken. Nem találtunk szignifikáns összefüggést a predátorok egyedszáma és a *R. padi*, *M. dirhodum*, *D. noxia* egyedszáma, valamint a parazitoidok és a hiperparazitoidok egyedszáma és a levéltetű fajok egyedszáma között sem.

Az izolátor hatása a levéltetvek és a természetes ellenségek egyedszámára

Az alacsony Renconen index érték (0,3527) arra utal, hogy a levéltetvek és a természetes ellenségek faji összetétele nagymértékben különbözik az izolált és a szabad növényeken. Az izolált és a szabad növényeken a levéltetvek egyedszáma szignifikánsan különbözött. Yates által korrigált χ^2 érték a *D. noxia*-nál volt a legnagyobb ($\chi^2=9257$, $P=0,00$), ami annak a következménye, hogy a *D. noxia* volt a legkisebb egyedszámban jelen az izolátorokban, de ennek a fajnak az egyedsűrűsége volt a legnagyobb a szabadon fejlődő növényeken. Az izolátorokban a *R. padi* volt a leggyakoribb faj ($\chi^2=1256$, $P=0,00$) azonban kisebb egyedszámban volt jelen a szabadon lévő növényeken, mint a *D. noxia* és *S. avenae*. A *S. avenae* ($\chi^2=881$, $P=0,00$) volt a második legnagyobb egyedszámot elérő faj az izolátorokban és ez a faj volt a második leggyakoribb az izolálatlan növényeken is. A *M. dirhodum* ($\chi^2=634$, $P=0,00$) volt a legkisebb egyedszámban előforduló faj az izolátorokban is és az izolálatlan növényeken is.

A *C. septempunctata* egyedek száma szignifikánsan több volt az izolált növényeken, mint a szabadon hagyott növényeken ($\chi^2=5,25$, $P=0,00$). A hiperparazitoidok egyedszáma is szignifikánsan több volt az izolátorokban, mint a szabadon hagyott növényeken ($\chi^2=7,49$, $P=0,00$). A parazitoidok, zengőlégy lárvák és fátyolka lárvák száma nem különbözött szignifikánsan az izolált és a szabadon hagyott növényeken.

Eredmények megvitatása

A *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* és *D. noxia* egyedszáma szignifikánsan nagyobb volt a mesterségesen fertőzött izolált növényeken, mint az izolátorháló nélkülieken. A nagy levéltetű egyedszám az izolátorokban részben a sikeres mesterséges levéltetű fertőzésnek másrészt a levéltetvek elvándorlását megakadályozó hálónak köszönhető. Az izolátorok blokkolták az izolátorok kihelyezésekor a növényeken levő természetes ellenségek elvándorlását is, ezért szignifikánsan nagyobb természetes ellenség egyedsűrűség alakult ki az izolátorokban, mint az izolálatlan növényeken.

A predátorok és parazitoidok túlnyomó részét az izolátorokból gyűjtöttük be, ennek ellenére az izolátorokban nagy volt a levéltetű egyedszám. Az izolátorokban talált nagyszámú levéltetű arra utal, hogy a levéltetvek szaporodási rátája nagyobb volt, mint a természetes ellenségek által elpusztított egyedek száma.

A mesterséges levéltetű fertőzés ellenére izolálatlan növényeken az őshonos gabonalevéltetvek egyedszáma a kártételi küszöb érték alatt maradt. A gabonatóblán jelenlevő természetes ellenségek még a mesterséges fertőzés ellenére is képesek voltak az őshonos gabonalevéltetvek egyedszámát kártételi küszöb alá szorítani.

Ezzel szemben az orosz búza-levéltetű (*D. noxia*) 10-20-szor nagyobb egyedszámban volt jelen az izolálatlan növényeken, mint az őshonos fajok. A *D. noxia* a besodrott levelek védelmében táplálkozik (Aalbersberg, 1988), ezért a predátorok számára nehezen hozzáférhető. A hazánkban őshonos levéltetvek kolóniái a levelek fonákán helyezkednek el, ezért a természetes ellenségek könnyen rátalálnak telepeikre (Reed et al., 1991; Henze és Sengonka, 1992) és hatékonyabban csökkentik egyedszámukat, mint a *D. noxia*-ét.

A *R. padi* és *C. septempunctata* egyedszáma közötti szignifikáns összefüggés azt igazolja, hogy a *C. septempunctata* hatékonyan csökkentette a *R. padi* egyedszámát.

Vizsgálatunkban az *A. ervi* volt a leggyakoribb parazitoid. Az *A. ervi* és *S. avenae* egyedszáma közötti szignifikáns összefüggés arra utal, hogy ez a parazitoid hatékonyan korlátozza a *S. avenae* egyedszámát az izolálatlan növényeken. Az *A. ervi* gyakrabban támadta meg a *S. avenae*-t a többi gabona-levéltetűnél, ami az *A. ervi* gazdaállathoz való alkalmazkodásának az eredménye (Stary, 1973; Abo Kaf, 1991).

Ezzel szemben alig találtunk parazitoidot a *R. padi* és *D. noxia* egyedek között. A *D. noxia*-t parazitáló *Aphelinus* spp. volt a második leggyakoribb parazitoid, egyedszáma azonban nem volt akkora, hogy az orosz búza-levéltetű egyedszámát ökonómiai küszöb alá csökkentse.

A szabad növényeken nagyobb parazitoid/hiperparazitoid arányt észleltünk, mint az izoláltakon, ami arra utal, hogy a vegetációs idő előrehaladtával újabb hiperparazitoidok érkeztek a növényekre. Nagyarányú hiperparazitoid fertőzést észleltünk a *S. avenae* *A. ervi* gazda-parazita kapcsolatban.

III. A gabona állománysűrűségének és a természetes ellenségek kizárásának hatása a *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) és *Rhopalosiphum padi* (L.) populációk alakulására

Az orosz búza-levéltetű [*Diuraphis noxia* (Kurdjumov)] magyarországi megjelenését 1989-ben észleltük először (Basky és Eastop, 1991). Ősszel vetett búza állományból kiásott növényeket palántáztunk 50 cm sor és 25 cm tőtávolságra 1990 tavaszán, hogy az ősanyák 1-1 utódjával fertőzött egyedi növényeken meghatározzuk az orosz búza-levéltetű szaporodását és kártételét (Basky, 1993b). Ebben a vizsgálatban 3000-et is elért az egyetlen szárnyatlan elevenszülő nőtény utódai által létrehozott kolóniákban az orosz búza-levéltetvek egyedszáma növényenként. Az orosz búza-levéltetű hasonló mértékű felszaporodását azonban a kísérlettől eltekintve csak egy rosszul kelt ritka állományú tavaszi árpában észleltük (Basky, 1993b). Ez indokolta, hogy megvizsgáljuk a gabona állománysűrűségének a *D. noxia* egyedszámára gyakorolt hatását.

Tekintettel arra, hogy a mesterséges *D. noxia* fertőzés előtt nem kezeltük a növényeket inszekticiddel a természetes *Rhopalosiphum padi* fertőzés eredményeként *R. padi* is fészaporodott mind az izolált mind a szabadon hagyott növényeken, ezért a statisztikai értékelést ezzel a fajjal is elvégeztük.

Vizsgálati anyag és módszer

Március 23-án nagy és kis állománysűrűségben, 220 illetve 120 kg/ha vetőmag mennyiséggel vetettünk el Pannónia fajtájú tavaszi árpát. Az árpa GS 30 fenofázisában (Tottman és Broad, 1987), a szárba indulás kezdetén, május 10-én véletlenszerűen kiválasztott 10-12 hajtásból álló csomókra telepítettük a levéltetveket. A mesterséges fertőzés során az orosz búza-levéltetű öt-öt szárnyatlan imágó, ill. L₄ –es lárva stádiumú egyedét helyeztük egyforma méretű, 10-12 hajtással rendelkező árpanövényekre. A fertőzött növények felét izolátorhálóval kerítettük el, a másik felét szabadon hagytuk. A levéltetűvel megfertőzött izolátorháló nélküli növények mellé jelzőkarókat vertünk és az árpacsomót műanyag rafiával körülkötöttük, melyre a levéltetveket helyeztük. Az egy párnak számító izolált és a szabad növények között 1,5 m volt a távolság, a párok között pedig 3 m. A nagy és a kis állománysűrűségű területeken 9 ismétlésben 6-6 izolált és izolátorháló nélküli növényre (összesen 216 növényre) telepítettünk levéltetveket.

Mintavétel

A mintagyűjtést 4 héttel a mesterséges *D. noxia* fertőzés után, június 5-én kezdtük meg a zászlós levél kiterülésének stádiumában (GS 45) és 6 héten át, július 11-ig, az árpa éréséig (GS 87) minden héten újabb növényeket gyűjtöttünk be. A mintákat a II. fejezetben ismertetett módon előbb Berlese tölcsérbe, majd egy hét elteltével futtatókba raktuk, hogy a levéltetveket és a parazitoidokat összegyűjtsük. A parazitoidokat Dr. Petr Stary (Institute of Entomology Czech Academy of Sciences, Česke Budejovice) határozta meg. A Berlese tölcsérek gyűjtő üvegében összegyűlt levéltetveket sztereómikroszkóppal fajoként szétválasztottuk és meghatároztuk. A Berlese tölcsérek gyűjtő üvegében és a futtatókból kiszedett növényeken entomopatogén gombával fertőzött levéltetű tetemekeket találtunk. A tömeges mikózist okozó gombafaj a *Pandora (Erynea) neoaphidis* (Remaudiere and Hennebert) Humber (Entomophthorales) faj volt. A kórokozó meghatározását Dr. Tadeus Poprawsky (USDA Beneficial Insect Research Laboratory Newark) végezte el.

Statisztikai értékelés

Variancia analízissel vizsgáltuk az izoláció, a növények állománysűrűsége és a mintavételi időpont hatását a *D. noxia* és *R. padi* egyedszámára.

Az entomopatogén gombafertőzést a fertőzés tüneteit mutató egyedek száma és az összes levéltetű számának hányadosaként határoztuk meg.

Eredmények

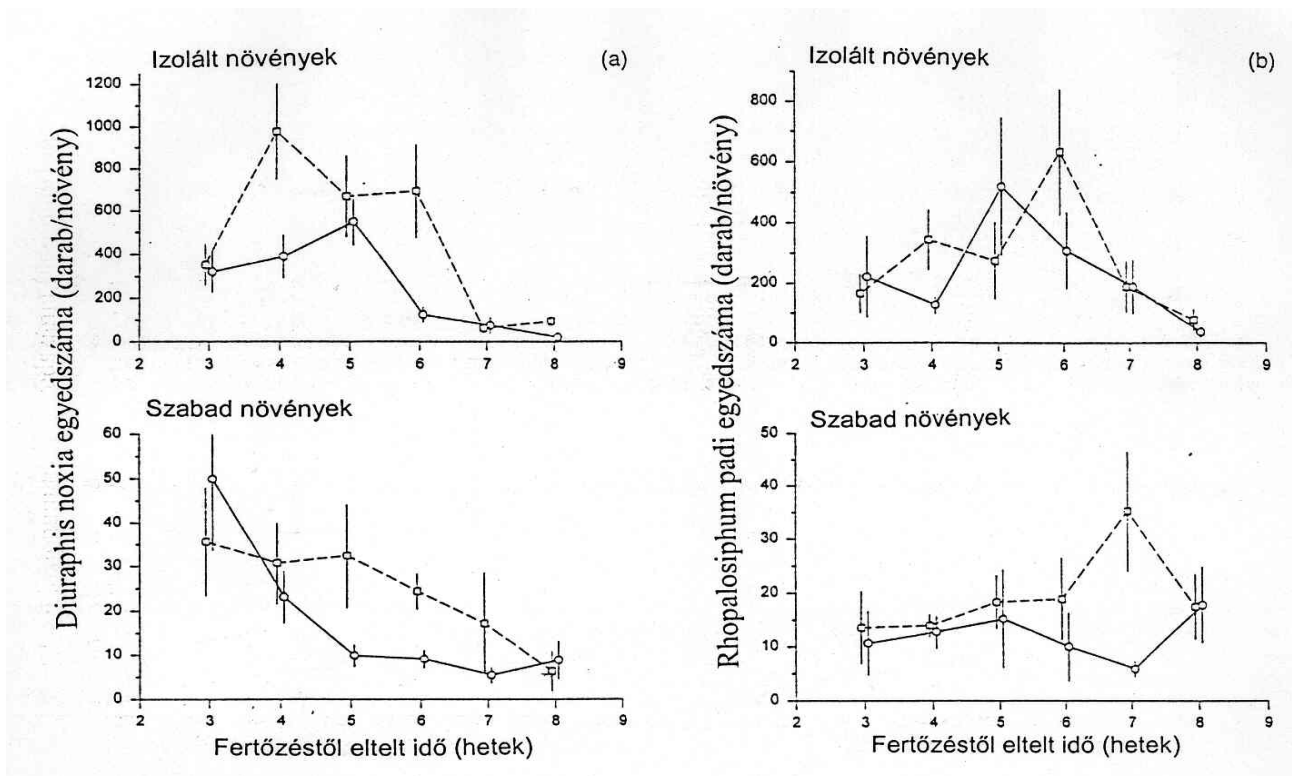
Az izoláció, az állománysűrűség, a mintavételi időpont is hatással volt az orosz búza-levéltetű egyedszámára és a különböző tényezők együtthatása is szignifikáns volt (4. táblázat). A *D. noxia* egyedsűrűsége az izolált növényeken 10-20-szor nagyobb volt, mint a szabadon hagyottakon (15 a ábra). Az izoláció eltérő hatása a különböző mintavételi időpontokban abból ered, hogy a legnagyobb *D. noxia* egyedsűrűség 1-2 héttel később jelentkezett az izolált, mint a szabadon hagyott növényeken. A *D. noxia* egyedszáma közel kétszerese volt a kis állománysűrűségű árpában, mint a nagy állománysűrűségűben. Az állománysűrűség eltérő hatása a különböző mintavételi időpontokban abból származik, hogy a kis állománysűrűségű árpában az orosz búza-levéltetű egyedszáma csak a fertőzés utáni 4. mintavételtől haladta meg jelentősen a nagyobb növényesűrűség mellett tapasztalt egyedszámot. Ennek alapján megállapítható, hogy a mesterséges *D. noxia* fertőzés után több mint másfél hónapra volt szükség ahhoz, hogy a ritkán vetett árpában az orosz búza-levéltetű olyan mértékben

4. táblázat A *Diuraphis noxia* és *Rhopalosiphum padi* egyedszámának változása az izolációs szint, állománysűrűség és mintavételi időpont hatására (Varianscia analízis)

| Tényező | F érték | Szabadságfok | P érték |
|---|---------|--------------|---------|
| <i>A Diuraphis noxia</i> fertőzés mértéke | | | |
| Izolációs szint | 91,43 | 1, 191 | 0,0001 |
| Állománysűrűség | 10,93 | 1,191 | 0,001 |
| Mintavételi időpont | 9,58 | 5,191 | 0,0001 |
| Izolációs szint x Állománysűrűség | 9,72 | 1,191 | 0,002 |
| Izolációs szint x Mintavételi időpont | 8,73 | 5,191 | 0,0001 |
| Állománysűrűség x Mintavételi időpont | 2,56 | 5,191 | 0,03 |
| Izolációs szint x Állománysűrűség x Mintavételi időpont | 2,40 | 5,191 | 0,04 |
| <i>A Rhopalosiphum padi</i> fertőzés mértéke | | | |
| Izolációs szint | 46,78 | 1, 191 | 0,0001 |
| Állománysűrűség | 0,60 | 1,191 | 0,44 |
| Mintavételi időpont | 3,04 | 5,191 | 0,01 |
| Izolációs szint x Állománysűrűség | 0,31 | 1,191 | 0,58 |
| Izolációs szint x Mintavételi időpont | 3,10 | 5,191 | 0,01 |
| Állománysűrűség x Mintavételi időpont | 1,38 | 5,191 | 0,23 |
| Izolációs szint x Állománysűrűség x Mintavételi időpont | 1,37 | 5,191 | 0,24 |

felszaporodjon, hogy szignifikánsan nagyobb legyen az egyedszáma, mint a sűrűn vetett állományban. Ennek feltehető oka, hogy a szárbaindulás kezdetén végzett fertőzéskor és az azt követő három hét alatt még nem volt akkora különbség a 120 és 220 kg/ha-os vetőmagmennyiséggel vetett tavaszi árpa állománysűrűsége között, hogy az orosz búza-levéltetű szaporodását meghatározó mikroklímát lényegesen befolyásolja.

Az izoláció szignifikánsan különböző hatása az eltérő növényállomány-sűrűség mellett abból ered, hogy a ritkább állományban a *D. noxia* egyedszáma az izolált növényeken mintegy harmincszorosa volt a szabadon fejlődő növényeken tapasztalt levéltetű egyedszámoknak, míg a sűrűbb növényállományban ez a különbség csak mintegy tízszeres volt.



15. ábra A levéltetvek egyedszáma a kis és nagy állománysűrűségű tavaszi árpában az izolált és izolálatlan növényeken

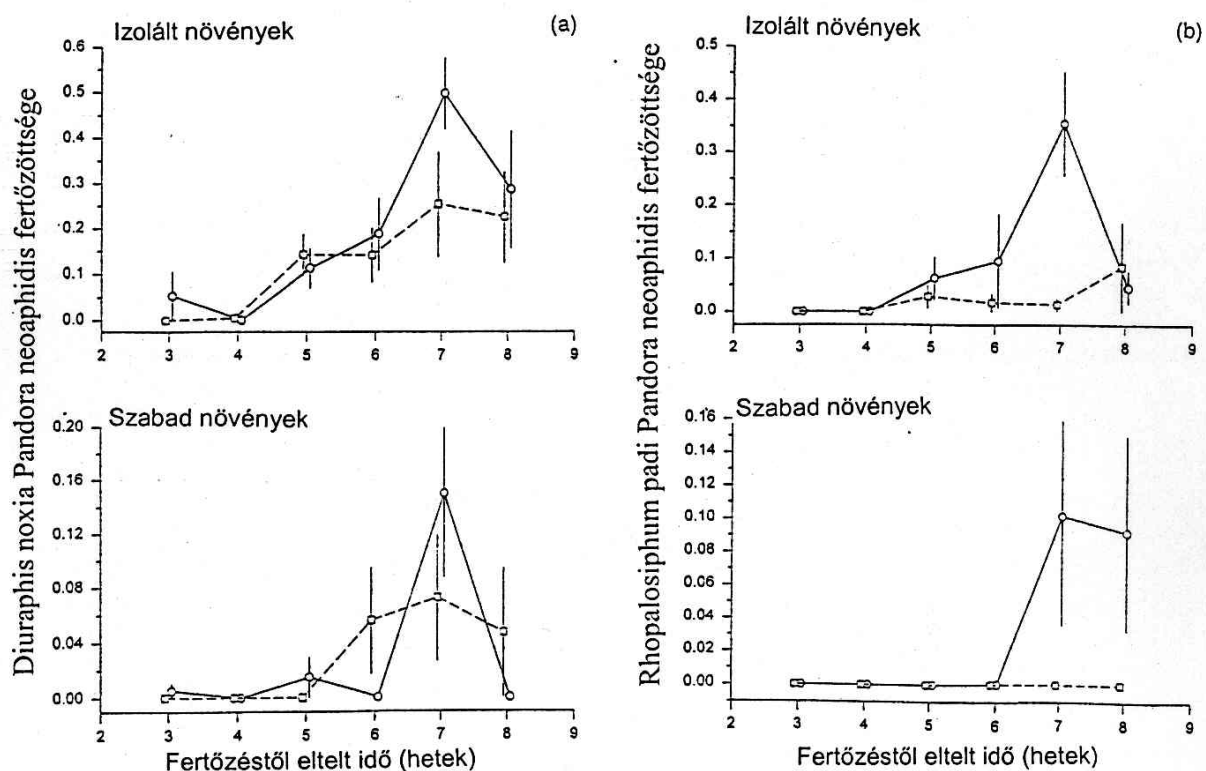
A mesterséges *D. noxia* fertőzés mellett a hazánkban őshonos gabona-levéltetű fajok: *Rhopalosiphum padi* (L.), *Sitobion avenae* (Fabricius), *Metopolophium dirhodum* (Walker) és a *Schizaphis graminum* (Rondani) is előfordultak mind az izolált mind a szabadon hagyott növényeken. Ezek közül a fajok közül azonban csak a *R. padi* szaporodott fel olyan mértékben, hogy a növény állománysűrűség és az izoláció hatását a levéltetvek egyedszámára statisztikai módszerekkel értékelni lehessen. Az izolált növényeken hússzor népesebbek voltak a zselnicemeggy levéltetű kolóniái, mint az izolálatlan növényeken függetlenül az állománysűrűségtől (15 b ábra). Az állománysűrűség ugyanakkor a *D. noxia*-val ellentétben nem befolyásolta szignifikánsan a zselnicemeggy levéltetű egyedszámát. Az izoláció és a mintavételi időpont egyaránt szignifikánsan befolyásolta a *R. padi* egyedszámát (4. táblázat). Az izolációs szint és a mintavételi időpont szignifikáns kölcsönhatása annak köszönhető, hogy a *R. padi* populáció 1-2 héttel korábban érte el a csúcst az izolált növényeken, mint az izolálatlanokon.

A *R. padi* egyedsűrűsége nem hatott szignifikánsan a *D. noxia* egyedszámára, amikor kovariánsként szerepelt a variancia analízisben ($F=0,26$, $df=1,19$, $P=0,6138$). Ez azt mutatja,

hogy nincs jelentős verseny a két faj között a növényen a táplálkozási lehetőségért: míg *D. noxia* a legfiatalabb leveleken él és a besodrott levelek védelmében táplálkozik addig a *R. padi* a kifejlett felső levelek levél fonákán képez kolóniákat.

A parazitoidok közül az *Aphidius uzbekistanicus* Luzhetzki, *Lyziptlebus fabarum* Marshall, *Praon volucre* Haliday és *Ephedrus* spp. és a hiperparazitoid *Dendrocercus carpenteri* (Curtis), *Alloxysta victrix* (Westwood), *Coruna clavata* Walker nagyon kicsi egyedszámban fordultak elő (a levéltetveknek kevesebb, mint 1 %-a volt parazitált).

Nagyarányú *Pandora neoaphidis* entomopatogén gomba fertőzés jelentkezett mind a két levéltetű faj esetében. A *D. noxia* *P. neoaphidis* fertőzöttsége elérte az 50 %-ot, a *R. padi* esetében a *P. neoaphidis*-sel fertőzött egyedek aránya 35 % volt (16 a ábra).



16. ábra *Pandora neoaphidis*-sel fertőzött levéltetvek aránya a kis és nagy állománysűrűségű tavaszi árpában az izolált és az izolálatlan növényeken

Az izoláció, a mintavételi időpont és ezek kölcsönhatása szignifikánsan hatott a *D. noxia* entomopatogén gomba fertőzöttségére. Ugyanakkor a növényállomány-sűrűség nem befolyásolta szignifikánsan a *D. noxia* egyedek entomopatogén gomba fertőzöttségét (5.

táblázat). A *D. noxia* entomopatogén gomba fertőzöttsége az idő előrehaladtával nőtt, és két-háromszorosa volt az izolált növényeken, mint a szabadon lévőkön (16 a ábra).

Az orosz búza-levéltetűvel ellentétben az állománysűrűség és a mintavételi időpont kölcsönhatása szignifikánsan befolyásolta a *R. padi* entomopatogén gomba fertőzöttségét. A szignifikáns kölcsönhatást az eredményezte, hogy a zselnicemeggy-levéltetű entomopatogén fertőzöttsége nőtt az idő előrehaladtával a nagy állománysűrűségű területen, de nem nőtt a kis állománysűrűségű területen (5. táblázat, 16b ábra). Az állománysűrűség azonban, magát a *R. padi* egyedszámát nem befolyásolta szignifikánsan (15b ábra és 4. táblázat).

5. táblázat Az izolátorháló, a növényesűrűség és mintavételi időpont hatása a *Diuraphis noxia* és a *Rhopalosiphum padi* levéltetvek *P. neoaphidis* fertőzöttségére (variancia analízis).

| Tényező | F érték | Szabadságfok | P érték |
|--|---------|--------------|---------|
| <i>A Diuraphis noxia</i> fertőzés mértéke | | | |
| Izoláció | 37,44 | 1, 191 | 0,0001 |
| Állománysűrűség | 1,19 | 1,191 | 0,28 |
| Mintavételi időpont | 12,37 | 5,191 | 0,0001 |
| Izoláció x Állománysűrűség | 1,42 | 1,191 | 0,24 |
| Izoláció x Mintavételi időpont | 3,24 | 5,191 | 0,008 |
| Állománysűrűség x Mintavételi időpont | 1,81 | 5,191 | 0,11 |
| Izoláció x Állománysűrűség x Mintavételi időpont | 0,64 | 5,191 | 0,65 |
| <i>A Rhopalosiphum padi</i> fertőzés mértéke | | | |
| Izoláció | 9,35 | 1, 191 | 0,003 |
| Állománysűrűség | 10,66 | 1,191 | 0,001 |
| Mintavételi időpont | 5,71 | 5,191 | 0,0001 |
| Izoláció x Állománysűrűség | 1,09 | 1,191 | 0,30 |
| Izoláció x Mintavételi időpont | 1,83 | 5,191 | 0,11 |
| Állománysűrűség x Mintavételi időpont | 4,60 | 5,191 | 0,0006 |
| Izoláció x Állománysűrűség x Mintavételi időpont | 1,74 | 5,191 | 0,13 |

Amikor az árpa érése megkezdődött a növények alkalmatlanná váltak a levéltetvek táplálkozására, ekkor a szárnyas levéltetvek az izolátor tetejénél gyülekeztek és utódok létrehozása nélkül pusztultak el.

A predátorok és parazitoidok nagyon kis egyedsűrűségben fordultak elő mind izolált mind az izolálatlan növényeken, ebből az következik, hogy a népes kolóniák kialakulása az izolátorokban nem a predátorok és parazitoidok tevékenységének kiiktatása miatt következett be.

Annak ellenére, hogy az izolált növényeken legalább háromszor több entomopatogén gombával fertőzött *R. padi* volt, mint az izolálatlan növényeken az izolációs szint és állománysűrűség, valamint izolációs szint és mintavételi időpont kölcsönhatások nem befolyásolták szignifikánsan az entomopatogén gombával fertőzött zselnicemeggy-levéltetvek egyedszámát.

Az izolált növényeken mindkét faj esetében nagyobb arányú volt a *P. neoaphidis* fertőzöttség, mint az izolálatlan növényeken. Az entomopatogén gombával fertőzött egyedek kutikulájának felszínén kezdetben karfiolszerű kiemelkedések formájában jelenik meg az entomopatogén gombafertőzés (17. ábra). Az idő előrehaladtával a gomba teljesen felemészti a gazdaállat testét és az egész test felületét vastagon borítja a gomba hifa, a konídiumtartó és konídiumok tömege (18. ábra). Ennek következtében a nagyméretű kolóniákban nagyobb az entomopatogén gomba fertőzés esélye, egy fertőzött levéltetű testfelületén képződő konídiumok a nagy egyedszámú kolóniákban több levéltetűt fertőznek meg, mint amikor szórványosan fordulnak elő a levéltetvek a növényen. Ezt a jelenséget egyedszám függő patogén terjedésnek nevezi a szakirodalom (cf. Dedryver, 1981).



17. ábra *Pandora neoaphidis*-sel fertőzött *Diuraphis noxia* test felületén a fertőzés kezdetén megjelenő karfiolszerű gomba képletek



18. ábra *Pandora neoaphidis*-sel fertőzött *Diuraphis noxia* test felületét borító homogén gomba szövedék és konídiumtömeg

Eredmények megvitatása

A *D. noxia* egyedszáma szignifikánsan nagyobb volt a kis állománysűrűségű árpában, mint a nagy állománysűrűségűben. Ugyanakkor az állománysűrűség nem befolyásolta szignifikánsan a *R. padi* szaporodását.

Az izolált növényeken szignifikánsan nagyobb volt a *D. noxia* és *R. padi* egyedszáma, mint az izolálatlanokon, mert az izolátorok megakadályozták, hogy a kialakult szárnyas imágók új tápnövényekre repüljenek. Ezért a szárnyas imágók az izolált növényeken születtek meg utódaikat mindaddig, amíg a növény alkalmas volt a levéltetvek táplálkozására (Basky, 2003a). A népes kolóniák kialakulása az izolátorokban nem a predátorok és parazitoidok tevékenységének kiiktatása, hanem a levéltetvek elvándorlásának megakadályozása miatt következett be.

A két levéltetűfaj között nem volt semmiféle kölcsönhatás, mert a gazdanövény eltérő helyein táplálkoztak: a *D. noxia* a legfiatalabb növényrészekben a besodródott levelek védelmében, a *R. padi* pedig a kifejlett, kiterült levelek fonákán élt.

Egy entomopatogén gomba a *Pandora neoaphidis* támadta meg a levéltetveket. A *P. neoaphidis* entomopatogén gomba fertőzöttség mértéke mindkét levéltetűfaj esetében szignifikánsan nagyobb arányú volt az izolált növényeken, mint az izolálatlanokon, mert az izolált növényeken kialakult népes levéltetű kolóniákban az egyedsűrűség függő *P. neoaphidis* entomopatogén gomba nagymértékben felszaporodott (Dedryver, 1981). Hasonló mértékű entomopatogén gombafertőzésről csak öntözött körülmények között természetesen gabonáról számoltak be (Feng et al., 1991). A *P. neoaphidis* fontos levéltetveket támadó entomopatogén kórokozó az egész világon elterjedt (Papierok et al., 1979; Dedryver, 1981, 1983; Wilding, 1981; Remaudiere, 1983; Latge et al., 1983; Stary és Havelka, 1991; Elkassabany et al., 1992; Feng et al., 1991, 1992; Lopez-Llorca, 1993). Az entomopatogén gombafertőzés azonban csak akkor vált uralkodóvá, amikor a levéltetvek felszaporodtak a növényeken. Annak ellenére, hogy a *R. padi* egyedeinek 35 %-a, a *D. noxia* egyedeinek 50 %-a mutatta a *P. neoaphidis* fertőzés tüneteit, a mikózis késői fellépése miatt a levéltetvek felszaporodását a *P. neoaphidis* fertőzöttség nem akadályozta meg.

IV. A levéltetvek táplálkozásának hatása a búza sütőipari minőségére

A levéltetvek a növényi nedv szívásán és vírusterjesztésén kívül minőségi változásokat is előidéznek a növényekben (Blackman és Eastop, 1984; Kieckhefer és Gellner, 1988). A különböző gabona-levéltetű fajok által okozott termésveszteség mértéke eltérő. A *Schizaphis graminum* (Rondani) azonos egyedsűrűségnél súlyosabb károkat okoz, mint a *Rhopalosiphum padi* (L.) (Kieckhefer és Kantack, 1988). A *S. graminum* kártétele a károsított növényrészek klorofill tartalmának csökkenése következtében klorózist eredményez. A klorofill tartalom csökkenését a *S. graminum* nyálában levő toxin okozza (Girma et al., 1999; Havlickova, 1987; Rabe et al., 1989). A *S. graminum* a biomassa termelés szignifikáns csökkenését eredményezte. Az oldható szénhidrátok mennyisége azonban nem csökkent a növényekben, ami arra utal, hogy a csökkent növekedés a *S. graminum* által indukált toxikózis fotoszintézisre gyakorolt gátló hatásának az eredménye (Holmes et al., 1991). Az orosz búza-levéltetű [*Diuraphis noxia* (Kurdjumov)] szignifikánsan nagyobb termésveszteséget okoz, mint a *S. graminum* (Gellner et al., 1990). Az orosz búza-levéltetű táplálkozása következtében a kloroplasztiszok membránja károsul, a membrán szétesik és a kloroplasztiszok tartalma a sejtekbe diffundál és a kloroplasztiszok eltűnnek. A *R. padi* és *Sitobion avenae* (F.) nem okoz klorofill szétesést (Fouché et al., 1984).

A *S. graminum*, *R. padi*, *S. avenae* és *Metopolophium dirhodum* (Walker) őshonos fajok Magyarországon, míg az orosz búza-levéltetű a *D. noxia* megjelenését 1990-ben észleltük először (Basky és Eastop, 1991). Eddig az orosz búza-levéltetű még nem vált a búza kártevőjévé Magyarországon.

Mac Ritchie (1978) megállapította, hogy a búzaliszt sütőipari minőségét nagymértékben befolyásolják a lisztben található fehérjék, ezért számos vizsgálatot végeztek, hogy meghatározzák, hogy mely fehérje alkotórészek felelősek a minőségi különbségekért. A vizsgálatok fő következtetése, hogy a glutén fehérjék a búza minőségét meghatározó legfontosabb összetevők (Finney, 1943; Mac Ritchie; 1978 Pollhamer, 1981). Hetven százalékos alkoholban történő oldhatóságuk alapján a glutén fehérjéket két fő csoportra lehet osztani: az alkoholban oldható gliadin fehérjékre és az alkoholban oldhatatlan maradékra, a glutenin fehérjékre (Osborne, 1907). Mivel az oldhatóság alapján a szétválasztás nem tökéletes ezért a molekulasúly alapján történő megkülönböztetés jobb megközelítésnek bizonyul. A 100 kDa-nál nagyobb peptideket a gluteninek, a 100 és 25 kDa közöttieket a gliadinok, míg a 25 kDa-nál kisebbeket az albuminok és globulinok alkotják (Meredith és

Wren, 1966; Bushuk és Wrigley, 1971). Shewry és Tatham (1990) a búza glutén fehérjét három nagy csoportra osztják: a kénben gazdag prolaminek, a kénben szegény prolaminek és a nagy molekula-súlyú (High Molecular Weight HMW) prolaminek. Korábbi elmélet szerint a glutenin mennyisége és minősége nagymértékben meghatározzák a keverési sajátosságokat, míg a gliadin mennyisége és minősége a kenyér térfogatáért felelős (Finney, 1943).

A tésztakészítés és a sütés során a fehérjék mennyisége és a gliadin/glutenin arány döntő fontosságú. A glutenin gliadinhoz viszonyított arányának növekedése állandó fehérje tartalom mellett növeli a dagasztási időt, a nyújtással szembeni ellenálló képességet és a kenyér térfogatát. Ez azt jelenti, hogy a gluteninok elsősorban a tészta rugalmasságáért, míg a gliadinok inkább a nyújthatóságért felelősek (Uthayakumaran et al., 1999, 2000a, b). A nagy molekulásúlyú (HMW) glutenineknek kisebb szerepük van tészta szilárdságában. A kis molekulásúlyú (Low Molecular Weight LMW) gluteninek viszont a nyújthatóságot növelik (Uthayakumaran et al., 2000b).

A magasnyomású folyadékkromatográfia (Size-exclusion (SE) high performance liquid chromatography (HPLC)) módszert hatékonyan használták és használják a gabona liszt tartalék fehérjék vizsgálatára. Ez a módszer megbízhatóan és reprodukálhatóan választja szét a búza három fő fehérje osztályát: a gluteninokat, a gliadinokat és az albuminokat+globulinokat (Singh, NK et al., 1990a, b; Batey et al., 1991; Gupta et al., 1993).

Vizsgálatunk célja a különböző levéltetűfajok által károsított növények terméséből készített lisztben a glutenin, gliadin mennyiségében beálló változások vizsgálata volt.

Vizsgálati anyag és módszer

A gabona levéltetvek tenyésztésének fenntartása

Diuraphis noxia, *Metopolophium dirhodum*, *Schizaphis graminum* és *Rhopalosiphum padi* gabona-levéltetű fajokat üvegházban 15 cm-es cserépbe vetett árpa növényeken neveltük. A cserepeket monofil selyem izolátorral borítottuk, hogy megakadályozzuk a levéltetvek természetes ellenségeinek hozzáférését a tenyészetekhez. A folyamatos parthenogenetikus generációk biztosítása végett az őszi-téli, kora tavaszi időszakban kiegészítő megvilágítással biztosítottuk a 14 órás nappal hosszúságot.

Szabadföldi növények mesterséges fertőzése levéltetűvel.

Az őszi elvetett búza állomány gyomirtása után történt a mesterséges levéltetű fertőzés. A fertőzést a bokrosodás végén, szárbaindulás kezdetén (GS 30-31-es fenofázisban

Totman és Broad, 1987) végeztük. A 10-12 hajtással rendelkező fertőzendő növényeket izolátorhálóval vettük körül. Az izolált kísérleti növényeket az izolátorok kihelyezése után metilparathion hatóanyagú készítménnyel kezeltük, hogy a természetes fertőzés eredményeként a növényeken levő levéltetveket és a hozzájuk társult természetes ellenségeket elpusztítsuk. Az izolátorok kihelyezése és a methilpartion hatóanyaggal történt kezelés után 7 nappal történt a mesterséges levéltetű fertőzés.

Az izolátorhálóval körülvett növényeken a *D. noxia*, a *S. avenae* és a *R. padi* gabona-levéltetű fajok 5-5 szárnyatlan imágóját vagy L₄-es fejlődési stádiumú lárváját helyeztük el. Valamennyi fajjal 100 izolátort fertőztünk meg. Izolátorhálót helyeztünk továbbá 50 olyan növényre, amelyeket nem fertőzünk meg egyik levéltetű fajjal sem, ezek a növények a nem fertőzött kontroll növények.

A mesterséges fertőzés után 1 hónappal hetenkénti gyakorisággal minden kezelésből (különböző fajokkal mesterségesen fertőzött növényekből) 5-5 mintát gyűjtöttünk be, hogy nyomonkövessük a növényeken a levéltetű populációk változását. A minták gyűjtése metszőollóval történt. A talaj felszíne felett levágott növényeket külön-külön műanyag zacskóba majd Berlese tölcsérekbe tettük. A Berlese tölcséreket felülről megvilágító 25 W-s izzó melege segítette a növények száradását és megakadályozta a levéltetvek felfele vándorlását. A levéltetvek a tölcsér alján elhelyezett 70 %-s alkoholt tartalmazó üvegben gyűltek össze. A búzán a különböző mintavételi időpontokban talált levéltetvek egyedszámát és fejlődési stádium szerinti összetételét sztereómikroszkóppal határoztuk meg.

A liszt minőség vizsgálatra szánt növények izolátoraiban a fertőzés és a betakarítás között egy-két alkalommal értékeltük a levéltetű populáció nagyságát és megbecsültük az egyes izolátorokban száranként található levéltetvek számát.

Minta előkészítés.

A búza éréskor begyűjtött különböző levéltetű fajokkal fertőzött növények valamint a levéltetűtől mentes, kontroll növények szemtermését megtisztítottuk. A kontroll valamint a fertőzött izolátorokból származó termést FQC-Micro scale típusú laboratóriumi malommal megőröltük. Az őrleményt különböző lyukbőségű szitasoron átszitáltuk, a 150-200 µm-os mérettartományba eső liszttel végeztük el a SE-HPLC-es elválasztást.

Polimer proteinek mennyiségi meghatározása SE-HPLC kromatográfiával

A minták glutenin és gliadin tartalmát SE-HPLC-vel határoztuk meg Singh et al., (1990a, b) és Batey et al., (1991) módosított módszereit alkalmazva. A lisztet (10

mg/Eppendorf cső) 1 ml 0.5% Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) 0.05M Sodium-phosphate pufferrel (pH=6.9) kevertük össze 10 percig, hogy az un. oldható proteineket (gliadinok) kinyerjük. Ezt követően egy percig intenzíven szonikáltuk (a minta teljesen elegyedjen, lehetőleg az első néhány másodpercben), hogy az un. oldhatatlan polimer proteinek (gluteninek) is oldatba kerüljenek. Ezen eljárásnak köszönhetően az összes polimer és monomer proteinek keverékét kaptuk. Az elegy kivonatát ezt követően 10 percig 14,000 rpm-en centrifugáltuk, majd a felülúszót egy 0,45 µm-os Millex PVDF szűrőn átszűrtük. Minden mintából 20 µl-es mintákat injektáltunk a HPLC-re (Beckman HPLC rendszer, amely két pumpából (Model 110A), egy injector/organiser egységből (Model 340) egy kontrollerből (Model 420) valamint egy UV-látható detektorból áll (System Gold Programmable Detector Module 166)) és amihez egy Shimadzu C-R3A integrátor csatlakozik. Az analízishez egy Zorbax BIO GF-450 SE oszlopot valamint egy Diol preparatív előtét oszlopot kell használni. Az elúcióhoz acetonitril-víz rendszert használtunk (50:50) ami trifluor ecetsavat tartalmaz (TFA) (0.1%). A futási idő 10 perc az átfolyási sebesség 2 ml/min volt. A proteineket 214 nm-en detektáltuk. Valamennyi mintából több alapmintát készítünk, és egyetlen mintát is több ismétlésben megfuttattunk, így módunkban állt megfelelő számú, a mérési módszer biztonságát igazoló ismétléseket alkalmazni. A számítás alapadataiként a kromatogramok integrált területei szolgáltak. Az elúciós profil 3 fő csúcsra osztható, melyek azonosíthatók a fő proteinekkal (első fő csúcs a glutenin, a második a gliadin, míg egy kisebb harmadik csúcs az albumin és a globulin. Vizsgálataink során a glutenin és gliadin közvetlen adatait, valamint a gliadin/glutenin arányszámot használtuk fel a statisztikai értékelésekhez.

Statisztikai értékelés

A statisztikai értékelés során variancia analízissel vizsgáltuk a különböző levéltetű fajok jelenlétének hatását a liszt minták glutenin és gliadin tartalmára, valamint a gliadin/glutenin arányra. LSD tesztet használtunk a gliadin és glutenin tartalom, valamint a gliadin/glutenin arány átlagainak összehasonlítására a különböző levéltetű fajokkal fertőzött búza, ill. az egészséges kontroll növények terméséből készült lisztben.

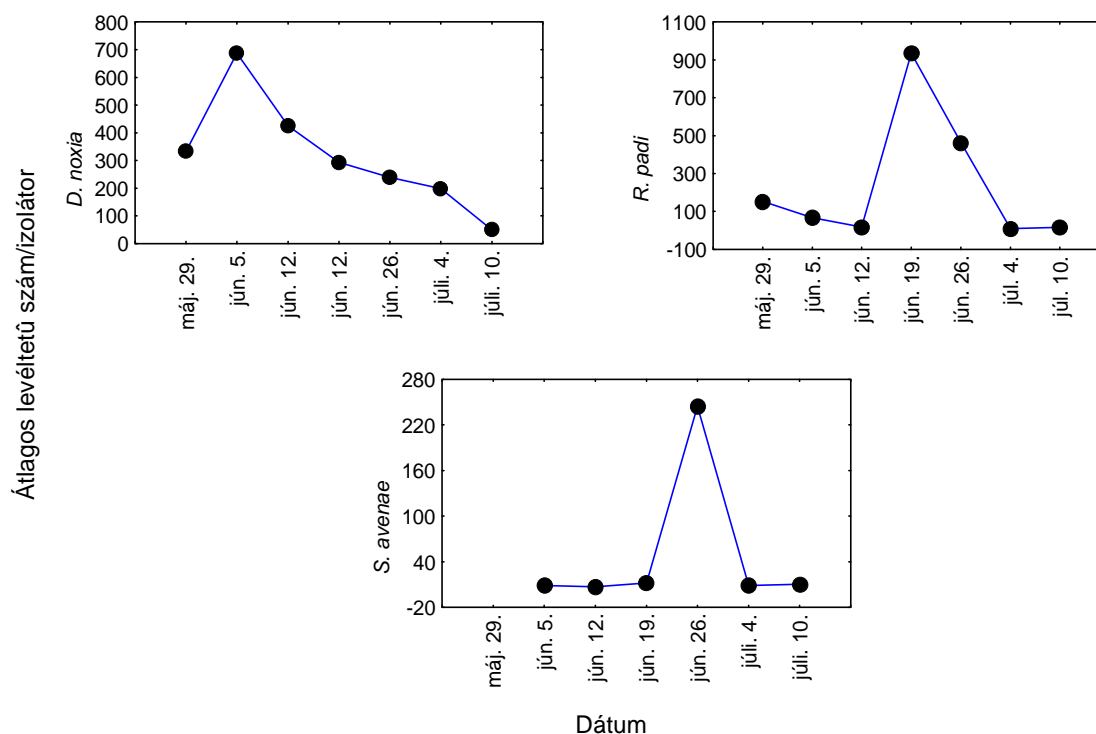
Eredmények

A *R. padi* szaporodott fel az izolált növényeken a legnagyobb mértékben. Június 9-én 934 volt a 6 izolátor átlaga alapján számított egyedszám. Május 9-től június 12-ig azonban kisebb volt az egyedsűrűsége, mint a *D. noxia*-nak. Az orosz búza-levéltetű *D. noxia* átlagos

egyedszáma június 5-én 687 volt. Ezt követően folyamatosan csökkent a búza vegetációs ideje során. A *S. avenae* egyedszáma június 26-án volt a legnagyobb, 226 egyed izolátoronként. A *S. avenae* a kalászokban táplálkozik a tejesérés során.

A fentiek alapján a *D. noxia* és *R. padi* egyedszáma a teljes éréskor liszt készítés céljára begyűjtött növényeken megközelítően 80-100 egyed volt kalászos hajtásonként, amikor a levéltetvek egyedsűrűsége a legnagyobb volt. Ezzel szemben a *S. avenae* átlagos hajtásonkénti egyedszáma 25 körül mozgott (19. ábra).

A gliadin/glutenin arányra szignifikáns hatással volt a különböző levéltetűfajok károsítása: *D. noxia*, *R. padi* és *S. avenae* (ANOVA: $df = 3,20$, $F = 4,52$, $P < 0,05$, $df = 3,20$, $F = 16,74$, $P < 0,00$ és $df = 3,20$, $F = 22,23$, $P < 0,00$). Az LSD teszt azt mutatta, hogy a glutenin tartalom szignifikánsan nagyobb volt a *R. padi* által fertőzött növények terméséből készült lisztben, mint a fertőzetlen kontrollban ($P < 0,00$).

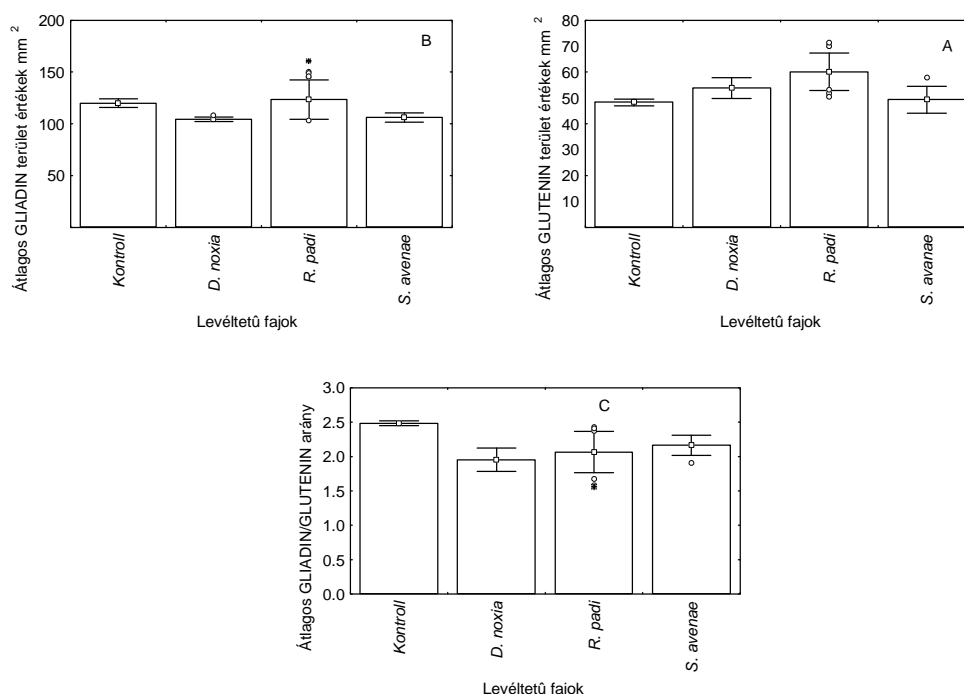


19. ábra Az átlagos levéltetűszám a különböző felvételezési időpontokban

Szignifikáns különbség volt a gliadin/glutenin arány tekintetében a *D. noxia* és *R. padi* valamint *S. avenae* között ($P < 0,05$, $P < 0,00$, $P < 0,00$).

A gliadin tartalom azonban nem változott szignifikánsan a levéltetű fertőzés hatására a kontrollhoz képest, viszont a *R. padi*-val fertőzött búzából készült lisztnek szignifikánsan nagyobb volt a gliadin tartalma, mint *D. noxia*-val és *S. avenae*-vel fertőzöttnek ($P < 0,00$). A gliadin/glutenin arány szignifikánsan nagyobb volt az egészséges növényekből készült lisztben, mint a *D. noxia*-val, *R. padi*-val és *S. avenae*-vel fertőzött növények terméséből készült lisztben ($P < 0,00$, $P < 0,00$, $P < 0,05$) (20. ábra).

A levéltetű táplálkozás hatása a glutenin és gliadin változására



20. ábra A levéltetű táplálkozás hatása a gliadin és glutenin mennyiségében valamint gliadin/glutenin arányban bekövetkező változásra

Eredmények megvitatása

A különböző levéltetű fajok egyedszáma június 5 és 26 között volt a legnagyobb. A *D. noxia* egyedszáma a szárbaindulás időszakában nőtt a leggyorsabban. Ez a faj a gyorsan növé

szárakon a besodrott levelek védelmében él és szaporodik. A másik két faj *noxia* egyedszáma június 19 és 26 között volt a legnagyobb. A szemfejlődés alatt az *R. padi* megnövekedett szaporodási intenzitása következtében nagyméretű kolóniák alakultak ki a felső levelek fonákán.

Bár a *D. noxia* egyedszáma a szemfejlődés kezdetén volt a legnagyobb, folyamatosan megtalálható volt a mesterségesen fertőzött izolált növényeken a búza éréséig. *D. noxia* fertőzés következtében csökkent legnagyobb mértékben a gliadin/glutenin arány, ezt követte a *R. padi*. A *S. avenae* fertőzés hatására kisebb mértékben, de szintén szignifikánsan csökkent a gliadin/glutenin arány a kontrollhoz képest. *S. avenae* volt a legkisebb egyedszámban jelen a fertőzött növényeken ebben a vizsgálatban. Ez a fertőzési szint természetes körülmények között is előfordulhat kedvező természeti és éghajlati körülmények között. Ezért a szignifikáns gliadin/glutenin arány csökkenés ennél a kis egyedszámnál nagyon nagy jelentőségű. *S. avenae* a kalászokban táplálkozik a szemfejlődés során, ezért ennek a fajnak a táplálkozása még ennél az alacsony egyedsűrűségnél is szignifikáns gliadin/glutenin arány csökkenést eredményezett.

A levéltetű táplálkozás liszt minőségére gyakorolt hatását először 1981-ben bizonyították Lee és munkatársai. Szemi-quantitatív elektroforézis módszerével bizonyították a *S. avenae* fertőzés hatására bekövetkező glutenin tartalom csökkenést.

Vizsgálatunkban elsőként bizonyítottuk a glutenin, gliadin tartalom és a gliadin/glutenin arány változását a levéltetű táplálkozás hatására a fertőzésmentes kontrollhoz képest (Basky és Fónagy, 2003).

Eredményeink igazolják azokat a korábbi megfigyeléseket, hogy kis egyedszámú levéltetű populáció is képes minőségi károkat okozni (Lee et al., 1981).

V. Biotípus és kártételi szint közötti különbségek a magyar és a dél-afrikai orosz búza-levéltetű populációk között

A nem őshonos levéltetű fajok veszélyes kártevővé válhatnak az újonnan meghódított területeken. A behurcolt kártevők többségének természetes ellenségei az újonnan megszállt területeken nincsenek jelen, ezért szaporodásukat és kártételüket semmi sem korlátozza. A behurcolt levéltetű fajok kártételének csökkentése és peszticid terhelés visszafogása érdekében folyt és folyik ma is intenzív rezisztencianemesítési program a levéltetű kártétel megelőzésére (Stechmann, 1986).

A Palearktikus eredetű zöld gabona-levéltetű [*Schizaphis graminum* (Rondani)] volt az első behurcolt levéltetű faj, amely súlyos károkat okozott a gabonatermesztésben, Amerikában (Giménez et al., 1997; Kindler et al., 2002). Kiterjedt rezisztencianemesítéssel igyekeztek a zöld gabona-levéltetű kártételét megakadályozni. A kártétel súlyossága miatt a levéltetű rezisztens fajták nagyon gyorsan elterjedtek, ezért a gabona termesztő terület nagy részén zöld gabona-levéltetű rezisztens fajtákat termesztettek. Ilyen körülmények között kiszelektálódtak, majd felszaporodtak azok a levéltetvek, amelyek a rezisztens fajtákat is képesek voltak károsítani. A faj tipikus alakjaitól valamely öröklődő biológiai sajátosságukban eltérő, földrajzilag is elkülönülő egyedeinek összességét biotípusnak nevezik. Ennek egyik esete, amikor a szóban forgó biológiai sajátosság a növényi rezisztencia áttörésére való képesség (Lavrence, 1992).

Az 1970-es évektől nemesített zöld gabona-levéltetű rezisztens fajtákon 1986-ra már 5 rezisztenciát áttörni képes zöld gabona-levéltetű biotípus jelenléte volt ismert. A zöld gabona-levéltetű rezisztenciát áttörni képes biotípusokat megjelenésük sorrendjében A, B, C, D, E és F betűkkel jelölték. Két év múlva már a G és H biotípus megjelenését is igazolták. Az egyes biotípusokat a különböző rezisztenciaforrásokat tartalmazó fajtákon kiváltott tünetek alapján különítik el (Formusoh et al., 1994). Jelenleg a zöld gabona-levéltetű E biotípusa a legelterjedtebb Észak Amerikában (Montllor et al., 1983).

A rezisztencianemesítésben a legtöbb rezisztencia forrás a levéltetű géncentrumából származik. Ezeken a területen élt együtt a levéltetű és a gazdanövény elég hosszú ideig ahhoz, hogy az ellenálló növények kiszelektálódhattak (Puterka et al., 1988; Wood, 1961).

Az orosz búza-levéltetű (*Diuraphis noxia* Kurdjumov) a Kaszpi tenger melléki erdős sztyeppe vidékén őshonos (Mokrzhetski 1901). 1978-ban észlelték megjelenését Dél-Afrikában (Walters et al., 1980). Rövid időn belül elterjedt az összes búza termesztő területen

és évenként 16-18 millió dollárra becsülték a kártétele következtében kieső termés értékét (Hevitt, et al., 1988). Etiópiában a termésveszteség 40-80 % között változott 1988-ban.

Az észak amerikai kontinensen az Egyesült Államokban 1986-ban jelent meg az orosz búza-levéltetű (Stoetzel, 1987; Brooks et al., 1994). Az orosz búza-levéltetű kártétele a világ különböző részein eltérő. Magyarországi előfordulásáról 1990 óta van tudomásunk (Basky és Eastop, 1991), eddig még nem vált kártevővé Magyarországon. Kártételi szintet elérő populáció jelenlétét egy rosszul kelt tavaszi árpa állományban tapasztaltuk Kenderes határában (Basky, 1993b). Ezen túlmenően az árpa sárga törpülés vírus fertőzés és fagykár együttes fellépése miatt kiritkult őszi árpa állományokban jelentek meg kártételi szintet elérő populációi (Basky, 2003b). Az elmúlt 10 év alatt Közép-Európában fokozatosan tovább terjedt, ma már megtalálható Csehország és Németország területén is (Stary, 2000; Thieme, 2001), de még nem érte el a kártételi küszöb értéket Európának ezen a részén (Stary, 2000).

Az orosz búza-levéltetű táplálkozása következtében a levelek besodródznak, pontosabban a károsított növényeken fejlődő besodrott levelek nem tudnak kiterülni. Az orosz búza-levéltetű az összesodrott levelek védelmében él, ezért az inszekticid kezelések hatékonysága sem kielégítő, mert még a legjobb kijuttatás technikával sem lehet az inszekticidet az összesodort levél védelmében élő levéltetűre juttatni (Du Toit, 1983, 1987). Az összesodrott levelek védelmében élő kolóniákat a természetes ellenségek is nehezen érik el (Aalbersberg, 1988; Basky, 1993a,b; 2003a).

Jelenleg a leghatékonyabban rezisztens fajták termesztésével lehet az orosz búza-levéltetű kártételének mértékét csökkenteni (Formusoh, et al, 1994). Intenzív rezisztencia nemesítési programot indítottak Dél-Afrikában és az Amerikai Egyesült Államokban is az orosz búza-levéltetű kártétel mértékének visszaszorítása érdekében (Du Toit, 1987, 1988; Webster et al., 1987, 1990). A rezisztencia nemesítés során természetes rezisztenciaforrásokat alkalmaztak (Formusoh et al., 1994; Du Toit és Van Niekerk, 1985). A rezisztens fajták elterjedésével azonban megjelentek a rezisztenciát áttörni képes populációk. Az Amigo búzafajta volt az első *D. noxia* rezisztens fajta Dél-Afrikában (Du Toit és Van Nikerk, 1985) Webster és munkatársai (1987) azonban csökkent *D. noxia* rezisztenciát észleltek az Amigo fajtán Amerikában.

A levéltetvek esetében gyakori jelenség, hogy a rezisztens fajtákon is képesek különböző mértékű károkat okozni (Wood, 1961; Montllor et al., 1983; Formusoh et al., 1992). A levéltetvek által a gazdanövényen okozott károsodás mértékének nagymértékű változékonysága önmagában is kielégíti a levéltetvek biotípusokba sorolásához szükséges feltételeket. Azt a populációt, amely képes az adott kártevő elleni rezisztenciával rendelkező

növényeket jelentősen károsítani, esetleg elpusztítani Shufran és munkatársai (1997) meghatározása szerint a kártevő biotípusának tekintjük. Puterka és munkatársai (1992) nagymértékű biotípus változatosságot találtak a világ különböző helyeiről származó orosz búza-levéltetű populációk között.

A növényi rezisztencia különböző mechanizmusok eredményeként jöhet létre, ezek az antibiózis, antixenózis, tolerancia vagy e mechanizmusok kombinációja (Smith et al., 1992). Az antibiózis a növény oldaláról megnyilvánuló toxikus hatás, amely a kártevő biológiáját hátrányosan befolyásolja. Az antixenózis azt jelenti, hogy a növény nem elégíti ki a levéltetű tápanyagigényét, ezért az gyakran nem is választja tápnövényül. A tolerancia azt jelenti, hogy a növény képes károsodás nélkül tolerálni a levéltetű kártételét (Smith, 1989).

Vizsgálatunk célja volt, hogy különböző rezisztencia típusok vizsgálatára alkalmas módszerekkel meghatározzuk a Magyarországon és Dél-Afrikában élő orosz búza-levéltetű populációk között észlelhető biotípus különbségeket.

Vizsgálati anyag és módszer

Növények

A gazdanövények levéltetű fejlődési stádium hosszára és utódszámára gyakorolt hatásának meghatározását célzó vizsgálatokat a magyar *D. noxia* fogékony GK Isis tavaszi árpa fajtán, a dél-afrikai orosz búza-levéltetűfertőzésre fogékony Betta és az orosz búza-levéltetű rezisztens SST 333 fajtán, valamint PI 262660 búza vonalon végeztük. A *D. noxia* rezisztencia forrása az SST 333 fajtában a PI 262660 vonalból származik (Du Toit, 1989).

Fajtánként 24-24 db 17 cm átmérőjű cserépbe cserepenként 4-4 magot vetettünk el. A cserepek felét fertőztük *D. noxia*-val, a másik fele kontrollként szolgált. Hat nappal a növények kelése után (GS 11) a fertőzendő növények mindegyikét egyetlen orosz búza-levéltetű imágóval fertőztük. Dél-Afrikában a fertőzött és kontroll növényeket ugyanazon üvegházban más-más izolátorban helyeztük el. Magyarországon a kezelt és kontroll növényeket is monofil selyem izolátorral borítottuk.

A fertőzés után 7, 10 és 14 nappal valamennyi fajtából levágtunk 4x4 fertőzött és 4x4 kontroll növényt. A fertőzött növényekről leszedtük a levéltetveket és meghatároztuk egyedszámukat. A talajszintben levágott növények tömegét egyenként meghatároztuk, ezt követően a leveleket átlátszó fólia lapok közé helyeztük és lefénymásoltuk. A fénymásolt levelek felületét számítógéppel határoztuk meg a Vidas Processing System (1993) (Kronton Image Analysis Division, Neufahrn, Németország) program segítségével.

Nyolc búzafajtán végeztünk vizsgálatokat Magyarországon és a Dél-afrikai Köztársaságban. Ezek között három *D. noxia*-val szemben fogékony magyar búzafajta, egy fogékony dél-afrikai búzafajta három *D. noxia* rezisztens dél-afrikai búzafajta, valamint egy Amerikában nemesített *D. noxia* rezisztens búzafajta volt. A rendkívül erős rezisztencia miatt ezt a fajtát használják a Dél-afrikai Köztársaságban a rezisztencia nemesítési vizsgálatok során rezisztens kontrollként. A dél-afrikai rezisztencianemesítési munkában a fogékony kontrollfajta a hagyományos dél-afrikai fajta a Betta. A vizsgált fajták eredetére és fogékonyságára vonatkozó információkat a 6. táblázat tartalmazza.

A levéltetvek és a kísérleti körülmények

Magyarország fő búzatermő területén, Szolnok körzetében gyűjtöttünk be szárnyatlan *D. noxia* egyedeket. Egyetlen imágóból indított tenyészetet hoztunk létre, melyet 10 nemzedéken keresztül Pannónia fajtájú tavaszi árpán (*Hordeum vulgare* L.) tartottunk fent. Vizsgálatainkat 20 °C nappali és 15 °C éjjeli hőmérsékleten, napi 14 órás fényszakaszon végeztük. A növényeket naponta kétszer öntöztük.

Dél-Afrikában szintén az ország fő búzatermő területén Bethlehem térségében gyűjtöttük az orosz búza-levéltetű szárnyatlan elevenszülő nőtényeit. Az egyetlen imágóból indított tenyészetet 20 °C nappali és 15 °C éjjeli hőmérsékleten, 14 órás napi fényszakaszon neveltük. A növények Dél-Afrikában automatikus öntözésben részesültek.

A levéltetvek fejlődését levél izolátorok segítségével követtük nyomon. Mindhárom növényfajtára Isis tavaszi árpa, Betta fajtájú *D. noxia* fogékony dél-afrikai őszi búza, *D. noxia* rezisztens SST 333 dél-afrikai búza fajtákra 60 levél izolátort helyeztünk. A levél izolátorokba egy kifejlett szárnyatlan orosz búza-levéltetű imágót tettünk 1 napra. Másnap az imágó utódai közül 1 lárvát hagytunk az izolátorban. Az izolátorokat naponta ellenőriztük, hogy meghatározzuk az egyes lárvastádiumok hosszát. Mikor a lárvák imágóvá fejlődtek és elkezdtek szaporodni az utódokat naponta eltávolítottuk. Feljegyeztük valamennyi imágó napi utódprodukciónak. Azokat az eredményeket, ahol az imágó megszökött az izolátorból kizártuk az elemzésből, ezért az ismétlések száma 45 és 55 között változott. A teszt növényeket a vizsgálat során 3 hetenként cseréltük, hogy a tápanyaghiány levéltetvekre gyakorolt hátrányos hatását kiküszöböljük.

6. táblázat A vizsgálatban szereplő fajták, a fajta előállítója és a rezisztenciaforrás

| Búzafajta | Eredete | <i>D. noxia</i> rezisztencia |
|--------------------------------|---|--|
| GK Isis | Gabonatermesztési Kutató KHT Állomása Táplánszentkereszt | Fogékony |
| MV Magdaléna | Martonvásár MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete | Fogékony |
| MV Magvas | Martonvásár MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete | Fogékony |
| MV 17 | Martonvásár MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete | Fogékony |
| Caledon | Agricultural Research Council – Small Grain Institute, Dél-afrikai Köztárság | Rezisztens (Ex PI 137739) ^a |
| SST 333 | Sensako, Dél-afrikai Köztárság | Rezisztens (Ex PI 262660) ^a (Basky, Jordaan, 1997.) |
| PI 262660 | Sensako, Dél-afrikai Köztárság | Rezisztens (PI 262660) ^a (Basky, Jordaan, 1997.) |
| SST 972 | Sensako, Dél-afrikai Köztárság | Ismeretlen rezisztenciaforrás |
| Halt Rezisztens kontroll | Colorado Agricultural Experiment Station, USA | Rezisztens (Ex PI 372129) ^a (Quick et al, 1996) |
| Betta Fogékony kontroll | Agricultural Research Council – Small Grain Institute, Dél-afrikai Köztárság | Fogékony |

^aA rezisztencia forrása

Az orosz búza-levéltetű által okozott kár mértékének vizsgálata

A fajták rezisztenciájának vizsgálata a növényen jelentkező tünetek alapján

A vizsgálatot szaporító ládába vetett növényeken, 10 ismétlésben végeztük. Azonos számú (5) magot vetettünk fajtánként egymástól 3 cm távolságra levő sorokba (21. ábra). A fajtákat véletlen elrendezésben vetettük el. Ennél a vizsgálatnál a tesztelendő fajták sorába mindig beiktattunk egy fogékony és egy rezisztens kontrollt. A két leveles állapotú (GS 13;

Tottman és Broad, 1987) növényekre növényenként 5 levéltetű imágót helyeztünk a levélhüvelybe. A fajták vagy vonalak rezisztenciáját a levéltetű kártétel súlyossága alapján értékeltük a fertőzés után 1, 2 és 3 héttel.

A kísérlet értékeléséhez a Dél-Afrikában az orosz búza-levéltetű által okozott tünetek erősségének leírására használt 10 fokozatú skálát alkalmaztuk (Tolamay, 1995). E szerint 1, 2, 3=jó rezisztencia, 4, 5, 6= mérsékelt rezisztencia, 10=elpusztult. Az 1-es értéket a tünetmentes növények kapják. 2-es kevés kicsi elmosódó klorotikus folt, 3-as több-kevesebb határozott klorotikus folt. 4-es a klorotikus foltok összeolvadnak, 5-ös a klorotikus foltok csíkokat alkotnak, a levéllemezen alig észrevehető torzulás van. 6-os a leveleken határozott klorotikus csíkok vannak, a levéllemez U alakban behajlik. 7-es a levéllemez nagy részén klorotikus sávok vannak, a levéllemez besodródik, de még kézzel kiegyenesíthető, 8-as a levéllemez túlnyomó része sárga, szorosan besodrott, a besodrott levelek nem egyenesíthetők ki. 9-es a levéllemezen elhalt foltok vannak, a levelek szorosan besodrottak. 10-es a növény a kártétel következtében elpusztul (22. ábra).



21. ábra A rezisztencia vizsgálatához szaporítóládába vetett növények



22. ábra A 10-es skála különböző skálaértékeit mutató növények

A rezisztencia formái az antixenózis és az antibiózis.

Antixenózis

Az antixenózis esetén a növény nem kedvező tápnövény a levéltetű számára. Ennél a rezisztencia típusnál a növény fizikai vagy kémiai tulajdonságai miatt nem felel meg a gazdanövényt kereső levéltetveknek, a levéltetvek nem választják tápnövényül az erős antixenózis rezisztenciával rendelkező növényeket.

Az antixenózis tesztelési módszere

Ennél a vizsgálatnál szabadon engedett tesztállat különböző növényfajták azonos korú, növényei közül választja ki a számára legmegfelelőbb tápnövényt. Ismeretes, hogy a levéltetvek erős fototaxist mutatnak, amit a tápnövény választási kísérletek tervezésénél figyelembe kell venni. A vizsgálandó fajtákat véletlen elrendezésben 10 ismétlésben szaporító ládába vetettük el. Szögcsíra állapotú növényeket (fenofázis: GS 09 Tottman és Broad, 1987) fertőztünk *D. noxia* szárnyatlan imágókkal. Minden szaporítóládára 5-ször annyi

levéltetű egyedeket szórtunk a szaporítóláda felett rázogatott petricsészéből, mint a ládában levő növények száma. Miután a szaporító ládába vetett növényekre rászórtuk a levéltetveket, a ládákat azonnal sötét helységbe helyeztük 12 órára, hogy a levéltetvek fény irányába történő mozgását kiküszöböljük. Ezt követő 12 órás világos periódus (egyenletes mesterséges fény valamennyi tálca felett) után megszámláltuk minden egyes növényen a levéltetveket. Azok a fajták rendelkeznek antixenózis típusú rezisztenciával, amelyeken a legkevesebb levéltetű telepedett meg.

Antibiózis

A rezisztencia másik formája az antibiózis. Ennél a rezisztenciaformánál a rovar a növényt tápnövényként elfogadja, de a növény oldaláról megnyilvánuló toxikus hatás miatt a rovar fejlődési üteme, testtömege, utódszáma elmarad az antibiózist nem mutató fajtákon tapasztalt értékektől.

Az antibiózis tesztelési módszere

Az antibiózis értékelését a frissen vedlett imágókban található embriók száma alapján végeztük. A levéltetveknél az úgynevezett teleszkópos generációk miatt az utódok száma és formája (szárnyas, szárnyatlan) két nemzedékkel korábban már a nagyszülői nemzedékben alakul ki, ezért a levéltetveket három generáción keresztül neveltük az antibiózisra tesztelendő fajtán. Ezt nevezzük prekondicionálásnak. A prekondicionálás során 12-15 cm átmérőjű cserepekbe körben 12-14 magot vetettünk cserepenként. A szögcsíra állapotú növényekre 1-1 imágót helyeztünk finom ecsettel lehetőleg a levélhüvelybe, hogy ne hagyja el a növényt (23. ábra). Egy-két napon belül, amikor a levéltetvek legalább egy utódot szültek, az imágót eltávolítottuk, csak a lárvákat hagytuk a növényeken. A lárvák 7-10 napon belül imágóvá fejlődtek. Amikor az imágók megszülték első lárváikat, ezeket a lárvákat a már ismertetett módon nevelt szögcsíra állapotú azonos fajtájú növényekre telepítettük. Ezt az eljárást még egyszer megismételtük, hogy a levéltetű hozzászokjon a fajtához, ez után következett maga az antibiózis tesztelés. Amikor az egyes fajtákon nevelt levéltetvek harmadik nemzedéke elérte az L₄-es stádiumot, akkor ezeket a lárvákat szögcsíra állapotú növényekre helyeztük finom ecsettel. Miután az imágók megszülték első utódaikat az utódok számát feljegyezve az imágókat egyesével beazonosítható módon (fajta, utódszám) eppendorf csövekbe 70 %-s alkoholba gyűjtöttük. Ezekből az imágókból fajtánként 10 egyedeket gyűjtöttünk be, az alkoholba helyezés előtt feljegyeztük a begyűjtött egyedek által megszült utódok számát.

Az embriószámlálást néhány héttel az alkoholba helyezést követően végeztük, hogy az alkoholban a hemolimfa kicsapódjon és az embriók jól elkülöníthetők, a testüreget kitöltő masszától. A potroh hasi részének éles, görbített végű, vékony tüvel történő felnyitása után a kifejlett embriók a piros szemkezdemények alapján jól megkülönböztethetők a gyöngyfűzészerűen egymáshoz kapcsolódó fejletlen embrióktól.

Az értékeléskor feljegyeztük a vizsgált levéltetű által szült utódok, valamint a fejlett és fejletlen embriók számát. Az összes utódszámot a megszült lárvák, a kifejlett és a fejletlen embriók számának összege adja (Dewar, 1977).



23. ábra Antibiózis vizsgálathoz a prekondicionálás cserépbe vetett növényeken történt.

Tolerancia

A rezisztencia harmadik formája a tolerancia. Ennél a rezisztenciaformánál a tolerancia a növény oldaláról abban nyilvánul meg, hogy a növény nem károsodik a levéltetű táplálkozása következtében.

A tolerancia tesztelési módszere

A tolerancia teszthez 1,5-2 l-es cserepekbe vetettünk fajtánként 4 magot. A vizsgálatot 10 ismétlésben állítottuk be. Amikor a növények szögcsíra állapotúak, minden cserépben két azonos fejlettségű növényt hagytunk meg. Az egyik növényre a levélhüvelybe helyeztünk 2 frissen vedlett szárnyatlan imágót. Ezt követően a cserepeket izolátorral borítottuk.

Az egyes fajtákat véletlen blokk elrendezésben helyeztük el. Két hét elteltével leszedtük az izolátort és a növényeket a talajszintnél levágtuk. Meghatároztuk a növények hosszát, a növények tömegét, megmértük a levél felületét és megszámláltuk a növényeken található levéltetvek számát. A fertőzött növények adatait a kontroll növények átlagának %-ában fejeztük ki (24. ábra).



24. ábra A tolerancia vizsgálatokat izolátor alatt végeztük.

Növény rezisztencia indexe

A rezisztencia nemesítési munka során a különböző rezisztencia típusok tesztelése különböző módszerekkel történik (rezisztencia vizsgálat a növényi tünetek alapján, antibiózis, antixenózis és tolerancia), ezért a fajták, vonalak rezisztenciája közti különbségek

összehasonlíthatósága érdekében kidolgozták a növényi rezisztencia indexet (Inayatullah et al., 1990). A növényi rezisztencia index számítása a következőképpen történik:

$$\text{Növényi rezisztencia index} = 1/(X \times Y \times Z)$$

X = antixenózis index; Y = antibiózis index; Z = rezisztencia index

Az egyes összetevők értékei úgy számíthatók ki, hogy az adott vizsgálat során kapott legmagasabb értékkel elosztjuk a többi fajta értékeit. A módszer előnye, hogy a három féle rezisztencia vizsgálat eredményeit egyetlen értékben összesíti.

Statisztikai értékelés

Az imágóvá fejlődéshez szükséges időt, az imágóvá vedléstől a szaporodás megkezdéséig eltelt időt, a szaporodási időszak hosszát, a szaporodás befejezése és az elpusztulás közti időtartamot és az egész élettartam hosszát a magyarországi és a dél-afrikai populációból származó levéltetvek esetében *t*-teszttel hasonlítottuk össze a különböző fajtákon. Ahol az eloszlás nem volt normális (pl. a fekunditásnál) a Wilcoxon–Mann–Whitney tesztet alkalmaztuk (Siegel és Castellan, 1988) a két populáció közti különbség meghatározására. A Weibull eloszlási modellt illesztettük a napi utódszámhoz Webster et al. (1993) nyomán a Statisztika (StatSoft, 1994) program csomag használatával. Egy paraméter *a* a görbe helyét határozza meg. A másik két paraméternél (*b* és *c*), a görbe skáláját és az alakját határozzák meg, *t*-teszttel vizsgáltuk a két populáció közti különbséget.

Az összes utódszám és az időszakok hosszának vizsgálata, mely alatt az összes utódok 25 %-a, 50 %-a és 95 %-a megszületett Wilcoxon–Mann–Whitney teszttel történt.

A cserepeken belül a növények közti potenciális kölcsönhatás kiküszöbölésére a cserepenként mintavételi időpontonként levágott 4 növény tömegét és levélfelületét átlagoltuk, a növényeken talált levéltetvek számából is átlagot számítottunk. Tekintettel arra, hogy a vizsgálat célja a Magyarországon és a Dél-Afrikában honos *D. noxia* kártételének összehasonlítása volt, ezért a fertőzött és kontroll növények közti különbségek voltak a független változók. Ez a módszer lehetővé tette a környezeti tényezők hatásának kiküszöbölését. Tekintve, hogy a 3 egymást követő mintavétel során ugyanabból a cserépből szedtük a mintákat, ezért „ismételt mérés” variancia analízist használtunk, hogy meghatározzuk az ország (ahol a levéltetűt begyűjtöttük), a mintavételi időpont és ezek kölcsönhatásának az egészséges és *D. noxia* fertőzött növény tömegére, és a növény felszínére gyakorolt hatását a vizsgált fajtákon. Az átlagokon az országok között mintavételi időpontonként Bonferroni korrekciót végeztünk, hogy a 0,05 kísérleti hiba arányt elérjük (Milliken és Johnson, 1992). A fajták közti összehasonlításnál „ismételt mérés” ANOVA-t

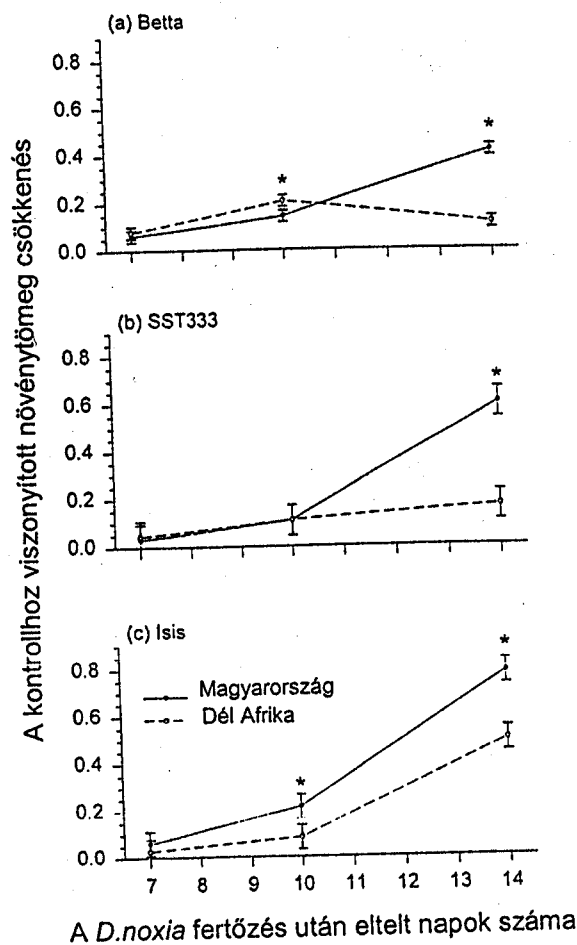
használtunk, hogy meghatározzuk a fajta, a mintavételi időpont és ezek kölcsönhatását a növény tömegére, a levélfelület nagyságára fertőzött és nem fertőzött növények esetében valamennyi fajtán. A statisztikai értékeléseket a SAS statisztikai programmal végeztük (SAS, 1992).

A rezisztencia vizsgálati eredményeket Friedman ANOVA-val, ANOVA-val és többszörös *t*-eloszlás vizsgálatokkal vagy LSD_T értékeltük. Diszkriminancia analízissel vizsgáltuk a tolerancia vizsgálatban a lg transzformált végleges levéltetű számot, növény száraz tömegének a kontroll %-ában kifejezett értékét és a levél felület kontroll %-ában kifejezett értékei közti különbségek szignifikáns voltát. A statisztikai értékeléshez a Genstat és a Statistica statisztikai programokat használtuk.

Eredmények

A növények tömege

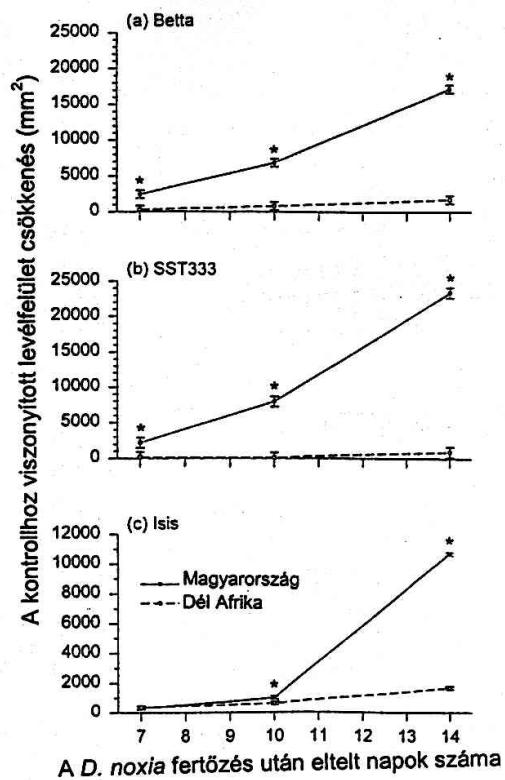
Mindhárom vizsgált fajta tömege csökkent a *D. noxia* károsítása következtében. A csökkenés mértéke nagyobb volt a magyarországi, mint a dél-afrikai orosz búza-levéltetű kártétele következtében (25. ábra, 7. táblázat). A fertőzött növények tömegének relatív csökkenése, valamint a különböző országokban élő levéltetvek károsításának következtében a vizsgálati helyek közti különbség egyaránt nőtt az idő előrehaladtával, amit a vizsgálati hely és mintavételi időpont kölcsönhatása is igazol. Az Isis fajta tömegének csökkenése között volt a legkisebb különbség a magyarországi és a dél-afrikai orosz búza-levéltetű károsítása következtében, a Betta és SST 333 fajták tömege nagyobb mértékben csökkent mindkét levéltetű populáció károsítása következtében (25. ábra).



25. ábra A *D. noxia* fertőzés hatására bekövetkezett növénytömeg csökkenés

Levélfelület

A levélfelület a növények tömegéhez hasonló mértékben csökkent. Mindhárom vizsgált fajta levélfelülete nagyobb mértékben csökkent a magyarországi, mint a dél-afrikai orosz búza-levéltetű kártétele következtében. (26. ábra, 7. táblázat). A kontroll és fertőzött növény felülete közti különbség, valamint a vizsgálati helyek közti különbség az idő előrehaladtával egyaránt nőtt. Ezt igazolja az ország és a mintavételi időpont szignifikáns kölcsönhatása. Az egészséges és fertőzött növények levélfelülete közti különbség az Isis árpa fajtánál volt a legkisebb, a *D. noxia* rezisztens SST 333 és a fogékony Beta búza fajták levélfelülete közel azonos mértékben csökkent a *D. noxia* fertőzés következtében. A levélfelület csökkenés sokkal nagyobb mértékű volt a magyarországi, mint a dél-afrikai orosz búza-levéltetű kártétele következtében (26. ábra).



26. ábra A *D. noxia* fertőzés hatására bekövetkező növény felületcsökkenés a különböző fajtákon

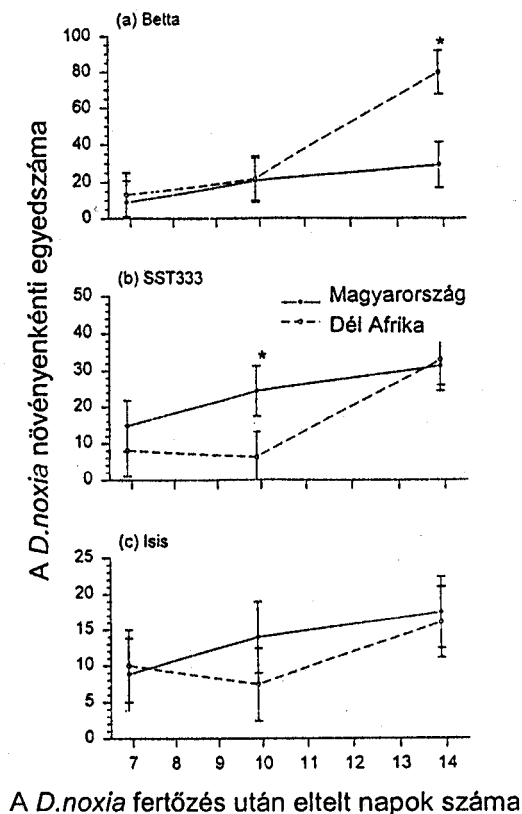
7. táblázat Az orosz búza-levéltetű fertőzés hatása a növények tömegére és a levélfelületére.
 Variancia analízis az ország és mintavételi időpont valamint e tényezők kölcsönhatásának
 vizsgálatára.

| Növényfajta | Tényező | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>P</i> |
|--|------------------------------|-----------|----------|----------|
| (a) <i>D. noxia</i> fertőzés hatása a növények tömegére | | | | |
| Betta (búza) | Ország | 1, 8 | 35,74 | 0,0003 |
| | Mintavételi időpont | 2, 16 | 179,11 | 0,0001 |
| | Ország x Mintavételi időpont | 2, 16 | 194,24 | 0,0001 |
| SST 333 (búza) | Ország | 1, 8 | 41,07 | 0,0002 |
| | Mintavételi időpont | 2, 16 | 58,84 | 0,0001 |
| | Ország x Mintavételi időpont | 2, 16 | 28,71 | 0,0001 |
| Isis (árpa) | Ország | 1, 8 | 90,95 | 0,0001 |
| | Mintavételi időpont | 2, 16 | 241,60 | 0,0001 |
| | Ország x Mintavételi időpont | 2, 16 | 9,61 | 0,002 |
| (b) <i>D. noxia</i> fertőzés hatása a növények levélfelületére | | | | |
| Betta (búza) | Ország | 1, 8 | 759,76 | 0,0001 |
| | Mintavételi időpont | 2, 16 | 621,84 | 0,0001 |
| | Ország x Mintavételi időpont | 2, 16 | 422,47 | 0,0001 |
| SST 333 (búza) | Ország | 1, 8 | 726,62 | 0,0001 |
| | Mintavételi időpont | 2, 16 | 800,78 | 0,0001 |
| | Ország x Mintavételi időpont | 2, 16 | 688,23 | 0,0001 |
| Isis (árpa) | Ország | 1, 8 | 11779,62 | 0,0001 |
| | Mintavételi időpont | 2, 16 | 4997,59 | 0,0001 |
| | Ország x Mintavételi időpont | 2, 16 | 3075,81 | 0,0001 |

Levéltetvek száma

A levéltetvek száma mindhárom fajtán, mindkét országban nőtt az idő előrehaladtával (27. ábra 8. táblázat). A levéltetvek száma nem különbözött következetesen az országok között. Az SST 333 fajtán a három vizsgálati időpont alapján szignifikánsan több levéltetű fejlődött Magyarországon, mint Dél-Afrikában. Ugyanakkor a fertőzés után 14 nappal nem volt szignifikáns különbség az SST 333 búza fajtán élő levéltetvek száma között

Magyarországon és Dél-Afrikában. A Betta fajtán viszont 14 nappal a fertőzés után szignifikánsan több *D. noxia* élt Dél-Afrikában, mint Magyarországon. Az Isis árpa fajtán nem volt szignifikáns különbség a levéltetvek egyedszáma között a két országban.



27. ábra A levéltetvek számának alakulása Magyarországon és Dél-Afrikában

A levéltetvek fejlődéséhez szükséges idő

Az imágóvá fejlődés időszaka, a szaporodás megkezdése előtti időszak, a szaporodási időszak szignifikánsan hosszabb volt a magyarországi *D. noxia* esetében, mint Dél-Afrikában, ugyanakkor a szaporodás befejezése és a pusztulás közt eltelt idő magyarországi *D. noxia* esetében volt rövidebb (9. táblázat). Az imágóvá fejlődés időtartama Dél-Afrikában 9,34 és 9,92, Magyarországon pedig 10,1 és 10,7 nap között változott. Dél-Afrikában 0,03 és 0,26 nap múlva kezdtek szülni az imágók, míg Magyarországon 0,44 és 0,64 nap múlva. A szaporodási időszak Dél-Afrikában sokkal rövidebb volt (22,94 és 24,8 nap), mint Magyarországon (35,28 és 38,66 nap). A szaporodás befejezése és a pusztulás közt eltelt időszak Dél-Afrikában volt hosszabb, mint Magyarországon. A levéltetvek élettartama Magyarországon megközelítően 10 nappal volt hosszabb, mint Dél-Afrikában (Dél-Afrikában 41,76 - 44,21 nap, Magyarországon 52,06 - 55,22 nap). Minden egyes fejlődési stádium időtartama között szignifikáns különbség volt a két országban élő orosz búza-levéltetű

populációk között. A levéltetvek különböző tápnövényeken tapasztalt élettartama között azonban nem találtunk szignifikáns különbséget annak ellenére, hogy az Isis árpa és a Betta búza fogékonyak, míg az SST 333 orosz búza-levéltetű rezisztens búzafajta.

8. táblázat Az orosz búza-levéltetű növényenkénti egyedszámának alakulása. Variancia analízis az ország és mintavételi időpont valamint e tényezők kölcsönhatásának vizsgálatára.

| Növényfajta | Tényező | <i>df</i> | <i>F</i> | <i>P</i> |
|----------------|------------------------------|-----------|----------|----------|
| Betta (búza) | Ország | 1, 8 | 9,73 | 0,01 |
| | Mintavételi időpont | 2, 16 | 30,86 | 0,0001 |
| | Ország x Mintavételi időpont | 2, 16 | 11,53 | 0,0008 |
| SST 333 (búza) | Ország | 1, 8 | 10,78 | 0,01 |
| | Mintavételi időpont | 2, 16 | 15,35 | 0,0002 |
| | Ország x Mintavételi időpont | 2, 16 | 3,03 | 0,08 |
| Isis (árpa) | Ország | 1, 8 | 1,42 | 0,27 |
| | Mintavételi időpont | 2, 16 | 4,72 | 0,02 |
| | Ország x Mintavételi időpont | 2, 16 | 1,22 | 0,32 |

Az imágók utódszáma mindhárom fajtan több volt Dél-Afrikában, mint Magyarországon. A fogékony Betta búza fajtan Dél-Afrikában az utódszám 70, Magyarországon pedig 62,3 volt átlagosan (Wilcoxon–Mann–Whitney teszt: $z = -3,66$, $df=98$, $P<0,05$). A rezisztens SST 333 búza fajtan a dél-afrikai orosz búza-levéltetűnek átlagosan 67, míg a magyarországinak 53 utóda volt (Wilcoxon–Mann–Whitney teszt: $z = -0,79$, $df=98$, $P<0,001$). A fogékony Isis tavaszi árpán az átlagos utódszám Dél-Afrikában 75, Magyarországon pedig 59 volt (Wilcoxon–Mann–Whitney teszt: $z = -1,88$, $df=91$, $P<0,01$).

A napi utódprodukción nagyobb volt és korábban bekövetkezett a dél-afrikai *D. noxia* populációnál, mint a magyarországinál (28. ábra). A dél-afrikai levéltetvek hamarabb fejezték be a szaporodásukat, mint a magyarországiak. A *b* és *c* paraméterei a dél-afrikai és magyarországi *D. noxia*-nak szignifikánsan különböztek valamennyi fajtanál, a fogékony dél-afrikai Betta búzafajta *c* paramétere kivételével (10. táblázat).

9. táblázat Az orosz búza-levéltetű átlagos fejlődési ideje a Betta és SST 333 búza fajtákon és az Isis tavaszi árpa fajtán

| Vizsgálat helye | Betta <i>D. noxia</i> fogékony búza | SST 333 <i>D. noxia</i> rezisztens búza | Isis <i>D. noxia</i> fogékony tavaszi árpa |
|--------------------------|-------------------------------------|---|--|
| Lárva fejlődés időszaka | | | |
| Dél-Afrika | 9,34±0,02a | 9,92±0,02a | 9,77±0,02a |
| Magyarország | 10,42±0,02b | 11,10±0,02b | 11,70±0,02b |
| <i>T</i> | 5,17 | 5,30 | 4,59 |
| Pre-reproduktív időszak | | | |
| Dél-Afrika | 0,03±0,01a | 0,22±0,01a* | 0,26±0,01a |
| Magyarország | 0,64±0,01b | 0,44±0,01b* | 0,57±0,01b |
| <i>T</i> | 3,43 | 2,16 | 3,13 |
| Reproduktív időszak | | | |
| Dél-Afrika | 22,94±0,10a | 23,40±0,10a | 24,80±0,10a |
| Magyarország | 38,66±0,20b | 35,28±0,18b | 37,15±0,23b |
| <i>T</i> | 9,84 | 8,35 | 7,90 |
| Post-reproduktív időszak | | | |
| Dél-Afrika | 10,84±0,12a | 8,22±0,10a | 11,10±0,12a |
| Magyarország | 5,48±0,09b | 5,26±0,07b | 6,24±0,10b |
| <i>T</i> | 5,09 | 3,24 | 4,29 |
| Teljes élettartam | | | |
| Dél-Afrika | 43,42±0,17a | 41,76±0,14a | 44,21±0,14a |
| Magyarország | 55,22±0,23b | 52,06±0,19b | 54,65±0,19b |
| <i>T</i> | 5,94 | 6,09 | 5,45 |

Megjegyzés: Az átlagok ± SEM a párok közötti különböző betűk szignifikáns különbséget jelzik ($P < 0,001$, *, $P < 0,05$, *t* teszt, *df* értékek a Bettánál 98, SST 333 fajtánál 98 és az Isis fajtánál 91).

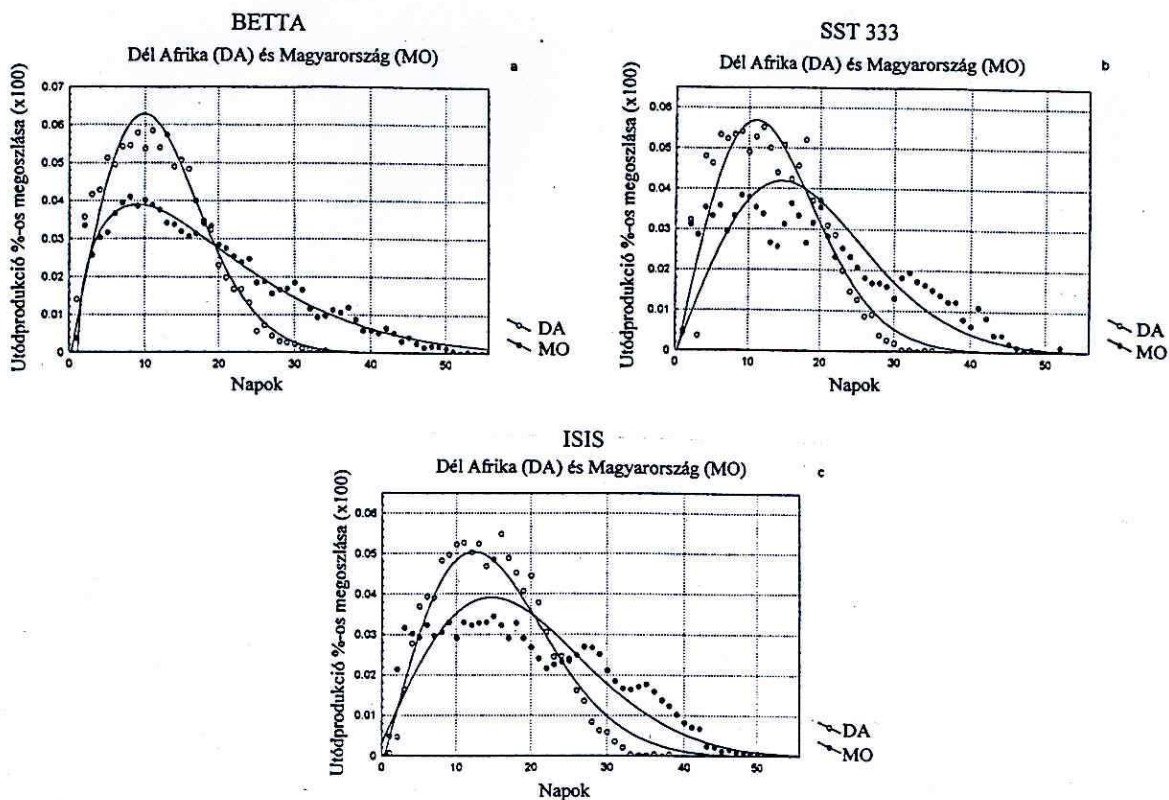
A magyarországi és a dél-afrikai orosz búza-levéltetű populáció szignifikánsan különbözik valamennyi növényen az utódszám tekintetében is. A különböző tápnövényeken

nevelt egyedek utódszámai azonban országon belül nem különböztek egymástól szignifikánsan.

10. táblázat A Weibull modell b és c paraméterek becslése (átlag \pm SEM) a *D. noxia* szaporodása Magyarországon és Dél-Afrikában a Betta, SST 333 búza és Isis árpa fajtán

| Vizsgálati hely | b (a görbe skálája) | c (a görbe alakja) |
|-----------------|-----------------------|----------------------|
| Betta | | |
| Dél-Afrika | 13,41 \pm 0,056a | 1,21 \pm 0,001a |
| Magyarország | 17,56 \pm 0,155b | 1,21 \pm 0,002a |
| T | 2,61 | 0,10 |
| SST 333 | | |
| Dél-Afrika | 14,71 \pm 0,078a* | 1,25 \pm 0,001a* |
| Magyarország | 18,09 \pm 0,0120b* | 1,19 \pm 0,001b* |
| T | 2,55 | 2,47 |
| Isis | | |
| Dél-Afrika | 14,64 \pm 0,053a | 1,28 \pm 0,001a |
| Magyarország | 19,52 \pm 0,166b | 1,07 \pm 0,003b |
| T | 3,02 | 6,04 |

Megjegyzés: Az oszlopon belül különböző betűvel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól ($P < 0,01$, *, $P < 0,05$, t teszt, df értékek: Betta 53, SST 333 43, Isis 49).



28. ábra Az összes vizsgált egyed utódszámának naponkénti %-os megoszlása és az illesztett gyakorisági görbe (Weibull modell x 1000)

Magyarországon az utódok 25, 50 és 95 %-ának megszületéséhez (11. táblázat). A magyarországi levéltetvek nemcsak kevesebb utódot szültek, de később és lassabb ütemben is születtek azokat, mint a dél-afrikaiak.

11. táblázat A *D. noxia* utódprodukciónak %-s megoszlása napokban a Betta, SST 333 búza fajtákon és az Isis tavaszi árpa fajtán

| Vizsgálati hely | A nimfák %-ának megszületéséhez szükséges idő napokban | | |
|-----------------|--|-------------|-------------|
| | 25 | 50 | 95 |
| Betta | | | |
| Dél-Afrika | 6,12±0,03a | 10,77±0,05a | 20,20±0,08a |
| Magyarország | 7,58±0,05b | 14,28±0,11b | 29,58±0,19b |
| <i>T</i> | -3,09 | -3,05 | -4,65 |
| SST 333 | | | |
| Dél-Afrika | 6,71±0,03a* | 10,56±0,05a | 21,06±0,08a |
| Magyarország | 7,68±0,05b* | 14,77±0,08b | 31,00±0,15b |
| <i>T</i> | -2,27 | -3,97 | -6,20 |
| Isis | | | |
| Dél-Afrika | 6,98±0,04a | 11,54±0,05a | 21,39±0,08a |
| Magyarország | 8,77±0,08a | 16,73±0,12b | 34,13±0,21b |
| <i>T</i> | -1,88 | -4,53 | -5,68 |

Megjegyzés: Az átlagok ± SEM a párok közötti különböző betűk szignifikáns különbséget jelzik ($P < 0,01$, *, $P < 0,05$, Wilcoxon–Mann–Whitney teszt, *df* értékek a Bettánál 98, SST 333 fajtánál 98 és az Isis fajtánál 91).

A fentiek alapján megállapítható, hogy a Dél-Afrikában honos orosz búza-levéltetű gyorsabban fejlődik, rövidebb idő alatt hoz létre nagyobb számú utódot, mint a Magyarországon honos populáció.

Annak ellenére, hogy az orosz búza-levéltetű magyarországi populációja hosszabb ideig fejlődött, naponta kevesebb utódot hozott létre, utódprodukcióna elhúzódott és utódszáma is kevesebb volt, mégis nagyobb mértékben csökkentette a növények felületét (levéllemez besodródás) és a növények tömegét, mint dél-afrikai fajtársa. Az orosz búza-levéltetű rezisztens SST 333 fajtát ugyanolyan módon károsította a magyarországi populáció, mint a fogékony Betta fajtát. A levelek besodródtak, és hosszanti sárga csíkok jelezték a levéltetű kártételt. A rezisztens SST 333 fajtán Dél-Afrikában nem jelentkeztek az orosz búza-levéltetű kártétel tünetei annak ellenére, hogy a levéltetű a rezisztens fajtán is szaporodott. Ez

az SST 333 búzafajta orosz búza-levéltetű dél-afrikai populációjával szembeni toleranciájának bizonyítéka.

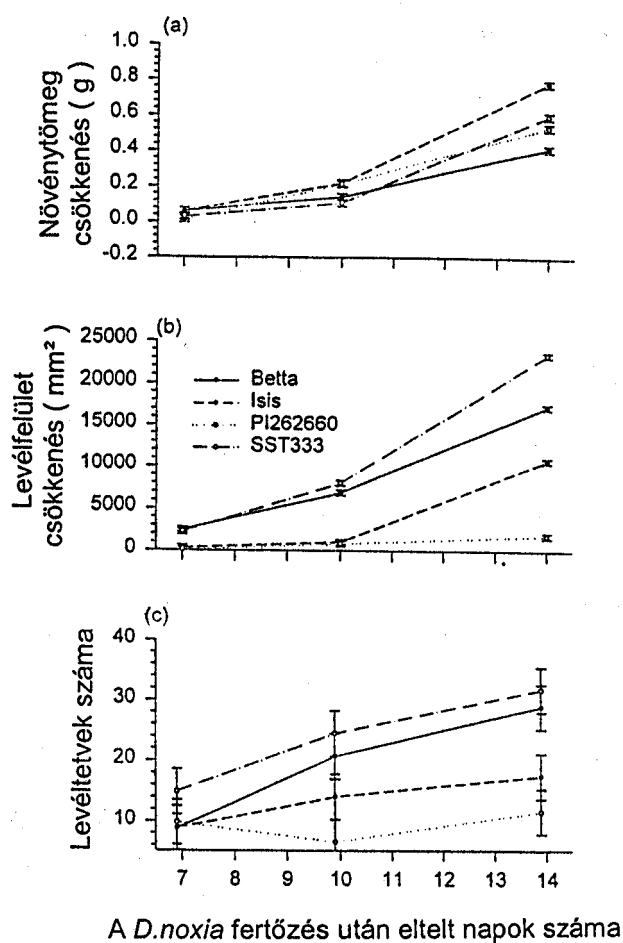
A rezisztens és fogékony fajták vizsgálata

Az SST 333 és PI 262660 búza fajtákat a *D. noxia* fertőzéssel szemben rezisztensnek találták Dél-Afrikában (Du Toit, 1989). A Betta búza és Isis árpa fajtákat *D. noxia* fertőzéssel szemben fogékonyak találtuk a Dél-Afrikában élő orosz búza-levéltetűvel szemben (24. ábra, 8. táblázat). Vizsgálatunk során a Magyarországon élő *D. noxia* minden fajtán súlyos sárgulást és levélsodródást okozott, beleértve a Dél-Afrikában rezisztens SST 333 és PI 262660 fajtákat is. A fertőzés után 14 nappal a fertőzött és a kontroll növények tömege közti különbség alapján a következő rangsort lehetett felállítani: Isis > SST 333 = PI 262660 > Betta (29. ábra). A levélfelület a legnagyobb mértékben az SST 333 búza fajtán csökkent a *D. noxia* fertőzés következtében, ezt követte a Betta, majd az Isis és PI 262660. A levéltetvek száma a fertőzéstől eltelt idő előrehaladtával nőtt és a fajták is befolyásolták a levéltetvek számát (29. ábra).

Az orosz búza-levéltetű populációkkal végzett rezisztencia vizsgálatok eredményei

A Dél-Afrikában végzett vizsgálatunk során az orosz búza-levéltetű súlyosan károsította a fogékony MV Magvas, MV Magdaléna, MV 17 és Betta fajtákat már egyhetes táplálkozás után is. Ez a súlyos kártétel változatlan maradt a vizsgálat végéig. A *D. noxia* rezisztens Caledon és SST 972 fajták az első héten viszonylag erős tüneteket mutattak, de a harmadik hét végére a tünetek súlyossága csökkent. Az SST 333 károsodott a legkevésbé a vizsgálat kezdetén, de a vizsgálat végére a tünetek súlyosabbá váltak (8-as skála érték). A rezisztens Halt fajta mutatta a legjobb ellenállóságot a vizsgálat végén sem haladta meg a tünetek súlyossága a 4-es skála értéket (12. táblázat).

Friedman ANOVA szignifikáns különbséget igazolt a magyar és dél-afrikai *D. noxia* által a fertőzés után 1, 2 és 3 héttel okozott kártétel súlyosságát illetően a nyolc fajtán: ($N = 160$, $df = 1$, $\chi^2 = 32,10$, $P < 0,001$); ($N = 160$, $df = 1$, $\chi^2 = 35,56$, $P < 0,001$); ($N = 160$, $df = 1$, $\chi^2 = 93,63$, $P < 0,001$).



29. ábra A fogékony és *D. noxia* rezisztens fajtákon a *D. noxia* kártétel hatására bekövetkező levéltömeg és levélfelület csökkenés mértéke, és a levéltetvek száma

A vizsgált nyolc fajta rezisztenciája nagy mértékben különbözött Magyarországon és Dél-Afrikában (12. táblázat). A dél-afrikai levéltetűvel szemben rendkívül rezisztens Halt fajtát a magyarországi orosz búza-levéltetű két hét alatt elpusztította. A magyar *D. noxia* azonos mértékben károsította a fajtákat az SST 972 kivételével, amely jó rezisztenciát mutatott az első és második heti értékelésnél. Három héttel a fertőzés után a *D. noxia* fogékony MV Magvas, MV Magdaléna, MV 17 és Betta valamint a *D. noxia* rezisztens Caledon, Halt és SST 333 fajtákat súlyosan károsította az orosz búza-levéltetű Magyarországon. Az SST 972 kicsivel kevésbé károsodott.

Antibiózis vizsgálatok eredményei

Magyarországon majdnem minden fajta minimális antibiózist mutatott a fogékony kontrollhoz képest (13. táblázat). Kivételt képezett az MV 17 és a Caledon, melyeknél a lárvák száma + éretlen embriók száma (MV 17), illetve az éretlen embriók száma és az összes utódszám (Caledon) szignifikánsan kisebb volt, mint a többi fajtánál. Ebből arra lehet következtetni, hogy az MV 17 és a Caledon fajta rendelkezik a magyarországi *D. noxia* populáció szaporodását gátló hatással annak ellenére, hogy a rezisztencia vizsgálatok során a növények súlyosan károsodtak.

Dél-Afrikában az MV Magvas, Caledon, Halt és SST 333 mutattak kis mértékű antibiózist. Az MV Magvas kivételével ezek a fajták a rezisztencia vizsgálatok során nem károsodtak súlyosan, az MV Magvast azonban súlyosan károsította a dél-afrikai orosz búza-levéltetű.

12. táblázat A rezisztencia vizsgálat eredményei a *D. noxia* által károsított növények skálaértékeinek mediánja szerepel a táblázatban 1, 2 és 3 héttel a fertőzés után.

| Fajták | A skála értékek medianja | | | | | |
|-------------|---------------------------|--------|--------|-------------------------|-------|--------|
| | Magyarország ^a | | | Dél-Afrika ^b | | |
| | 1. hét | 2. hét | 3. hét | 1. hét | 2.hét | 3. hét |
| MVMagdaléna | 7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| MV Magvas | 7 | 9 | 10 | 9 | 9 | 9 |
| MV 17 | 7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Caledon | 4 | 7 | 10 | 7 | 6 | 6 |
| SST 333 | 7 | 8 | 9 | 4 | 8 | 8 |
| SST 972 | 3 | 6 | 7 | 7 | 7 | 6 |
| Halt | 7 | 10 | 10 | 5 | 4 | 4 |
| Betta | 7 | 9 | 10 | 9 | 9 | 9 |

Megjegyzés: ^aA vizsgálatokat Magyarországon végeztük, a vizsgálatban alkalmazott *D. noxia* Magyarországról származik. ^b A Dél-Afrikában végeztük, vizsgálatban alkalmazott *D. noxia* Dél-Afrikából származik.

13. táblázat Az antibiotízis szintje a megszült nimfák átlagos száma+ az érett embriók átlagos száma és az éretlen embriók átlagos száma a 8 búza fajtán Magyarországon és Dél-Afrikában^a

| Fajták | Magyarország | | | Dél-Afrika | | |
|--------------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|
| | Nimfák+ érett embriók | Éretlen embriók | Összes utódszám (fekunditás) | Nimfák+ érett Embriók | Éretlen embriók | Összes utódszám (fekunditás) |
| MV Magdaléna | 9,2 | 8,1 | 17,3 | 10,8 | 9,0 | 19,8 |
| MV Magvas | 9,6 | 7,8 | 17,4 | 8,7 | 6,3* ^a | 15,0* |
| MV 17 | 7,9* | 8,1 | 16,0 | 16,7 | 9,0 | 27,7 |
| Caledon | 8,5 | 6,2* | 14,7* | 6,4* | 7,0* | 13,4* |
| SST 333 | 8,7 | 8,5 | 17,2 | 6,4* | 7,9* | 15,3* |
| SST 972 | 10,1 | 9,5 | 19,6 | 12,7 | 7,3* | 20,0 |
| Halt | 9,1 | 12,5* | 21,6 | 6,7* | 7,8* | 13,5* |
| Betta | 11,6 | 7,7 | 19,3 | 17,2 | 10,3 | 27,5 |

Megjegyzés: ^a A csillaggal jelölt átlagok szignifikánsan különböztek ($P=0,05$) a fogékony kontroll Betta fajtától.

Antixenózis

A *D. noxia* imágókat és L₄-es lárvákat egyenletesen osztottuk el a szaporító ládába vetett növényeken. Nem volt szignifikáns különbség a különböző fajtákon talált *D. noxia* egyedek száma között Magyarországon és Dél-Afrikában. Az ország x fajta kölcsönhatás sem volt szignifikáns ($F = 0, 27$ $df = 60$ és $SEM = 1,24$ $P = 0,34$).

Dél-Afrikában 24 órával a fertőzés után az SST 972 fajtán volt a legtöbb levéltetű és a fogékony Betta fajtán a legkevesebb, a többi búza fajtán talált levéltetvek egyedszáma e két érték között változott (14. táblázat).

14. táblázat Antixenózis vizsgálatok eredménye, a növényenként talált átlagos *D. noxia* egyedszám 24 órával a fertőzés után.

| Fajták | Magyarország | Dél-Afrika |
|------------------|--------------|---------------------|
| MV Magdaléna | 5,23 ns | 7,20ab ^a |
| MV Magvas | 6,22 ns | 7,25ab |
| MV17 | 5,40 ns | 5,20ab |
| Caledon | 4,99 ns | 5,40ab |
| SST333 | 7,31 ns | 5,56ab |
| SST972 | 6,87 ns | 9,40a |
| Halt | 3,60 ns | 5,70ab |
| Betta | 5,16 ns | 4,50b |
| | | |
| Df | 63 | 63 |
| Fprob | 0,093 | 0,049 |
| SEM | 0,859 | 1,073 |
| %CV. | 48,5 | 54,1 |
| LSD _T | - | 4.764 |

Megjegyzés: ^aAz oszlopon belül azonos betűvel jelölt átlagok nem különböznek egymástól szignifikánsan ($P < 0,05$).

Rezisztencia index

A rezisztencia index a 15. táblázatban egyszerűsítve összesíti a három rezisztencia vizsgálati módszer eredményeit (Inayatullah et al., 1990). A rezisztencia index értéke sokkal kisebb volt Magyarországon (1,43-2,80), mint Dél-Afrikában (1,85-7,23) (15. táblázat). Magyarországon az SST 333-nál volt a legkisebb (1,43) és a Caledon fajtánál volt a legnagyobb (2,80). Dél-Afrikában az MV 17-nél volt a legkisebb (1,81) és a rezisztens

kontroll Halt fajtánál a legnagyobb (7,23), ezt követte a Caledon (5,13). A Magyarországon jelentkező kicsi rezisztencia index értékek a fajták *D. noxia* fertőzéssel szembeni fogékonyságát tükrözik. Dél-Afrikában az SST 972 kivételével, a *D. noxia* rezisztens fajták a rezisztencia indexe 2-3-szor nagyobb volt, mint a fogékony kontroll (Betta) fajtáé.

15. táblázat A rezisztencia komponensek normalizált értékei, amely alapján a rezisztencia index számítása történt a 8 fajtánál.

| Fajta | Antixenozis (X) | | Antibiozis (Y) | | Rezisztencia vizsgálat (Z) | | RI ^a | |
|--------------|--------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | Magyar- ország | Dél- Afrika | Magyar- ország | Dél- Afrika | Magyar- ország | Dél- Afrika | Magyar- ország | Dél- Afrika |
| MV Magdaléna | 0,71 | 0,76 | 0,80 | 0,71 | 0,92 | 1,00 | 1,91 | 1,85 |
| MV Magvas | 0,85 | 0,77 | 0,80 | 0,54 | 0,96 | 1,00 | 1,53 | 2,40 |
| MV 17 | 0,73 | 0,55 | 0,74 | 1,00 | 0,92 | 1,00 | 2,01 | 1,81 |
| Caledon | 0,68 | 0,58 | 0,68 | 0,48 | 0,77 | 0,70 | 2,80 | 5,13 |
| SST 333 | 1,00 | 0,59 | 0,79 | 0,55 | 0,88 | 0,75 | 1,43 | 4,10 |
| SST 972 | 0,93 | 1,00 | 0,90 | 0,72 | 0,61 | 0,74 | 1,95 | 1,87 |
| Halt | 0,49 | 0,60 | 1,00 | 0,48 | 1,00 | 0,48 | 2,04 | 7,23 |
| Betta | 0,70 | 0,47 | 0,89 | 0,99 | 0,96 | 1,00 | 1,67 | 2,14 |

Megjegyzés: ^aRezisztencia index= 1/(X x Y x Z) (Inayatullah et al., 1990).

Tolerancia

Magyarországon a levéltetű populáció nagyobb volt két héttel a fertőzés után, mint Dél-Afrikában. A legnagyobb levéltetű egyedszám a Caledon és MV magvas fajtákon jelentkezett. A legkisebb az MV 17 fajtán volt a levéltetvek egyedszáma. Magyarországon a fertőzés után két héttel a növények hossza az SST 333 fajtánál 81,3 %-a volt a kontroll növények hosszának, a legnagyobb hosszúság csökkenést az SST 972 fajtánál észleltük, itt a fertőzött növények hossza 26,8 %-a volt a kontroll növények hosszának (16. táblázat). A növények levélfelülete 59,3 % és 31,3 % között változott. Az MV Magdaléna és Caledon fajták mutatták a szélső értékeket. A levelek szárazanyag tartalma nem változott szignifikánsan a *D. noxia* táplálkozása következtében Magyarországon.

Dél-Afrikában a levéltetvek egyedszáma a Betta fajtán volt a legnagyobb és az SST 333-on a legkisebb. Minden fajtán, amely az embrió számlálási vizsgálat során antibiózist mutatott kevesebb *D. noxia* egyed fejlődött ki a tolerancia vizsgálatban is. Nem volt szignifikáns különbség a növényhossz tekintetében a fajták között Dél-Afrikában a vizsgálat végén. A növények általában nagyobbra nőttek Dél-Afrikában, mint Magyarországon. A fajták átlagos levélfelülete Dél-Afrikában szignifikánsan különbözött. A rezisztens kontroll Halt levélfelületének 93,2 %-át őrizte meg, a legnagyobb levélfelület veszteséget az MV Magdaléna szenvedte el, a fertőzött növények levélfelülete 39,8 %-a volt a kontroll növények levélfelületének.

A levélfelület veszteség Dél-Afrikában kisebb volt, mint Magyarországon. A tolerancia tesztben kapott eredmények diszkriminancia analízise nem mutatott ki szignifikáns különbséget a rezisztens és a fogékony fajták között Magyarországon és Dél-Afrikában. (Magyarország: Wilks' Lambda: 0,69, $F(4,3) = 0,34$ $P = 0,84$; Dél-Afrika: Wilks' Lambda: 0,39, $F(4,3) = 1,16$ $P = 0,47$). Egyetlen változó sem bizonyult szignifikánsnak. Ez arra utal, hogy a tolerancia vizsgálatok változói nem tudták megerősíteni az előzetes beosztást (rezisztens vagy fogékony). A tolerancia tesztben vizsgált tulajdonságok nem jellemzik egyértelműen a rezisztenciát. A Magyarországon kapott nagyobb Wilks' Lambda érték kisebb különbségre utal a rezisztens és fogékony csoportba tartozó fajták között, mint amit Dél-Afrikában megfigyeltünk.

16. táblázat A tolerancia vizsgálatban a Lg₁₀ levéltetűszám a vizsgálat végén, a kontroll %-ában kifejezett növény felszín, a kontroll %-ában kifejezett növény tömeg két héttel a mesterséges levéltetű fertőzést követően

| Fajták | Magyarország | | | | Dél-Afrika | | | |
|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| | Lg <i>D. noxia</i> szám ^a | % ^b Növény magasság g | % Levél felület ^c | % Száraz levél tömeg ^d | Lg <i>D. noxia</i> szám ^a | % ^b Növény magasság g | % Levél felület ^c | % Száraz levél tömeg ^d |
| ^{MV} Magdaléna | 4,50 bc ^a | 75,4 ab | 59,3 a | 62,5 | 4,22 a | 67,0 | 39,8 d | 44,6 b |
| ^{MV} Magvas | 5,162 a | 69,6 abc | 51,7 ab | 59,8 | 2,65 cd | 71,0 | 59,0 bcd | 58,6 b |
| MV17 | 4,27 c | 50,9 de | 41,9 bc | 64,0 | 4,1 ab | 63,4 | 43,1 d | 47,2 b |
| Caledon | 5,00 a | 41, e | 31, c | 39,5 | 2,82 cd | 53,7 | 57, bcd | 55,5 b |
| SST333 | 5,00 ab | 83,1 a | 55,5 a | 63,5 | 2,39 d | 79,1 | 48,5 cd | 58,6 b |
| SST972 | 4,76 ab | 26,8 f | 33,5 c | 50,6 | 3,5 abc | 57,7 | 73,0 abc | 59,2 b |
| Halt | 4,47 bc | 60,5 cd | 36,9 c | 54,0 | 3,02 bcd | 71,0 | 93,2 a | 65,8 b |
| Betta | 4,68 abc | 65,9 bc | 38,2 c | 54,0 | 4,59 a | 73,9 | 81,7 ab | 96,4 a |
| | | | | | | | | |
| Df | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 |
| F prob | 0,015 | <0,001 | <0,001 | 0,114 | <0,001 | 0,166 | <0,001 | 0,047 |
| SEM | 0,2254 | 4,91 | 4,77 | 6,33 | 0,390 | 6,80 | 8,88 | 10,84 |
| %CV. | 15 | 26,2 | 35,2 | 35,7 | 36,1 | 32,1 | 45,3 | 56,4 |
| LSD _T | 0,6355 | 13,83 | 13,44 | - | 1,099 | - | 25,04 | 30,55 |

Megjegyzés:

^a Az oszlopon belül különböző betűvel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól.

^b A fertőzött növények magasságát az egészséges kontroll %-ában fejeztük ki.

^c A fertőzött növények levélfelületét az egészséges kontroll %-ában fejeztük ki.

^d A fertőzött növények levelének száraz tömegét az egészséges kontroll %-ában fejeztük ki.

Eredmények megvitatása

A Dél-Afrikában honos orosz búza-levéltetű dinamikusabban szaporodott tehát rövidebb idő alatt szülte meg utódait, mint a Magyarországon élő (Basky et al. 2001). Ennek ellenére az orosz búza-levéltetű károsítása következtében Magyarországon nagyobb mértékben csökkent a növények tömege és a levelek felülete, mint Dél-Afrikában. A levélfelület csökkenés részben a levéltetvek toxikus nyála által okozott növekedésgátlás, másrészt a levelek besodródásának következménye. A Magyarországon honos orosz búza-levéltetű súlyosan károsította a rezisztens SST 333 fajtát, valamint az SST 333 fajta *D. noxia* rezisztencia forrását: a PI 262660 nemesítési vonalat. A dél-afrikai orosz búza-levéltetűvel szemben rezisztenciával rendelkező fajtákon, a Magyarországon honos orosz búza-levéltetű a fogékony fajtákkal azonos mértékű súlyos sárgulást és levélsodródást okozott.

A rezisztancianemesítésben alkalmazott módszerekkel végzett vizsgálatokban 3 fogékony magyar 1 fogékony dél-afrikai és 3 rezisztens dél-afrikai és 1 rezisztens amerikai fajta szerepelt. Valamennyi rezisztens fajtában különböző rezisztenciaforrásból származott a rezisztencia. A Magyarországon végzett rezisztencia vizsgálatok során valamennyi rezisztens fajta fogékony volt a Magyarországon honos orosz búza-levéltetűfertőzéssel szemben. A Dél-Afrikában és az Amerikai Egyesült Államokban rendkívül erős orosz búza-levéltetű rezisztenciával rendelkező, rezisztens kontrollként használt Halt fajta károsodott a legnagyobb mértékben Magyarországon. Ez a fajta már két héttel a fertőzés után elpusztult.

A Dél-Afrikában végzett rezisztencia vizsgálatok során a Halt fajta két és három héttel a fertőzés után mérsékelten rezisztens (4) kategóriába tartozott. A Caledon és SST 333 fajták (6-os skála értékkel) a fertőzés után három héttel mérsékelten rezisztensnek bizonyultak. A három magyarfajta és a fogékony dél-afrikai fajta a Betta erősen károsodott a *D. noxia* táplálkozása következtében (9-es skála érték), kivételt képezett az SST 333, amely 8-as skála értéket mutatott.

Az antixenózis vizsgálatok során nem volt különbség a fajták között egyik országban sem. A szaporító tálcákra szórt levéltetvek egyenletesen oszlottak el a növényeken. Magyarországon az antibiózis vizsgálatok során, csak a rezisztens Caledon fajta mutatott valamelyes levéltetű szaporodást gátló hatást. Dél-Afrikában több fajta csökkentette szignifikánsan az orosz búza-levéltetű utódszámát, ezek: a fogékony MV Magvas, a rezisztens Caledon, SST 333 és Halt fajták.

A tolerancia tesztben Magyarországon nagyobb mértékben szaporodtak a levéltetvek, mint Dél-Afrikában. A legtöbb levéltetű a rezisztens Caledon, a fogékony MV Magvas és a rezisztens SST 333 fajtákon volt. Ebben a vizsgálatban a Caledon fajtán észlelt erőteljes

levéltetű szaporodás ellentétben áll a Caledon fajta antibiózis vizsgálati eredményeivel. Magyarországon a növények hossza a rezisztens SST 972 fajtánál csökkent a legnagyobb mértékben, ezt követte a rezisztens Caledon, majd a fogékony MV 17. Ezeknek a fajtáknak a hossza szignifikánsan nagyobb mértékben csökkent a többi fajtához képest, a növényhossz csökkenés mértéke megközelítette az 50 %-ot. Dél-Afrikában nem volt szignifikáns a különbség a különböző fajták növényeinek átlagos hossza között. A növényhossz csökkenés Dél-Afrikában nem érte el az 50 %-ot.

Magyarországon a Caledon, Halt, Betta és MV 17 fajták levél felülete csökkent szignifikánsan nagyobb mértékben a többi fajtához képest, ezeknek a fajtáknak a levélfelület csökkenése 60-70 % között mozgott. A levél száraz tömege nem különbözött szignifikánsan az egyes fajtáknál Magyarországon sem Dél-Afrikában. A növények száraz tömege 35-40 %-al csökkent az orosz búza-levéltetű fertőzés hatására.

Az antixenózis, antibiózis és a növényeken jelentkező tünetek alapján értékelt rezisztencia szintek együttes hatását kifejező Növény Rezisztencia Indexe Magyarországon sokkal kisebb volt, mint Dél-Afrikában, 1,43 és 2,8 között változott. Dél-Afrikában ilyen kis értékeket csak a fogékony fajtáknál észleltünk. Dél-Afrikában a legnagyobb Növény Rezisztencia Indexe a rezisztens amerikai Halt fajtának volt 7,23, ezt követte 5,13-as értékkel a rezisztens Caledon, majd 4,10-es értékkel a rezisztens SST 972.

A növényen jelentkező tünetek alapján értékelt rezisztencia vizsgálat eredményei azt igazolják, hogy az orosz búza-levéltetű magyarországi populációja súlyosabb tüneteket okoz táplálkozásával, mint a dél-afrikai populáció. A Dél-Afrikában rezisztens fajták (Halt, SST 333, SST 972 és Caledon) súlyosan károsodtak a magyarországi orosz búza-levéltetű károsítása következtében. Legszenvedetlenebb volt az USA-ban és Dél-Afrikában a legnagyobb szintű rezisztenciát mutató Halt fajta pusztulása a magyarországi orosz búza-levéltetű táplálkozása következtében. A fenti vizsgálatok eredményei minden kétséget kizáróan igazolják, hogy az orosz búza-levéltetű Magyarországon élő populációja és a dél-afrikai populáció között biotípus szintű különbség van. Az Amerikában nemesített *D. noxia* rezisztens Halt búzafajta rendkívül jó rezisztenciával rendelkezik (Quick et al., 1996). Arizonai vizsgálatok azt igazolták, hogy a *D. noxia* táplálkozása nem okozott látható elváltozásokat a rezisztens Halt búzán, ezen felül a növény aminosav összetétele sem változott az orosz búza-levéltetű táplálkozásának következtében (Telang et al., 1999). Ezzel szemben Magyarországon ez a fajta két héttel a fertőzés után elpusztult. Ebből azt a következtetést lehet levonni, hogy a hazánkban honos orosz búza-levéltetű az Amerikában honos orosz búza-levéltetűtől is különböző biotípus.

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a Magyarországon élő orosz búza-levéltetű súlyosan károsítja azokat a búza fajtákat, amelyekben a *D. noxia* rezisztencia a PI 262660, PI 137739 és PI 372129 rezisztenciaforrásokból származik. Ez alapján levonható az a következtetés, hogy a kártevőnek agresszívebb biotípusa él Magyarországon, mint Dél-Afrikában és Amerikában.

Tekintettel arra, hogy a magyar fajták nem rendelkeznek semmiféle ellenállósággal a *D. noxia*-val szemben, felvetődik a kérdés, hogy miért nem okoz gazdasági kárt Magyarországon a fogékony fajtákon az orosz búza-levéltetű. A hőmérsékleti és csapadékviszonyok nagyon hasonlóak Magyarországon, az Alföld közepén az ország fő búza termesztő területén és Dél-Afrikában az Orange Free State területén, az 1900 m-es tengerszint feletti magasságban levő búza termesztő területeken (Basky és Jordaan, 1997). Ebből az következik, hogy nem a meteorológia tényezők korlátozzák az orosz búza-levéltetű szaporodását hazánkban. Szabadföldön *D. noxia*-val mesterségesen fertőzött ritka térállású palántázott búzán a faj nagymértékű felszaporodását tapasztaltuk (Basky, 1993a, b). Az orosz búza-levéltetű egyedszáma szignifikánsan nagyobb volt kis (120 kg/ha-os) vetőmagmennyiséggel vetett tavaszi árpában, mint a nagy vetőmag mennyiséggel (220 kg/ha-os) vetett sűrű állományban (Basky és Hopper, 2000). Az orosz búza-levéltetű felszaporodását nagymértékben befolyásolja a gabona állománysűrűsége által meghatározott páratartalom. A *D. noxia* az összesodrott levelek védelmében él, a besodrott levelek védik levéltetveket a páratartalom ingadozásaitól még kis állománysűrűségnél is. A Kaszpi tenger melléki arid klímájú erdős sztyeppe vidékről származó orosz búza-levéltetű nem kedveli a magas páratartalmat. Mivel a sűrűbb gabona állományban a páratartalom nagyobb, mint a ritkában (Hunkár Zemankovics, 1999), ezért feltehetően a hazánkban több mint tíz éve megjelent orosz búza-levéltetű azért nem vált súlyos kártevővé Magyarországon, mert nálunk a búzát általában nagy állománysűrűséggel, 200-220 kg/ha-os vetőmagmennyiséggel vetik. Ezzel szemben azokban az országokban, ahol az orosz búza-levéltetű súlyos kártevővé vált, így Dél-Afrikában is, a hektáronkénti vetőmag mennyiség 20 és 120 kg/ha között változik, míg Amerikában, ahol az orosz búza-levéltetű szintén súlyos kártevő 120 kg/ha-os vetőmag mennyiség az általános (Lafond, 1994). Feltehetően a kisebb állománysűrűségnél uralkodó páratartalmi viszonyok kedvezőbb körülményeket biztosítanak az orosz búza-levéltetű szaporodásához, mint a nagyobb állománysűrűséggel együtt járó nagyobb páratartalom. Ezt támasztja alá az is, hogy a közelmúltban árpa sárga törpülés fertőzés következtében a tél folyamán kipusztult, kiritkult őszi árpa állományokban tavasszal felszaporodott az orosz búza-levéltetű (Basky, 2003c).

VI. A szilvahimlő vírus vektorai és a vírusterjesztésben játszott szerepük

Bulgáriában észlelték először a szilvahimlő vírus (*Plum pox virus*, PPV) megjelenését szilván (Atanasoff, 1932). Ma is használatos nevét „sarka” (himlő) a fertőzött növények levelén és termésén jelentkező kör alakú foltokról kapta. Hazánkban Szirmai (1948a, b) írta le, mint a kajszi faiskolák csillagfoltosság betegségét. Majd Husz és Klement (1950) szilván, Németh (1963) őszibarackon észlelték fertőzését. A kórokozó gazdanövényköre egyre bővül Moldáviában és Bulgáriában meggyen (Kalashyan és Bilkely, 1989), Olaszországban pedig cseresznyén történő előfordulásáról számoltak be (Crescenzi et al., 1994). A közelmúltban Pribék és Gáborjányi (1997) tünetmentes manduláról izolálták. Baumgartnerova (1996) dión, Salamon és Palkovics, (1997) kökényen mutatták ki a plum pox vírus jelenlétét.

A vírus egész Európában jelen van Angliától (Mumford et al., 2000) Lengyelországon, Csehországon és Ausztrián keresztül (Roy és Smith, 1994) Görögorszáig (Kerlan és Dunez, 1979). Ma már Ausztrália kivételével az egész világon elterjedt. Megtalálták Egyiptomban (Wetzel et al., 1992), Chilében (Acuña, 1993), Jordániában (Al Rwahnih et al., 2000), Indiában (Thakur et al., 1994), és az Amerikai Egyesült Államokban (Milius, 1999).

A fertőzött fiatal kajszi fák fejlődésükben visszamaradnak, vagy kipusztulnak (Szirmai, 1961). A szilva levelén világos sárgászöld, gyűrű alakú vagy szabálytalan foltok vannak. A fogékony szilva és mirabolán fajták zöld gyümölcssein az érett gyümölcs színével azonos színű szabálytalan vagy gyűrű alakú foltok vannak. Az érés előrehaladtával a gyümölcs felszínén a foltok maszkírozódnak, legfeljebb csak a kocsány közelében láthatók a gyűrű alakú besüppedések. A gyűrű alakú foltok megjelennek a fertőzött kajszi terméshúsán és magján, valamint az őszibarack és a nektarin termésén is (Pribék, 2001) (30., 31. ábrák). A termésen látható foltok csökkentik a gyümölcs piacképességét. Ezen túlmenően a PPV fertőzéssel szemben nagyon fogékony besztercei szilván nagymértékű gyümölcshullást is okozhat (Németh, 1986; Szabó et al., 1991). A fertőzött fiatal mirabolán magoncok kérge felreped, először a floémában majd a xilémben is megjelennek a rozsdabarna nekrotikus elhalások. A vírus legjelentősebb átviteli módja a levéltetvek által nem-cirkulatív módon

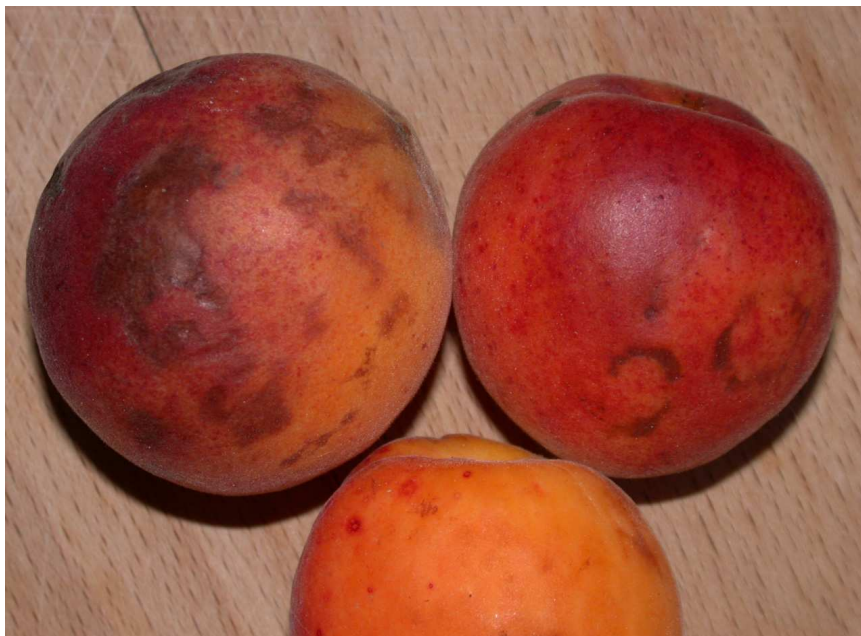
történő terjesztés, ezen túlmenően a vegetatív szaporítással is terjed, és pollen valamint magátvitele is igazolt (Trifonov, 1965.; Németh és Kölber, 1983). A PPV eddig leírt vektorait az 17. táblázat szemlélteti.

17. táblázat. A szilvahimlő vírust terjesztő ismert levéltetű vektorok

| Levéltetű faj | Tápnövény | Tápl. <i>Prunus</i> fajokon | Irodalom |
|--------------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| <i>Aphis arbuti</i> Ferrari | <i>Arbutus unedo</i> | - | Labonne et al., (1995) |
| <i>Aphis craccivora</i> Koch | Polifág | Néha | Leclant (1973) |
| | | | Massonie (1976) |
| <i>Aphis fabae</i> Scopoli | Polifág | Néha | Avinent et al. (1993) |
| <i>Aphis gossypii</i> Glover | Polifág | Néha | Avinent et al. (1993) |
| <i>Aphis hederæ</i> Kalt. | <i>Hedera helix</i> | - | Labonne et al. (1995) |
| <i>Aphis spiraeicola</i> Patch | Polifág | Néha | Atanasoff (1935) |
| | | | Leclant (1973) |
| | | | Massonie (1976) |
| <i>Brachycaudus carduinus</i> (L.) | <i>Prunus domestica</i> | + | Kuncze és Krczal (1968) |
| | | | Krczal és Kuncze (1972) |
| | | | Šutić et al. (1976) |
| <i>Brachycaudus helichrysi</i> Kalt. | <i>Prunus persica</i> | + | Atanasoff (1934) |
| | <i>Prunus spinosa</i> | | Christoff (1947) |
| | <i>Prunus cerasifera</i> | | Vaclav (1966) |
| | | | Krczal és Kuncze (1972) |
| | | | Minoiu (1979) |
| <i>Dysaphis plantaginea</i> Pass. | <i>Malus spp.</i> , <i>Plantago spp.</i> | - | Labonne et al. (1995) |
| <i>Dysaphis pyri</i> B. d. F. | <i>Pyrus sp.</i> , <i>Galium spp.</i> | - | Labonne et al. (1995) |
| <i>Macrosiphum rosae</i> L. | <i>Rosa spp.</i> , <i>Dipsacaceae</i> | - | Labonne et al. (1995) |
| <i>Megoura viciae</i> Buckton | <i>Leguminosae</i> | - | Labonne et al. (1995) |
| <i>Myzus persicae</i> Sulz. | <i>Prunus persica</i> | + | Kassanis és Šutić (1965) |
| | | | Kuncze és Krczal (1968) |
| | | | Šutić et al. (1976) |
| <i>Myzus varians</i> Davidson | <i>Prunus persica</i> | + | Leclant (1973), Massonie (1976) |
| <i>Hyalopteruspruni</i> Geoffroy | <i>Prunus persica</i> , <i>P. spinosa</i> | + | Minoiu (1979) |
| <i>Phorodon humuli</i> Schrank | <i>Prunus persica</i> , <i>P. spinosa</i> | + | Kegler (1962) |
| | <i>Prunus spinosa</i> | | Vaclav (1966) |

| | | | |
|----------------------------------|--|---|-------------------------|
| | | | Krczal és Kuncze (1972) |
| <i>Rophalosiphum padi</i> L. | <i>Prunus padus</i> , Gramineae | * | Labonne et al. (1995) |
| <i>Sitobium fragariae</i> Walker | <i>Rubus spp.</i> , Gramineae | - | Labonne et al. (1995) |
| <i>Uroleuchon sonchi</i> L. | <i>Sonchus spp.</i> , <i>Lactuca spp</i> | - | Labonne et al. (1995) |

Jelmagyarázat: +: táplálkozik; -: nem táplálkozik; *: csak ősszel tartózkodik *Prunus* fajokon.



30. ábra A kajszli gyümölcsén a PPV jellegzetes rajszokot mutató tünetei



31. ábra A nektarin gyümölcsén a PPV jellegzetes koncentrikus kör alakú tünetei

A nagy virulenciájú kórokozónak széles, a légyszárúakra is kiterjedő gazdanövényköre van (Németh, 1986). Számtalan különböző patogenitású törzse található hazánkban is. (LopezMoya et al., 1997; Pribék és Gáborjányi, 1997). Magyarországon a PPV-D és PPV-M szerotípus mellett egy átmeneti szerotípus jelenlétét is igazolta Pribék és Gáborjányi (1997) és Pribék (2001).

Vizsgálataink során arra kerestünk választ, hogy a hazánkban előforduló levéltetű fajok közül mely fajok játszhatnak szerepet a kórokozó természetes terjedésében. Ezért 1993-tól 1996-ig vizsgáltuk a szárnyas levéltetvek rajzását, valamint egy PPV-vel 100 %-san fertőzött szilvásban a vektor aktivitást.

Vizsgálati anyag és módszer

A vizsgálatot Karcagon egy 36 éves mirabolán alanyon álló, PPV-vel 100 %-san fertőzött Besztercei szilva ültetvényben végeztük. A PPV vektor levéltetvek aktivitásának vizsgálatához a rügpattanástól szeptember végéig egyhetes expozíciós időszakokra fogónövényeket helyeztünk ki. A fogónövények tejföls pohárban nevelt 10 cm nagyságú GF 301 őszibarack magoncok voltak. Minden alkalommal 25 őszibarack magoncot helyeztünk ki egy szilvafa alá (32. ábra). Az expozíciós idő letelte után a fogónövényeket vektormentes környezetben tovább neveltük az ELISA szerológiai vizsgálatig (33. ábra). Clark és Adams (1977) nyomán végrehajtott DAS ELISA vizsgálathoz Rankovic autentikus PPV izolátuma ellen készített antiszérumot (Tóbiás és Papp, 1991; Tóbiás et al., 1992) használtuk fel. A szerológiai vizsgálat értékelését Uniscan LabSystem ELISA fotométerrel végeztük, pozitívnak tekintettük azokat a mintákat, amelyek az egészséges kontroll minta extinkciós értékek háromszorosát meghaladták.

A szárnyas levéltetvek rajzását a Szolnokon elhelyezett, Rothamsted típusú szívócsapdával követtük nyomon (1. ábra). Ez a szívócsapda típus óránként 3000 m³ levegőt szív be, 12,2 m magasságból (Taylor, 1974; Taylor et al., 1969). Ez az a magasság, amelyen a távolsági repülés során legtöbb levéltetű repül. A szívócsapda által begyűjtött levéltetű anyagot naponta ürítettük és sztereomikroszkóp segítségével meghatároztuk Taylor (1980); Szalay-Marzsó (1969); Basky (1993c); Blackman és Eastop (1984) munkái alapján. A PPV vektorként leggyakrabban leírt levéltetű fajok egyedszáma és a levéltetű átviteli vizsgálataink

során kapott vektorintenzitási % szorzataként kapott értékeket a különböző levéltetű fajokra vonatkozóan naponta összesítettük, így meghatároztuk a kumulatív vektorintenzitás értékét.

18. táblázat A PPV átviteli hatékonyság vizsgálatokban szereplő levéltetű fajok

| Levéltetű fajok | Gazdanövény | Fertőzési forrás |
|---|-------------------------------|------------------------------|
| <i>Acyrtosiphon pisum</i> Harris | <i>Pisum sativum</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Aphis cirsi-acanathoides</i> Scopoli | <i>Cirsium arvense</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Aphis craccivora</i> Koch | <i>Robinia sp.</i> | <i>Nicotiana clevelandii</i> |
| <i>Aphis cytisorum</i> Hartig | <i>Laburnum anagyroides</i> | <i>Prunus persica</i> |
| <i>Aphis cytisorum</i> Hartig | <i>Laburnum anagyroides</i> | <i>Prunus cerasifera</i> |
| <i>Aphis gossypii</i> Glover | <i>Cucumis sativus</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Aphis idaei</i> van der Got | <i>Rubus idaeus</i> | <i>Prunus persica</i> cv. GF |
| <i>Aphis nasturtii</i> Kalt. | <i>Capsicum annuum</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Aphis pomi</i> de Geer | <i>Pyracantha coccinea</i> | <i>Prunus cerasifera</i> |
| <i>Aphis pomi</i> de Geer | <i>Pyracantha coccinea</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Aphis rumicis</i> L. | <i>Rumex sp.</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Aphis sambuci</i> L. | <i>Sambucus nigra</i> | <i>Nicotiana clevelandii</i> |
| <i>Aphis spiraephaga</i> Müller | <i>Spirea sp</i> | <i>Nicotiana clevelandii</i> |
| <i>Brachycaudus helichrysi</i> Kalt. | <i>Prunus domestica</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Callipterinella tuberculata</i> von Heyden | <i>Betula pendula</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Capitophorus elaeagni</i> van der Goot | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Cavariella theobaldi</i> Gilette és Bragg | <i>Pastinaca sativa</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Chaitophorus</i> Schrank <i>salicti</i> | <i>Salix sp.</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Cryptomyzus ribis</i> L. | <i>Ribes rubrum</i> | <i>Prunus persica</i> |
| <i>Dysaphis devectora</i> Walk. | <i>Malus domestica</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Hyalopterus amygdali</i> Blanchard | <i>Amygdalus communis</i> | <i>Prunus persica</i> |
| <i>Hyalopterus pruni</i> Geoffroy | <i>Prunus domestica</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Hyperomyzus pallidus</i> Hille Ris Lambers | <i>Dipsacus fullonum</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Macrosiphoniella oblonga</i> Mordvilko | <i>Artemisia vulgaris</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Macrosiphum rosae</i> L. | <i>Rosa sp.</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Myzus cerasi</i> Fabr. | <i>Cerasus avium</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Myzus cerasi</i> ssp <i>prunavium</i> CB. | <i>Cerasus vulgaris</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Phorodon humuli</i> Schrank | <i>Prunus domestica</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Rhopalosiphum padi</i> L. | <i>Zea mays</i> | <i>Prunus cerasifera</i> |
| <i>Schizaphis graminum</i> Rondani | <i>Hordeum vulgare</i> | <i>Prunus cerasifera</i> |
| <i>Schizaphis graminum</i> Rondani | <i>Hordeum vulgare</i> | <i>Prunus domestica</i> |

| | | |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| <i>Sitobion avenae</i> Fabr. | <i>Hordeum vulgare</i> | <i>Prunus cerasifera</i> |
| <i>Sitobion avenae</i> Fabr. | <i>Hordeum vulgare</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Uroleucon achilleae</i> Koch | <i>Achillea millefolium</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Uroleucon cichorii</i> Koch | <i>Cichorium intybus</i> | <i>Prunus domestica</i> |
| <i>Uroleucon sonchi</i> | <i>Sonchus oleraceus</i> | <i>Prunus domestica</i> |



32. ábra A szilvasban az 1 hetes expozíciós időre kihelyezett GF 301 fogónövények



33. ábra Az expozíciós idő letelte után a fogónövényeket vektormentes környezetben neveltük

Vizsgálatokat végeztünk a 18. táblázatban felsorolt levéltetű fajok PPV átviteli képességének és átviteli hatékonyságának meghatározására. A különböző levéltetű fajokat a levéltetű átviteli vizsgálatokat megelőzően a táblázatban feltüntetett gazdanövényükről gyűjtöttük be közvetlenül az átviteli vizsgálatok megkezdése előtt. A levéltetűket finom ecsettel távolítottuk el a gazdanövényükről. A vírusfelvételi táplálkozás előtt a gazdanövényről leszedett levéltetűket szobahőmérsékleten sötétbe rakott petricsészébe helyeztük 2 órás éhezési periódusra. Az éheztetés után finom ecsettel a 18. táblázatban feltüntetett vírusforrás növényekre raktuk a levéltetűket vírusfelvételi táplálkozásra. A vírusfelvételi táplálkozás 5 percig tartott. Ezt követően valamennyi levéltetű fajnak 10 szárnyatlan egyedét finom ecsettel az egészséges tesztnövényekre helyeztük vírusátviteli táplálkozásra. Minden levéltetű faj esetében 12 egészséges tesztnövényt alkalmaztunk. Egy óra elteltével a tesztnövényeket Pirimor 50 WP®-vel kezeltük. Az inszekticid kezelés után egy nappal a tesztnövényeket vektormentes környezetbe vittük. Hat hét múlva vizuálisan értékeltük a vírusfertőzésre utaló tünetek jelenlétét. Ezt követően valamennyi növényről levélmintát vettünk (ELISA) szerológiai vizsgálathoz. A vizsgálatba vont levéltetű fajok vektorintenzitási %-át a 12 növény PPV fertőzöttségi %-a alapján határoztuk meg.

Eredmények

1993-ban a szolnoki csapda legnagyobb egyedszámban a *Hyalopterus pruni* levéltetű fajt fogta (összesen 2668 egyed), rajzáscsúcsa június első hetére esett. A második leggyakoribb faj az *Aphis craccivora* volt (összesen 1315 egyed), ezt követte a *Brachycaudus helichrysi* (összesen 746 egyed). A *Phorodon humuli*, a *Myzus persicae*, az *Aphis fabae* és a *Brachycaudus cardui* fajok kisebb egyedszámban jelentkeztek a szívócsapdában. Az 34. ábra az átviteli hatékonysági % és az adott levéltetű faj naponkénti egyedszámának szorzatainak összegéből számolt kumulatív vektorintenzitási értékeket szemlélteti. A kumulatív vektorintenzitási érték a szívócsapda által naponként fogott PPV vektor egyedek számának és vektorhatékonysági érték szorzatának összegzéséből adódik. 1994-ben a PPV vektor levéltetvek rajzása már április végén elkezdődött (35. ábra). A szívócsapda ebben az évben a *B. helichrysi* fajt nagy egyedszámban fogta (összesen 3498 egyed). A *B. helichrysi* rajzása május második hetében tetőzött (2247 egyed). A *H. pruni* rajzáscsúcsa május utolsó hetében volt (414 egyed). A többi vektorfaj egyedszáma ehhez képest jelentéktelen volt. A levéltetvek rajzása a *M. persicae* kivételével korán, már júliusban befejeződött.

1995-ben a *H. pruni* és az *A. craccivora* fajok egyedei repültek legnagyobb egyedszámban a szívócsapdába (összesen 1661 és 892 egyed). A rajzás csúcsa mindkét fajnál június harmadik hetére esett (521 és 462 egyed). Jelentős volt még az *A. fabae* és a *B. helichrysi* előfordulása (összesen 488 és 611 egyed). A szárnyas levéltetvek rajzása szeptember végéig tartott, az első tömeges rajzást nagyon gyenge második csúcs követte. Az 1995-ben a szívócsapda fogási eredményei és a vektorhatékonysági %-ok alapján számított kumulatív vektorintenzitási értéket a 36. ábra szemlélteti.

1996-ban a szolnoki szívócsapdában (37. ábra), az *A. craccivora* 1682 egyedszámmal megelőzte a *H. pruni* fajt (1346). Tömeges rajzásuk június utolsó heteiben következett be. A többi faj repülése egészen október elejéig elhúzódott, de egyedszámuk mindvégig kicsi maradt. A szívócsapda fogási eredménye és az egyes PPV vektor levéltetű fajok vektorhatékonysági %-a alapján számított kumulatív vektorintenzitási értéket a 37. ábra szemlélteti.

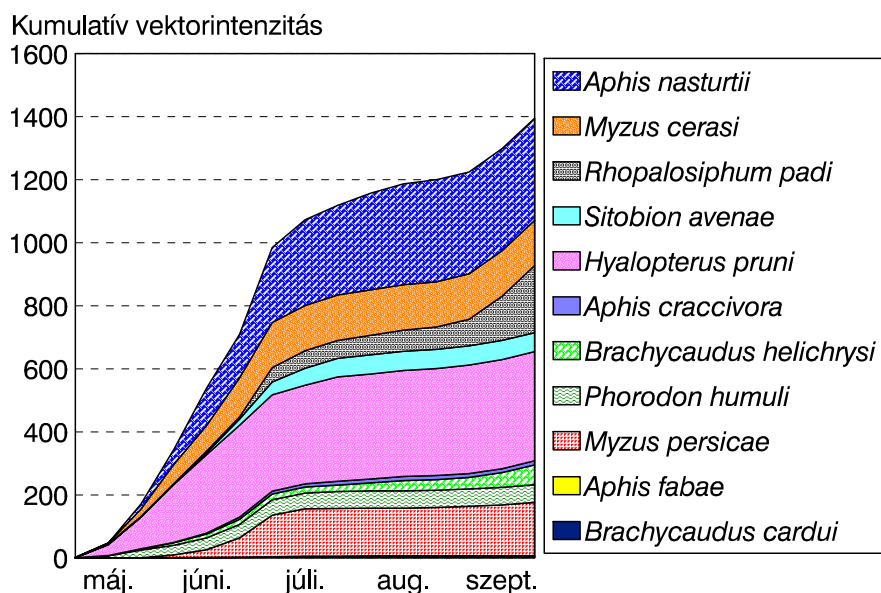
A természetes fertőződés idejének megállapítása

A szárnyas levéltetvek rajzásának nyomon követésével párhuzamosan fogónövények kihelyezésével vizsgáltuk a természetes PPV fertőzés időtartamát. A levéltetű vektorok

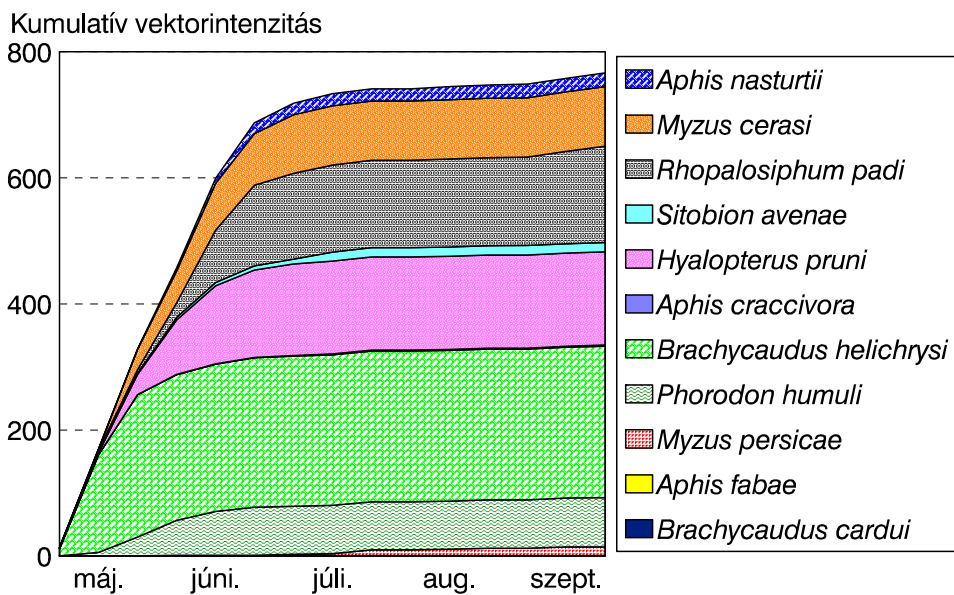
tevékenységének intenzitását az egyhetes expozíciós időre kihelyezett *Prunus persica* cv. GF 305 (őszibarack) magoncok PPV fertőzöttsége alapján határoztuk meg. 1993-ban a vektortevékenység május második hetétől június végéig tartott (38. ábra). A vektoraktivitás a legintenzívebb június első hetében volt (20 %), ami egybeesett a *H. pruni* rajzáscsúcsával.

1994-ben a fogónövény fertőzöttségi százalék hasonló volt az 1993-as évihez. Ez arra utal, hogy a *H. pruni* faj fontos szerepet játszik a PPV terjesztésében.

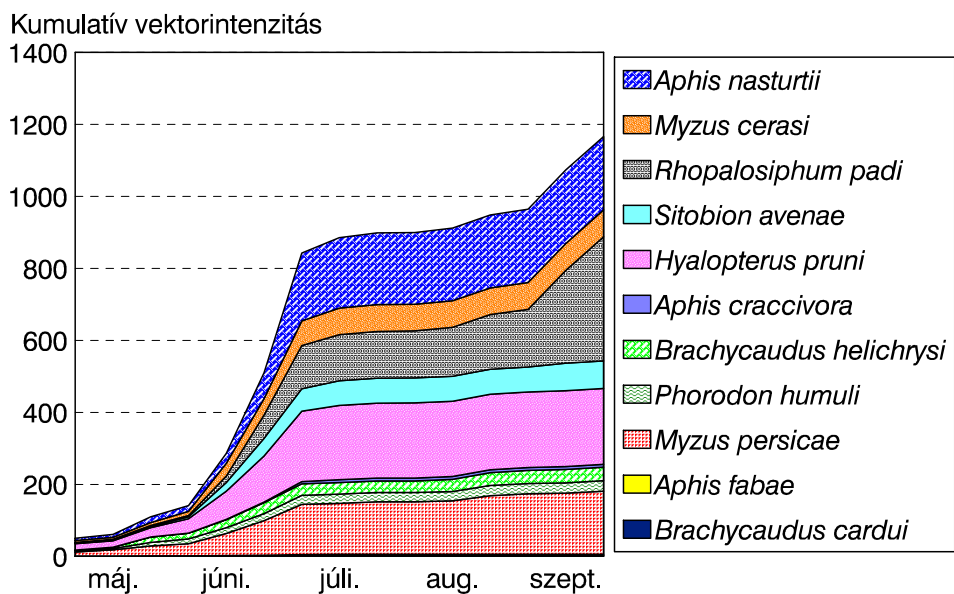
1995-ben a fogónövények májustól augusztusig fertőződtek (39. ábra). Az infekciós nyomás június végén, július elején érte el maximumát (35 %). Ezt a csúcsot az *A. craccivora* és a *H. pruni* rajzása egy héttel előzte meg. A júniusi hirtelen csökkenés azzal magyarázható, hogy a száraz időjárást csapadékos időszak váltotta fel, és a levéltetvek számára kedvezőtlen időjárás gátolta a levéltetvek repülését.



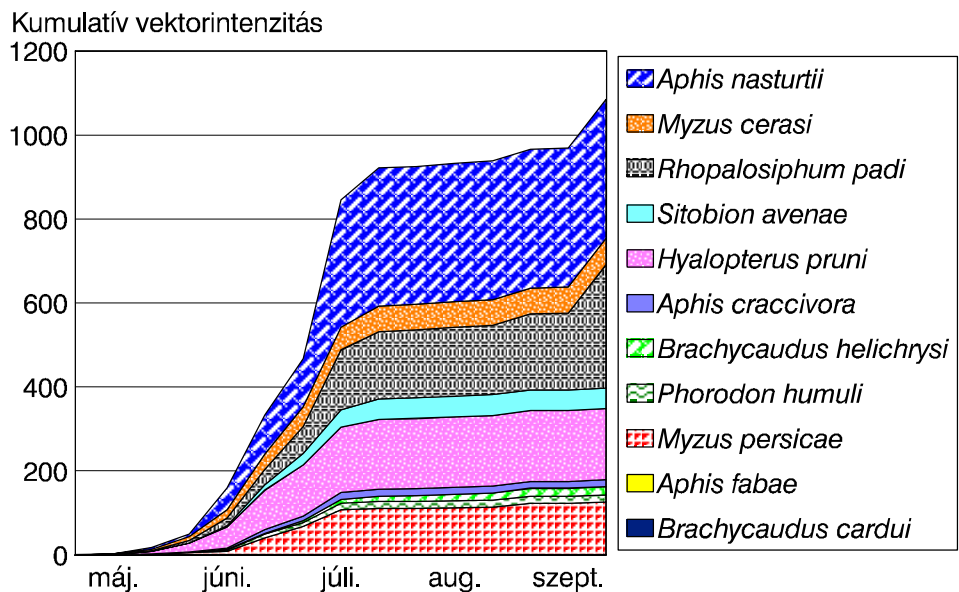
34. ábra A szolnoki szívócsapdába repült PPV vektor fajok száma és vektor hatékonysági értéke alapján számított vektorintenzitás 1993-ban



35. ábra A szolnoki szívócsapdába repült PPV vektor fajok száma és vektor hatékonysági értéke alapján számított vektorintenzitás 1994-ben



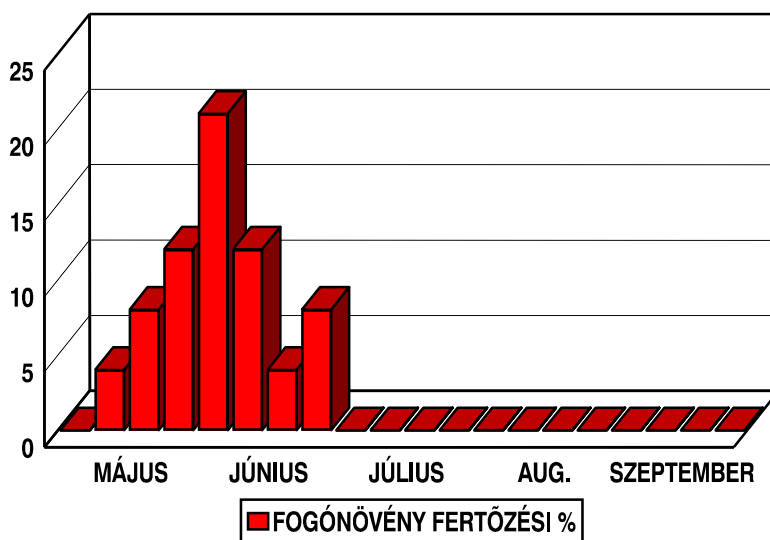
36. ábra A szolnoki szívócsapdába repült PPV vektor fajok száma és vektor hatékonysági értéke alapján számított vektorintenzitás 1995-ben



37. ábra A szolnoki szívócsapdába repült PPV vektor fajok száma és vektor hatékonysági értéke alapján számított vektorintenzitás 1996-ban

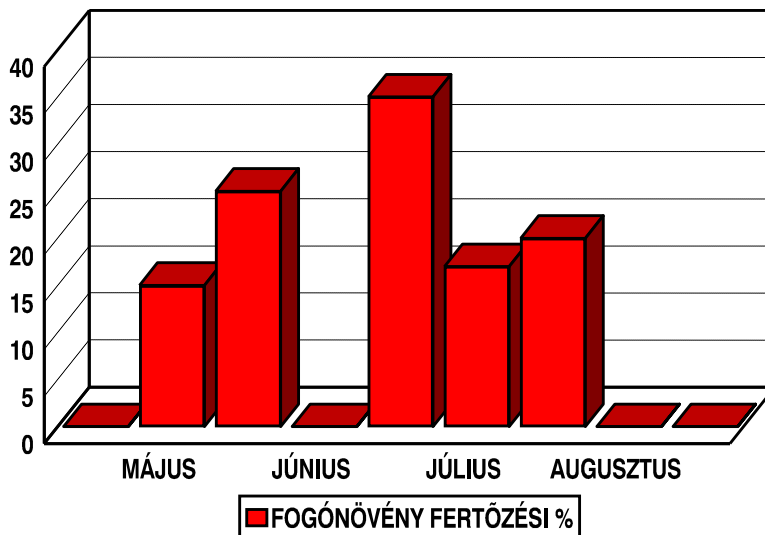
1996-ban a természetes fertőződés időtartama rendkívül rövid volt (40. ábra). Május elején a fogónövények 45 majd 55 %-s fertőzöttségi százalékot mutattak, ezt követően a vektortevékenység nem volt számottevő.

Fogónövény fertőzési %



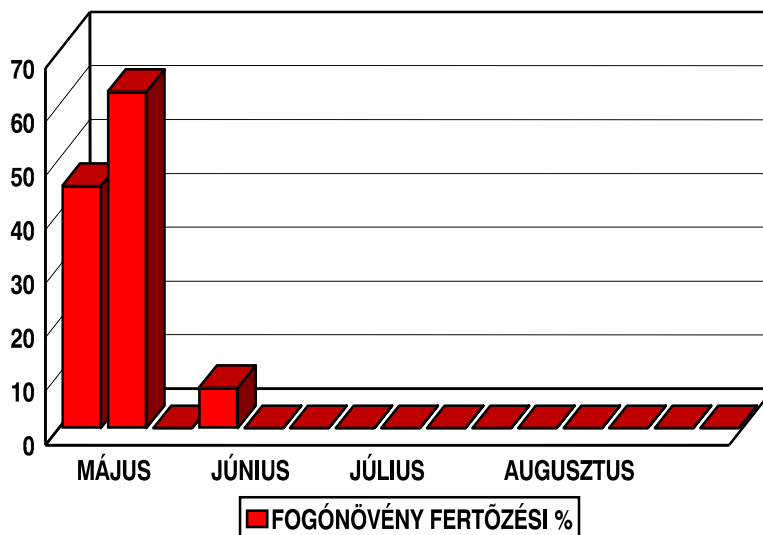
38. ábra A fertőzött szilvaültetvénybe 1993-ban kihelyezett fogónövények PPV fertőzöttsége

Fogónövény fertőzési %



39. ábra A fertőzött szilvaültetvénybe 1995-ben kihelyezett fogónövények PPV fertőzöttsége

Fogónövény fertőzési %



40. ábra A fertőzött szilvaültetvénybe 1996-ban kihelyezett fogónövények PPV fertőzöttsége

Új vektor fajok, és aktivitásuk meghatározása

Harmincegy levéltetűfaj PPV átviteli képességét vizsgáltuk. Az egyes vektor fajok átviteli hatékonyságát 12 GF 301 őszibarack magonc PPV fertőzöttségi %-a alapján határoztuk meg (19., 20. táblázatok). A vizsgált 31 levéltetű fajból 12 faj hatékonyan vitte át a PPV-t. A 12 vektorfajból 8 faj a PPV tudományra nézve új vektora. A tudományra nézve új PPV vektorfajok a következők: *Aphis idaei* van der Got, *Aphis nasturtii* Kalt., *Aphis sambuci* L., *Aphis spiraephaga* Müller, *Hyalopterus amygdali* Blanchard, *Myzus cerasi* Fabr., *Sitobion avenae* Fabr., *Uroleucon achilleae* Koch. A 19. táblázatban csillaggal emeltük ki azokat a fajokat, amelyeknek PPV átviteli képességét mi állapítottuk meg a világon először.

Átviteli vizsgálataink alapján megállapítottuk, hogy a forrásnövény nagyon fontos szerepet játszik a vírusátvitel sikerében. Különösen szembetűnő ez a *N. clevelandii* teszt növények esetében. Az *Aphis* fajok közül az *A. craccivora* és az *A. spiraephaga* nem voltak képesek a PPV átvitelére, amikor *N. clevelandii* növényen történt a vírusfelvételi táplálkozás. Az *A. spiraephaga* a *Prunus persica* cv. GF 305 (őszibarack) forrásnövényen végzett felvételi táplálkozás után a GF 305 magoncok 10 %-ánál mutatott sikeres átvitelt. Az *A. craccivora* ismert PPV vektor faj, *N. clevelandii* dohánynövényen végzett felvételi táplálkozást követően azonban nem vitte át a PPV-t. Az *A. gossypii* is a PPV vektoraként számoltartott faj, ennek ellenére vizsgálataink során *P. domestica* forrásnövényen végzett felvételi táplálkozás után nem vitte át a PPV-t a teszt növényekre. Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy ugyanazon levéltetűfaj esetében is változhat az átvitel sikeressége attól függően, milyen forrásnövényen történt a vírusfelvételi táplálkozás.

Vizsgálataink során a hazai faunában az ismert PPV vektor fajok közül az *A. craccivora*, a *B. helichrysi* és a *H. pruni* voltak a leggyakrabban előforduló fajok.

A szívócsapda által fogott egyedszám és az átviteli százalékok ismeretében meghatározható az egyes fajok vektorintenzitása. A rajzásdinamikai felmérések adatai és a természetes fertőződés idejének összevetésekor megállapítottuk, hogy 1995-ben július és augusztus hónapokban, valamint 1996 májusában akkor is magas volt a fogónövények fertőzöttségi százaléka, amikor az ismert PPV vektorok nem repültek. Ennek alapján feltételezhető, hogy az ismert PPV vektorokon kívül más eddig ismeretlen fajok is szerepet játszhatnak a vírus terjesztésében, és így potenciális vektorok lehetnek. Ezért olyan fajokat is bevontunk a vizsgálatba, amelyek a csonthéjas ültetvényekben előforduló gyomnövényeken, illetve nagy területeken termesztett kultúrnövényeken képeznek népes kolóniákat.

A szilvásba természetes környezetbe egyhetes expozíciós időszakra kihelyezett fogónövények fertőződése – az 1996-os évet kivéve – arra az időszakra esett, amikor a *H. pruni* és a már ismert és újonnan leírt PPV vektorfajok *A. nasturtii*, *M. cerasi*, *R. padi*, *S. avenae*, *A. craccivora*, *B. helichrysi*, *P. humuli*, *M. persicae*, *A. fabae*, *B. cardui* levéltetű fajok rajzásintenzitása emelkedett. A szilván a *H. pruni* telepek nyáron elnéptelenednek, a szárnyas imágók a nádra vándorolnak át. Ezeknek a gyakori fajoknak mindössze 7-10 %-s a PPV átviteli hatékonysága. Az újonnan leírt vektorfajok közül az *A. nasturtii* és *U. achilleae* fajok átviteli hatékonysága nagyon nagy, elérte a 83 %-ot (19 táblázat).

Az *U. achilleae* nagyon ritkán előforduló faj, de az *A. nasturtii* nagyarányú vektorhatékonysága a faj viszonylagos gyakorisága miatt figyelemreméltó. A PPV járványok szempontjából jhatékonysága.

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a hazánkban, a korábban PPV vektorának tartott fajok közül az *A. craccivora*, a *B. helichrysi* és a *H. pruni* a leggyakoribbak.

19. táblázat A PPV átvitelére képes levéltetűfajok vektorhatékonysága

| Levéltetű faj | Fertőzési forrás | PPV átviteli % |
|---|----------------------------------|----------------|
| <i>Aphis idaei</i> van der Got * | <i>Prunus persica</i> cv. GF 305 | 10 |
| <i>Aphis nasturtii</i> Kalt * | <i>Prunus domestica</i> | 83 |
| <i>Aphis sambuci</i> L. * | <i>Nicotiana clevelandii</i> | 22 |
| <i>Aphis spiraephaga</i> Müller * | <i>Nicotiana clevelandii</i> | 10 |
| <i>Brachycaudus helichrysi</i> Kalt. | <i>Prunus domestica</i> | 7 |
| <i>Hyalopterus amygdali</i> Blanchard * | <i>Prunus persica</i> | 7 |
| <i>Hyalopterus pruni</i> Geoffroy | <i>Prunus domestica</i> | 13 |
| <i>Myzus cerasi</i> Fabr. * | <i>Prunus domestica</i> | 16 |
| <i>Phorodon humuli</i> Schrank | <i>Prunus domestica</i> | 23 |
| <i>Rhopalosiphum padi</i> L. | <i>Prunus cerasifera</i> | 10 |
| <i>Sitobion avenae</i> Fabr. * | <i>Prunus cerasifera</i> | 10 |
| <i>Sitobion avenae</i> Fabr. * | <i>Prunus domestica</i> | 10 |

| | | |
|-----------------------------------|-------------------------|----|
| <i>Uroleucon achilleae</i> Koch * | <i>Prunus domestica</i> | 83 |
|-----------------------------------|-------------------------|----|

Megjegyzés: *-gal jelölt fajok PPV átvívó képességét mi állapítottuk meg elsősorban

Az átviteli hatékonyság, valamint az egyedszám változás adatainak a természetes fertőződés idejével történő összevetése azt mutatta, hogy azok a fajok játsszák a legfontosabb szerepet a PPV átvitelében, amelyeknek kicsi ugyan a vírusátviteli hatékonysága, de folyamatosan és nagyszámban jelen vannak (pl. *H. pruni*).

Eredmények megvitatása

A Szolnokon üzemelő Rothamsted típusú szívócsapda 1993-tól 1995-ig az ismert PPV vektorok közül a *Hyalopterus pruni*-t fogta a legnagyobb egyedszámban. A szilván élő *Hyalopterus pruni*-t és az őszibarackon élő *Hyalopterus amygdali*-t morfológiai bélyegek alapján nem lehet egymástól elkülöníteni (Basky és Szalay-Marzsó, 1987), ezért a vizsgálatok során a *H. pruni* vektorhatékonysági értékét (13 %) vettük alapul az összesített vektorintenzitási értékek meghatározásánál. Annak ellenére, hogy a *H. pruni* nem nagy hatékonysággal vitte át a PPV-t, fontos szerepet játszik a PPV terjesztésében, mert nagyon nagy egyedszámban fordul elő.

20. táblázat A PPV átviteli vizsgálatban vektornak nem bizonyuló fajok

| Levéltetű fajok | Fertőzési forrás | PPV átviteli % |
|---|------------------------------|----------------|
| <i>Acyrtosiphon pisum</i> Harris | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Aphis cirsi-acanthis</i> Scopoli | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Aphis craccivora</i> Koch | <i>Nicotiana clevelandii</i> | 0 |
| <i>Aphis cytisorum</i> Hartig | <i>Prunus persica</i> | 0 |
| <i>Aphis cytisorum</i> Hartig | <i>Prunus cerasifera</i> | 0 |
| <i>Aphis gossypii</i> Glover | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Aphis pomi</i> de Geer | <i>Prunus cerasifera</i> | 0 |
| <i>Aphis pomi</i> de Geer | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Aphis rumicis</i> L. | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Callipterinella tuberculata</i> von Heyden | <i>Prunus domestica</i> | 0 |

| | | |
|---|--------------------------|---|
| <i>Capitophorus elaeagni</i> van der Goot | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Cavariella theobaldi</i> Gilette és Bragg | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Chaitophorus salicti</i> Schrank | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Cryptomyzus ribis</i> L. | <i>Prunus persica</i> | 0 |
| <i>Dysaphis devectora</i> Walk. | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Hyperomyzus pallidus</i> Hille Ris Lambers | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Macrosiphoniella oblonga</i> Mordvilko | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Macrosiphum rosae</i> L. | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Myzus cerasi</i> ssp <i>prunavium</i> CB. | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Schizaphis graminum</i> Rondani | <i>Prunus cerasifera</i> | 0 |
| <i>Schizaphis graminum</i> Rondani | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Uroleucon cichorii</i> Koch | <i>Prunus domestica</i> | 0 |
| <i>Uroleucon sonchi</i> | <i>Prunus domestica</i> | 0 |

Az újonnan leírt vektorfajok közül a legnagyobb hatékonysággal az *U. achilleae* és az *A. nasturti* vitték át a PPV-t. A két faj közül az *A. nasturti* nagyarányú vektorhatékonysága a faj viszonylagos gyakorisága miatt figyelemreméltó. A *M. cerasi* nem túl gyakori faj, de a vektorhatékonysága miatt két évben is jelentős szerepet játszott az összesített vektorintenzitási érték alakításában. A PPV járványok szempontjából jelentős a gabonát nagyszámban elhagyó *R. padi*. Az *A. idaei*, *A. sambuci*, és *A. spiraephaga* a vizsgálat éveiben nem fordultak elő nagy egyedszámban, ezért szerepük a vizsgálat idején nem volt jelentős a PPV járványok alakításában.

A fogónövény fertőzöttséggel mért vektor aktivitás az évek többségében egybeesett a PPV vektorfajok rajzás intenzitásának emelkedésével.

Levéltetűvel végzett PPV átviteli vizsgálatok során megállapítottuk, hogy az átvitel hatékonyságára nagy hatással van a vírusforrás és az acceptor növény is. A *N. clevelandii* nem volt olyan jó fertőzési forrás, mint a GF 301 őszibarack. A PPV fertőzéssel szembeni kiváló fogékonysága miatt ideális teszt növény a GF 301 őszibarack. A növény cserépben nevelhető és akár vírusforrásként akár akceptorként könnyen kezelhető.

VII. Epidemiológiai vizsgálatok a cukkini sárga mozaik vírussal

A cukkini sárga mozaik vírust, (*Zucchini yellow mosaic virus*, ZYMV) Olaszországban írták le először (Lisa és munkatársai, 1981), azóta az egész világon elterjedt. Megtalálható Franciaországban, Németországban, Izraelben, Libanonban, Marokkóban, Spanyolországban (Lisa és Lecoq, 1984). Megtalálták Angliában, Törökországban, Jordániában, Egyiptomban, Japánban, Tajvanon, Ausztráliában, Kanadában és az Egyesült Államokban (Sammons és munkatársai, 1989). Hollandiában is megjelent 1983-ban, 1987 őszén és 1988 tavaszán, de a fertőzött növények következetes megsemmisítésével sikerült a fertőzést megszüntetni (Schrijnwerkers és munkatársai, 1991). A ZYMV súlyos gazdasági károkat okozott Kaliforniában (Perring és munkatársai, 1992; Grafton-Cardwell és munkatársai, 1996). Súlyosan károsítja a Cucurbitaceae-családba tartozó növényeket Szaud-Arábiában (Alhudaib, 1997). A vírus megjelenését Magyarországon 1995-ben észleltük először (Tóbiás és munkatársai, 1996).

A cukkini sárga mozaik vírust levéltetvek terjesztik nem-cirkulatív módon (Lisa és Lecoq, 1984). Az uborka levéltetű (*Aphis gossypii* Glover) hatékony vektora a ZYMV-nak (Lisa és munkatársai, 1981). A cukkini sárga mozaik vírussal fertőzött területen élve befogott *Aphis citricola* Van der Goot, *Aphis middletonii* (Thomas), *Myzus persicae* (Sulzer), *Lypaphis erysimi* (Kaltenbach), *Aphis craccivora* Koch, *Acyrtosiphon pisum* (Harris) és *Uroleucon* sp. levéltetű fajok hatékony vektornak bizonyultak a laboratóriumi átvitelek során (Adlerz, 1987). Fertőzött területen fogott *Acyrtosiphon kondoi* Shinji és *Rhopalosiphum padi* (L.) is átvitték a cukkini sárga mozaik vírust (Castle és munkatársai, 1992).

Vizsgálatunk célja volt, hogy nyomon kövessük a ZYMV-fertőzés tér- és időbeli terjedését összefüggésben a levéltetvek repülésével, és a vektorok aktivitásával.

Vizsgálati anyag és módszer

Kísérleti elrendezés

A „Vitamin” fajtájú cukkinit 1x1 m-es sor és tőtávolságra vetettük 30 sorba, soronként 100 magot. A kísérleti parcella területe 30x100 m = 3000 m² volt. A ZYMV terjedésének tanulmányozása céljából a tábla közepére ZYMV-sal mesterségesen fertőzött növényeket helyeztünk el. A vírusforrást a 15. sor 50. növénye mellé helyeztük. Ezen kívül még egészséges szikleveles fejlettségi állapotú cukkini növényeket helyeztünk ki fogónövényként 1 hetes expozíciós időszakokra a tábla első harmadára (10. sor 30. növény mellé), a cukkini kelésétől a vegetációs időszak végéig, a vektortevékenység intenzitásának mérésére. A

fogónövényeket az expozíciós idő letelte után vektormentes üvegházban neveltük 4 hétig az ELISA vizsgálat időpontjáig, ami a ZYMV és az uborka mozaik vírus (*Cucumber mosaic virus*, CMV) kimutatását célozta.

A fertőzés terjedése és térbeli eloszlása

A cukkini kelését követően a területen hetente felvételezést végeztünk. Megjelöltük a vírusfertőzött növényeket, valamint feljegyeztük azok táblán belüli elhelyezkedését. A növényeket akkor tekintettük fertőzöttnek, amikor a ZYMV jellegzetes tünetei: márványozottság, levéldeformáció, levélkeskenyedés, törpülés és a levelek színén sötétzöld hólyagos mozaikfoltok láthatóvá váltak (41. ábra). A tüneteket mutató növényekről levélmintákat gyűjtöttünk ELISA szerológiai vizsgálatra.



41. ábra A ZYMV fertőzés jellegzetes tünetei sötétzöld hólyagos mozaik és levélkeskenyedés

A vírus térbeli terjedésének meghatározására 20 véletlenszerűen kiválasztott téglalap alakú mintateret jelöltünk ki. A mintatereteket 4 egymás melletti sor 3 egymást követő növénye alkotta. A fertőzések statisztikai értékeléséhez a „Statistica” programot használtuk. Az egyes

felvételezési időpontokban mintaterenként fertőzöttnek bizonyult növények száma és a felvételezési időpontokban mintaterenként fertőzöttnek talált összes növény száma közti különbséget t -tesztel értékeltük. Yates javított χ^2 próbát használtunk a mintaterék fertőzöttsége közötti különbség kimutatására.

A tábla vírusfertőzöttsége és a levéltetvek száma közötti kölcsönhatás értékelésekor az 1 hónappal korábbi levéltetű-rajzásadatok és a felvételezési időpontokként fertőzöttnek bizonyult növények száma között, valamint az egy hónappal korábbi levéltetű rajzágörbe és az egyes időpontokban a táblán talált összes fertőzött növény száma között vizsgáltuk az összefüggést kétváltozós regresszióanalízissel. Ugyanezzel a módszerrel kerestünk összefüggést a táblán az egyes időpontokban talált fertőzött növények száma és az egy hónappal korábban kumulált levéltetűszám, valamint a táblán az egyes felvételezési időpontban talált összes fertőzött növény száma és az egy hónappal korábban kumulált levéltetűszám között is.

Levéltetvek repülésének vizsgálata

Moericke-féle sárgatálat helyeztünk a 20. sor 60. növénye mellé, hogy nyomon kövessük a szárnyas levéltetvek táblára repülését. A sárgatálat hetente kétszer ürítettük, és a fogott anyagot sztereomikroszkóp segítségével határoztuk meg Blackman és Eastop (1984); Basky (1993) és Taylor (1984) határozókulcsok alapján.

Levéltetű átviteli vizsgálatok

Sziklelevelis uborka növényeket fertőztünk ZYMV-sal mechanikai módszerrel. Ezek a növények szolgáltak vírusforrásként két héttel a fertőzést követően. Az akceptor tesztnövény szintén sziklelevelis uborka volt. A gabona levéltetveket [*Rhopalosiphum padi* (L.), *Metopolophium dirhodum* (Walker), *Sitobion avenae* (Fabricius), *Schizaphis graminum* (Rondani) és *Diuraphis noxia* (Kurdjumov)] árpán neveltük. Az átviteli vizsgálatok megkezdése előtt 2 órával a gabonáról leszedett szárnyatlan imágókat petri-csészébe helyeztük éheztetés céljából. A *Myzus persicae* Schulzer kínai kelen fenntartott kolóniákból származott. Az éheztetés után a levéltetveket 5 perces felvételi táplálkozási időre teveször ecsettel a vírusforrásra helyeztük, majd a felvételi táplálkozási idő letelte után az akceptor növényekre raktunk 10-10 egyedet. Mind a hat levéltetűfajjal 10-10 sziklelevelis uborka növényt fertőztünk. Egy nappal később az akceptornövényeket PIRIMOR 50 DP®-vel kezeltük és vektormentes üvegházban neveltük a szímtómák kifejlődéséig. Egy hónappal

később a növényeket tünetileg értékeltük, és a ZYMV jelenlétét ELISA szerológiai vizsgálattal ellenőriztük.

Eredmények

A fogónövények fertőzöttsége

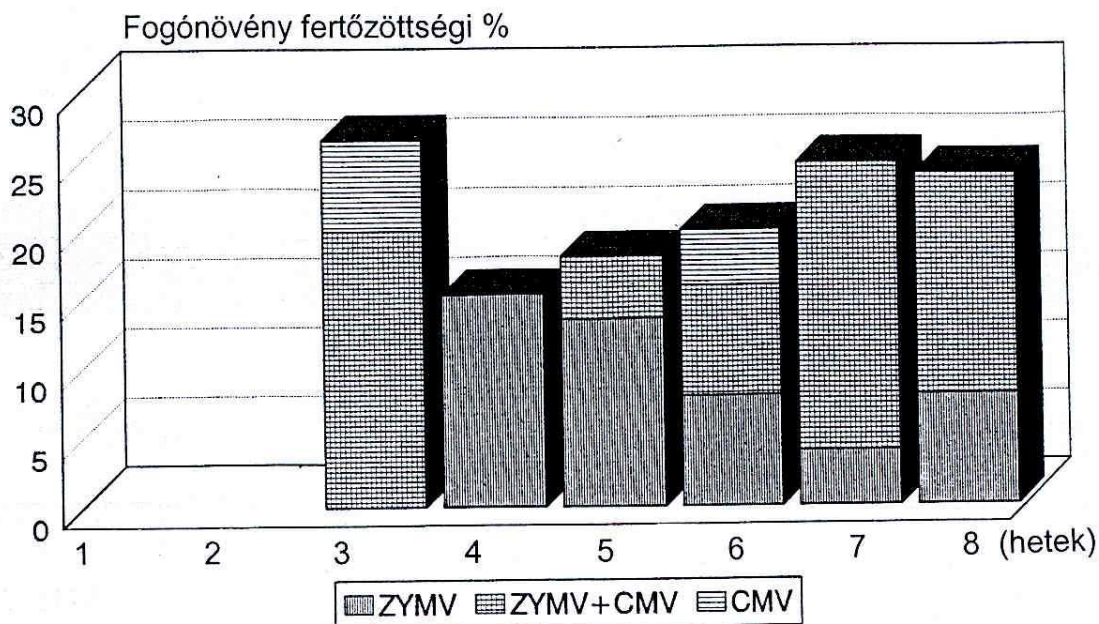
A fogónövény-fertőzöttséget első ízben két héttel a cukkini kelése után a 3. expozíciós időszak során észleltük, annak ellenére, hogy a ZYMV fertőzési forrás a cukkini kelésével egy időben került kihelyezésre a kísérleti táblára. Ezen a héten a levéltetűrajzás intenzív volt. Ezt követően a vegetációs időszak végéig valamennyi expozíciós időszak alatt fertőződtek a fogónövények, függetlenül a levéltetűrajzás intenzitásától. Annak ellenére, hogy nem volt ismert uborka mozaik vírus (*Cucumber mosaic virus*, CMV) forrás a táblán) a CMV-vel fertőzött fogónövények aránya 7,5 % volt. A ZYMV a fogónövények 38,5 %-ában volt jelen tisztán, a CMV és ZYMV együttes fertőzése pedig a fogónövények 54 %-ából volt kimutatható. A fogónövények vírusfertőzöttsége 15,4 és 26,6 % között változott az expozíciók során (42. ábra). A fogónövény-fertőzöttségi százalékok két erősen intenzív vektortevékenységi időszakra utalnak a 3. és 7. expozíciós időszakok során, ezek egybeestek a sárgatálba repült levéltetvek repülési csúcsával. A levéltetű repülés nem volt intenzív az 5., 6. és 8. expozíciós időszakok alatt, ennek ellenére nagyarányú fogónövény-fertőzöttséget regisztráltunk végig a vizsgálat során. A ZYMV-forrás folyamatos jelenléte a táblán azt eredményezte, hogy a fogónövények 92,5 %-a ZYMV fertőzött volt visszavezethető, de a CMV-vel fertőzött növények aránya is tekintélyes, elérte a 61,5 %-ot.

A betegség terjedése a táblán

A varianciaanalízis azt mutatta, hogy a ZYMV-fertőzés mértékére szignifikáns hatással volt a vizsgálat kezdetétől eltelt idő ($F=56,86$, $P=0,000$). A felvételezési időpontonként a mintatereken újonnan fertőzött növények száma csak az 5. és 6. valamint a 7. és 8. felvételezési időpontban különbözött szignifikánsan ($t=3,58$, $P=0,001$, $t=12,93$, $P=0,000$). A táblán az első fertőzött növényeket a 4. expozíciós időszak alatt észleltük, de a fertőzés jelentős terjedése egy hónappal a fogónövények által jelzett intenzív vektortevékenységi idő alatt következett be, ami a táblán belüli fertőzési forrásszám növekedésének tulajdonítható.

A mintatereken levő fertőzött növények átlaga azonban szignifikánsan különbözött valamennyi felvételezési időpont között (4-5 időpont $t=2,17$, $P=0,04$, 5-6 időpont $t=2,20$, $P=0,04$, 6-7 időpont $t=3,09$, $P=0,005$, 7-8 időpont $t=10,75$, $P=0,000$). A különbség a 7. és 8.

felvételezési időpontban volt a legnagyobb, 2,3-ról 8,85-re emelkedett a mintaterenként fertőzött növények átlaga, annak ellenére, hogy az 5. és 6. expozíciós időszak alatt gyenge levéltetű repülési aktivitást jelzett a sárgatál. Az 5. és 6. expozíciós időszak alatt a táblán belüli fertőzési források száma 35-ről 363-ra emelkedett. Ez a táblán belüli vírusforrásszám növekedés 1 hónappal később a vírus robbanásszerű szétterjedését eredményezte, ekkor már a tábla 3000 növényéből 1902 mutatta a ZYMV-fertőzés tüneteit.



42. ábra A fogónövények vírusfertőzöttségének alakulása

A fertőzés térbeli eloszlása

Yates javított χ^2 próba szerint a 4. és 5. felvételezési időpontban az egyes mintateretek fertőzöttsége között nem volt különbség. Ez azt bizonyítja, hogy a fertőzött növények a táblán belül véletlen eloszlásban helyezkedtek el. A fertőzött növények csoportosulása a 6. felvételezési időpontban jelentkezett először, amikor 17 mintatér fertőzöttsége különbözött szignifikánsan 3 mintatér fertőzöttségétől ($\chi^2=5,56$, $P=0,018$, $\chi^2=9,19$, $P=0,038$). A három mintatér közül csak kettő különbözött egymástól (amelyben 2 és 8 fertőzött növény volt mintaterenként $\chi^2=4,29$, $P=0,038$). Azon a mintatéren, ahol az első fertőzést észleltük 3 hét alatt a 12 növényből 8 fertőződött cukkini sárga mozaik vírussal. Ez bizonyíték a ZYMV fertőzés foltszerű terjedésére. Említést érdemel, hogy a vírusforrás és az első fertőzött növény

között 31,8 m volt a távolság. A hetedik felvételezési időpontban 5 mintatér fertőzöttsége különbözött 15 mintatérétől. A 0 és 6 fertőzött növényű mintateretek szignifikánsan különböztek egymástól $\chi^2=5,56$, $P=0,018$, 0 és 8 esetében $\chi^2=9,19$, $P=0,002$, 2 és 8 fertőzött növényűnél $\chi^2=4,29$, $P=0,038$, 3 és 9-nél $\chi^2=4,17$, $P=0,041$. A 6 és 8 fertőzött növényű parcellák nem különböztek egymástól szignifikánsan. Az utolsó felvételezés idejére a foltszerű mintázat eltűnt, ezt az bizonyítja, hogy mindössze két parcella fertőzöttsége különbözött szignifikánsan 18-tól. Azok a parcellák amelyeken 4, ill. annál kevesebb fertőzött növény volt, különböztek azoktól a parcelláktól, amelyeken 8-nál több fertőzött növény volt, $\chi^2=4,29$, $P=0,038$.

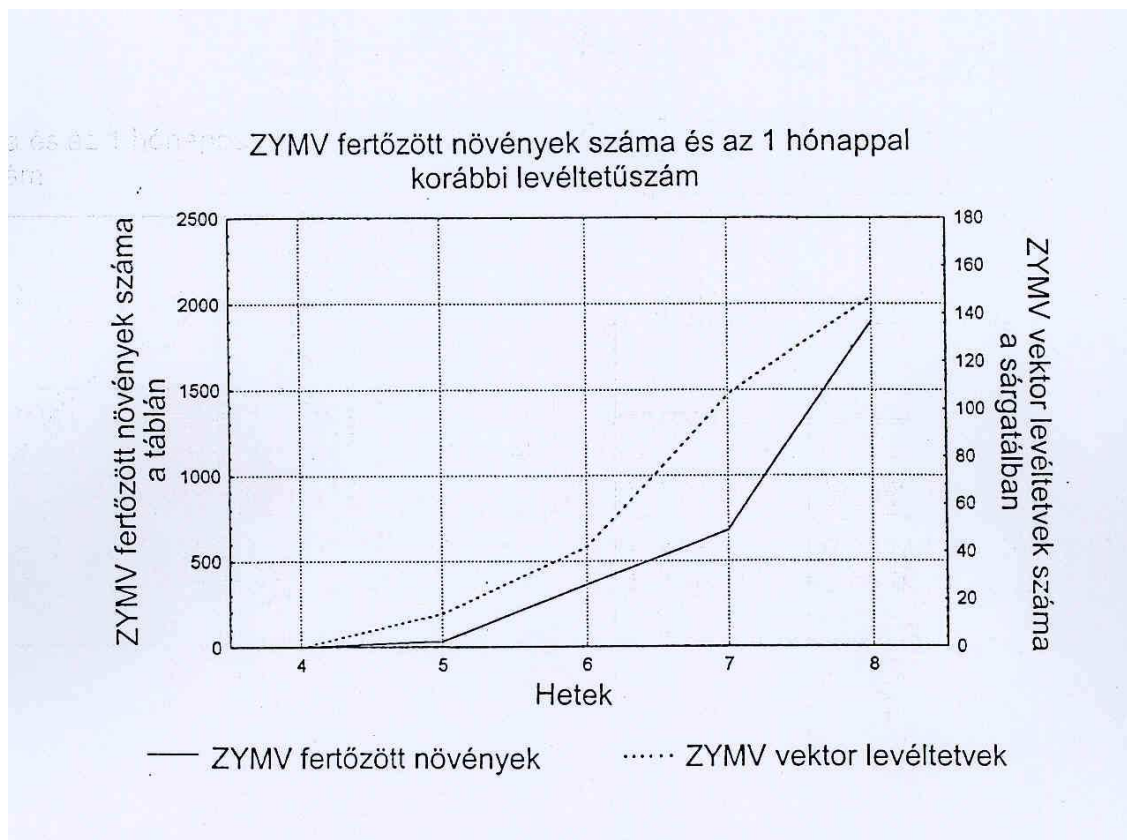
A levéltetvek repülési aktivitása és a ZYMV terjedése

Június 13-tól augusztus 16-ig 38 faj és 5 nemzetség 864 egyede repült a cukkini táblán elhelyezett sárgatálakba. Az Aphis nemzetség fajra meg nem határozott egyedei képviselték magukat a legnagyobb arányban, 22 %-át tették ki az összes fogott egyednek. Ezt követte az *Acyrtosiphum pisum* 16 %-al, majd a *Metopolophium dirhodum* 13 %-al. Bár a cukkininövények 10 %-án Magyarországon szokatlanul népes *Aphis gossypii* kolóniák voltak, a sárgatálba repült *A. gossypii* egyedszám nem érte el az 5 %-t. A cukkini kelésétől, június 14-től, két repülési csúcs jelentkezett a sárgatálban, az első július 8-án, a második augusztus 1-én.

A levéltetűszám és a fertőzött növények száma közötti összefüggés vizsgálatokor az egy hónappal korábban a sárgatálba repült levéltetvek egyedszáma és a táblán talált fertőzött növények száma közötti összefüggést vizsgáltuk kétváltozós regresszióanalízissel. Az egyes fertőzési időpontokban a táblán, illetve a mintatereken fertőzöttnek bizonyult növények száma és az 1 hónappal korábbi levéltetűszám között szoros összefüggés volt ($r=0,72$, illetve $0,78$, $P=0,05$).

A táblán, illetve a mintatereken egyes felvételezések során fertőzöttnek bizonyult összes növényszám és a sárgatál által egy hónappal korábban fogott kumulatív levéltetűszám között még szorosabb az összefüggés ($r=0,92$, illetve $0,96$, $P=0,05$) (43. ábra).

Az ismert ZYMV-vektorfajok aránya 20,5 %-a volt a sárgatálba repült levéltetveknek, a fogónövények első fertőződése egybeesett az *Acyrtosiphon pisum* és *Myzus persicae* repülési csúcsával. Az *A. gossypii* intenzív repülése viszont a hetedik expozíció idejére esett.



43. ábra A ZYMV-fertőzött növények száma a táblán és egy hónappal korábban a sárgatáblába repült levéltetvek kumulált száma

Levéltetű átviteli vizsgálatok

Kaliforniában a ZYMV legfontosabb vektoraiként számon tartott *Aphis middletoni* nem honos Magyarországon, az *Aphis spiraecola* a gyöngyvesszőn *Spirea sp.* képez kolóniákat. A szívócsapdában és a sárgatáblán leggyakrabban előforduló gabona levéltetvek, valamint a leghatékonyabb vírusvektorként ismert zöld őszibarack levéltetű *M. persicae* ZYMV átvivő képességét vizsgáltuk azért, hogy meghatározzuk a természetes terjedés szempontjából legfontosabb fajokat. *M. persicae* átvitelkor az akceptornövények 50 %-a bizonyult cukkini mozaik vírussal fertőzöttnek az ELISA szerológiai vizsgálat alapján. A *R. padi* egyedekkel végzett átvitelnél 30 %-s ZYMV átviteli hatékonyságot igazoltunk. A *S. graminum*, *M. dirhodum*, *S. avenae* és a *D. noxia* nem vitték át a ZYMV-t vizsgálataink során.

Eredmények megvitatása

A vektortevékenység intenzitását jelző fogónövény-fertőzöttség hiánya az első két expozíciós időszak során azt bizonyítja, hogy gyenge levéltetűrajzáskor a 3000 m²-es tábla egy pontján elhelyezett vírusforrás túl kevésnek bizonyult ahhoz, hogy fertőzőképes levéltetvek olyan számban legyenek jelen a tábla légterében, hogy megfertőzzék az egy ponton elhelyezett fogónövényeket. Ezt támasztják alá Castle és munkatársai (1992) eredményei: az élve befogott levéltetvek vizsgálata során csak akkor találtak vírushordozó levéltetveket a táblán, amikor a vírusfertőzött növények száma nagy volt.

A fogónövények nagyarányú CMV fertőzöttsége annak tulajdonítható, hogy az uborka mozaik vírus a Cucurbitaceae családba tartozó növények legelterjedtebb vírusbetegsége Magyarországon, (cf. Horváth, 1969, 1986; Szirmai és munkatársai, 1984; Basky és Nasser, 1989; Basky és Raccah, 1990) ezért sok volt a CMV fertőzési forrás a kísérleti parcella közelében. A fogónövények 90 %-t meghaladó ZYMV fertőzöttsége és a levéltetű rajzás intenzitásától független nagyarányú fogónövény fertőzöttség egyaránt annak a következménye, hogy a ZYMV-sal fertőzött növények száma folyamatosan nőtt a táblán. (Thresh, 1974).

Vizsgálatunkkal a nem cirkulatív vírusterjedés tipikus esetét igazoltuk. A vírusfertőzöttség először véletlen eloszlásban jelentkezett a táblán, majd a fertőzött növények körül foltszerű eloszlást mutatott, végül az egész táblán egyöntetű fertőzés alakult ki. A foltszerű eloszlásnak a megszűnése a táblán belüli vírusforrások számának növekedése miatt bekövetkező robbanásszerű vírusterjedésnek az eredménye. Hasonló eredményeket kaptak Madden és munkatársai (1987) a nem-cirkulatív vírusterjedés tanulmányozása során: véletlen eloszlást figyeltek meg a fertőzés megjelenésekor, amely a vegetációs idő előrehaladtával foltszerűvé vált. Ferres és munkatársai is (1992) a korai ZYMV-fertőzés véletlenszerű eloszlását figyelték meg a táblán. Hasonló jelenségről számolt be Adlerz (1987) is, ahol a tábla ZYMV-fertőzöttsége robbanásszerűen megnőtt az első tünetes növények megjelenése után 3 héttel.

Vizsgálatunkban a *R. padi* 30 %-s hatékonysággal vitte át a ZYMV-t. Kaliforniában a fertőzött táblán befogott *R. padi* vírushordozónak bizonyult, de laboratóriumi körülmények között a *R. padi* egyedek nem váltak fertőzőképesé, mert nem végeztek próbaszívást a fertőzött töknövényeken (Castle és munkatársai 1992).

A *S. graminum*, *M. dirhodum*, *S. avenae* és a *D. noxia* nem vitték át a ZYMV-t vizsgálataink során. Ezeket a fajokat Adlerz (1987) ill. Castle et al. (1992) sem találta vírushordozónak.

A betegség rendkívül gyors terjedése összefüggésben lehet azzal, hogy a szárnyas levéltetveket vonzza a sárga szín. A vírusfertőzés következtében sárga mozaiktüneteket mutató növények intenzíven vonzották a szárnyas levéltetveket, de a fertőzött növényekre leszálló levéltetvek a próbaszívás után azonnal elhagyták a nem megfelelő tápértékű fertőzött növényeket és a következő próbaszívások során újabb növényeket fertőztek meg. Ezt támasztja alá az a megfigyelésünk is, hogy a növényeknek mintegy 10 %-án figyeltünk meg népes *A. gossypii*-kolóniákat, de ezek a növények szinte kivétel nélkül egészségesek voltak, ill. a ZYMV-fertőzés enyhe tüneteit mutatta néhány növény.

Adataink alapján megállapítható, hogy a vegetációs idő végén az intenzív *A. gossypii* rajzás nem játszott meghatározó szerepet a kísérleti parcella cukkini sárga mozaik vírus fertőzöttségének alakulásában. A kísérleti parcellától 150-200 m távolságra levő patisszon növényeken, augusztus végén, szeptember elején azonban megjelentek a cukkini sárga mozaik vírus tünetei. A fertőzött táblától távolabb levő növények megfertőzésében viszont szerepe lehet az *A. gossypii*-nek is.

Annak ellenére, hogy a vizsgálat évében a vírus előfordult a környező patisszon növényeken, nem észleltük a vírus jelenlétét a következő évben. Vizsgálatunk helyén és környezetében a ZYMV nem telelt át; feltehetően azért, mert a vírus áttelelésében, a mediterrán régióban fontos szerepet játszó tökfélék (Perring et al., 1992; Blua és Perring 1992a, b) nem flóraelemek Magyarországon.

A tábla vírusfertőzöttsége és az egy hónappal korábban a sárgatálba repült levéltetvek száma közötti korreláció vizsgálatokor szoros összefüggést kaptunk. Levéltetvekkel terjedő vírusok esetében a növény fertőződése és a tünetek megjelenése között 1 hónapos időeltolódást tapasztaltak Mora-Aguilera és munkatársai (1992) is.

VIII. A vírusvektor kutatás eredményeinek gyakorlati alkalmazása a burgonyatermesztésben

A kultúrburgonyák ősei az Andok 2000-4000 m tengerszint feletti magasságú fennsíkjairól származnak. Ezeken a területeken kiegyenlített, bőséges csapadék hull a burgonya vegetációs időszakában és a júliusi átlaghőmérséklet nem éri el a 20°C-t (Horváth, 2002). A burgonya rendkívüli alkalmazkodóképességének köszönhető, hogy a hazánkban uralkodó kontinentális, száraz, meleg klimatikus körülmények között is termelhető. A legnagyobb problémát a burgonyatermesztésben világszerte a vírusok okozzák. A

leggyakrabban a PVY majd a PLRV fertőzésével találkozunk (Siegvald, 1987; van den Heuvel et al., 1993). Európában 30-40 évvel ezelőtt a burgonya Y vírusnak az O törzse (PVY^O) volt a legelterjedtebb (Siegvald, 1987). A dohányon érnekróizist okozó törzset (PVY^N) Szirmai János írta le először 1958-ban Magyarországon. A század első felében Magyarországon hatékony fajtafenntartó és vetőgumó előállító rendszer működött (Horváth, 2002). A PVY^N törzsének megjelenése a vírusfogékony magyar fajták fokozatos leromlását, majd eltűnését eredményezte (Horváth, 1967; Horváth és Wolf, 1999), helyüket a holland Desiree fajta foglalta el (Horváth, 2002). A Desiree fajta PVY^O rezisztenciával rendelkezik, jó alkalmazkodóképessége folytán kielégítő termést ad a hazánkban uralkodó szélsőséges körülmények között is. A PVY^O törzsével szemben rezisztens fajta nagyarányú elterjedése a PVY^N törzs fokozatos előretörését eredményezte (Box, 1964; Weidemann, 1988; Chrzanowska, 1991). Sőt, 1984-ben megjelent Magyarországon, a gumón nekrotikus gyűrűs foltosságot okozó PVY^{NTN} törzse is (Beczner et al., 1984). Mára már a Desiree a burgonya Y vírussal szemben egyik legfogékonyabb fajta Magyarországon. A kedvezőtlen klimatikus körülmények között a magas hőmérséklet és a szárazság okozta stressz és a kórokozók együttes hatása a termőképesség rohamos csökkenéséhez vezet, ezt a jelenséget nevezzük a burgonya leromlásának. A kórokozók közül a levéltetvek által nem-cirkulatív módon terjesztett burgonya Y vírus (potato virus Y, PVY) és a cirkulatív módon terjesztett burgonya levélsodródás vírus (potato leaf roll virus, PLRV) okozzák a legsúlyosabb termésvesztést (Wolf et al., 1990; Kuroli, 1999; Kuroli és Németh, 1991; Kuroli et al., 1991; Radcliffe és Ragsdale, 2002). A fertőzött növények fertőzött gumókat teremnek.

A tőlünk északra fekvő országok Skócia, Hollandia, Belgium, Németország, Lengyelország, Csehország és Szlovákia területén a nyarak hűvösek, a csapadék kiegyenlített. Ezekben az országokban kedvező éghajlati viszonyok között könnyen elő lehet állítani az egészséges vetőgumót, a vetőgumó előállítással párhuzamosan pedig sikeres fajta előállítás is folyik (Bagnall, 1977; Siegvald, 1990, 1992). Az egészséges vetőgumó előállítás elengedhetetlen feltétele az eredményes burgonyatermesztésnek (Tas, 2000). Munkánk során a szárnyas levéltetvek rajzása alapján meghatároztuk a burgonya vetőgumó termő táblákra nehezede vírus infekciós nyomást, és összefüggést kerestünk a vírusvektor levéltetvek rajzása és a különböző fajták vírusfertőzöttsége között.

Vizsgálati anyag és módszer

Levéltetűrajzás vizsgálatok

A szárnyas levéltetvek távolsági repülésének vizsgálatára alkalmas a Rothamsted típusú szívócsapda (Taylor, 1974). A szárnyas levéltetvek azonban a vírusokat a tápnövény kereső repülés során terjesztik (Kennedy et al., 1961; Kennedy, 1976). A növényállomány felett tápnövény kereső repülést végző levéltetvek egyedszámának meghatározására az egész világon használják a Moericke-féle sárgatálakat. Moericke 1955-ben fedezte fel, hogy a sárga szín erőteljes vonzó hatást gyakorol a zöld őszibarack levéltetűre (*Myzus persicae*), valamint az *Aphis* nemzetségbe tartozó fajokra. A sárga szín nem minden levéltetű fajra gyakorol azonos mértékben vonzó hatást, de a módszer egyszerűsége és olcsósága miatt elterjedten alkalmazzák. A burgonya vetőgumó termesztő táblákra, a tábla szélére és a tábla közepére kihelyezett Moericke-féle sárgatálak alapterülete 35x45 cm, mélysége 10 cm, színe citromsárga. A tálak festésére citromsárga Trinát zománccfestéket használtunk. A sárgatálak 60 cm magas lábakon állnak. A tábla szélén elhelyezendő tálak a tábla egyik sarkán a tábla szélétől 15-20 m távolságra, a tábla közepén levőt pedig a tábla közepére helyeztük el a burgonya kelésekor. A tálakba annyi vizet töltöttünk, hogy a tál alját 2-3 cm mély vízréteg borítsa. A felületi feszültség csökkentésére néhány csepp mosogatószert tettünk a vízbe. A tálakba repült rovarokat hetente kétszer gyűjtöttük be. A rovar anyagot a meghatározásig 70 %-s alkoholban tároltuk. A begyűjtött anyag meghatározása sztereómikroszkóppal történt Basky (1993c); Blackman és Eastop (1984); Eastop (1966); Müller (1975); Stroyan (1977, 1984); Szalay-Marzsó (1969); Szelegiewicz (1977); Szelegiewicz és Szalay-Marzsó (2000); Taylor (1980) és Theobald (1926) munkái alapján.

Moericke-féle sárgatálakkal 1993-ban kezdtük a levéltetvek rajzásvizsgálatát Kabán, majd 1994-1996 között Dunaegyházán, 2000-ben Berzencén, Komáromban és Szentlőrincen folytattuk vizsgálatainkat. 2001-ben Kabán, Dunaegyházán, Berzencén, Szabadszentkirályon, Komáromban, Debrecenben, Balkányban, Keszthelyen, Zircen és Darnószelin folytattuk a vírusvektor levéltetvek vizsgálatát. 2002-ben 8 helyszínen tovább folytak a vizsgálatok. Dunaegyháza helyett Kecskeméten vizsgáltuk a vírusvektor levéltetvek aktivitását. Tekintettel arra, hogy Keszthelyen a Veszprémi Egyetem Burgonya Kutatási Osztályán előállított új fajták, a Százszorszép, a Hópehely, a White Lady, a Kánkán, a Réka, a Rebeka és a Boró az *Ry_{sto}* gén révén rendkívül jó PVY rezisztenciával rendelkeznek (Wolf et al., 1998), így a levéltetű rajzásadatokhoz nem tudtuk a PVY fogékony fajták PVY fertőzési adatait hozzárendelni. Ezért Keszthely helyett Sajópüspökin folytattuk a levéltetű rajzásvizsgálatokat 2002-ben és 2003-ban.

Vektorhatékonysági értékek meghatározása

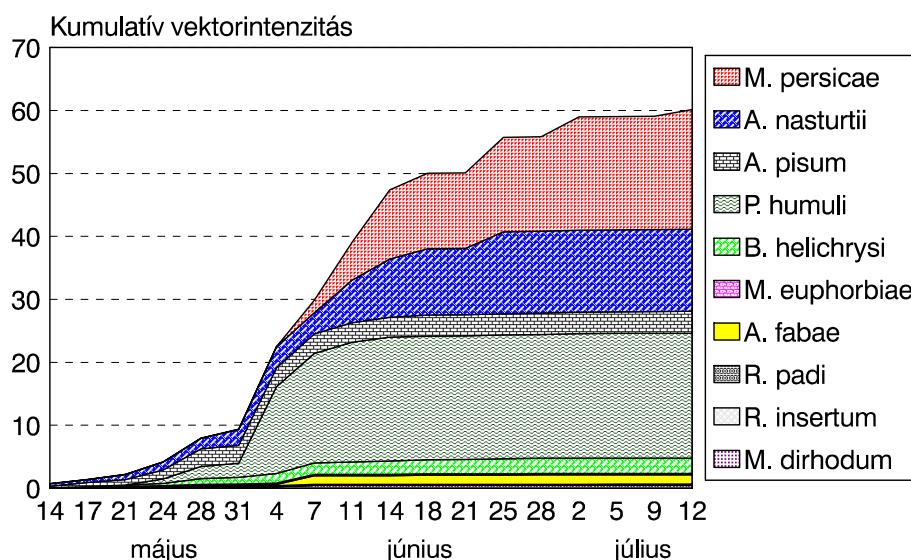
A burgonya Y vírust átvivő levéltetűfajok között a vírusátvitel hatékonyságában rendkívül nagy különbségek vannak (Box, 1979). A vírusátviteli hatékonyság vizsgálata alapján Beemster, 1976-ban megállapította, hogy a leghatékonyabb vírusvektor a zöld őszibarack–levéltetű (*Myzus persicae* Shulzer). Ez a faj a vírusátviteli kísérletekben az akceptor növények 70-100 %-át fertőzte meg. Más fajok, mint pl. a sárgászöld rózsá-levéltetű (*Metopolophium dirhodum* Walker) vagy a sárga szilva–levéltetű (*Brachycaudus helichrysi* Kaltentbach) vagy a zöld bógánccs–levéltetű (*Brachycaudus cardui* L.) kevésbé hatékonyan viszik át a burgonya Y vírust. Levéltetű átviteli vizsgálatok alapján meghatározták a leggyakoribb levéltetű fajok vektorhatékonysági értékeit (Bagnall, 1977; Beemster, 1976; Box, 1979; van Harten, 1983). Ezen vizsgálatok eredményeként a leghatékonyabb vírusvektor a zöld őszibarack levéltetű 1-es szorzószámot kapott. A zöld őszibarack–levéltetű után következő leghatékonyabb PVY vektor a sárga burgonya–levéltetű (*Aphis nasturtii* Kaltentbach) szorzószáma 0,42, ezt követi a komló–levéltetű (*Phorodon humuli* Schrank) 0,15-ös szorzószámmal, a zöld borsó–levéltetű (*Acyrtosiphum pisum* Harris) szorzószáma 0,05, majd a fekete répa–levéltetű (*Aphis fabae* Scopoli) következik 0,1-es szorzószámmal. A vektor hatékonyság csökkenő sorrendjében a következő a zselnicemeggy–levéltetű (*Rhopalosiphum padi* L.) következik 0,03-as szorzószámmal. A sárgászöld rózsá-levéltetű, a sárga szilva–levéltetű és a zöld bógánccs–levéltetű szorzószáma 0,01, ami azt jelenti, hogy 100 sárgászöld rózsá-levéltetű által végzett próbaszívás eredményez olyan mértékű PVY átvitelt, mint egyetlen zöld őszibarack–levéltetű szívása.

A burgonya táblát fenyegető vírus fertőzési veszély meghatározására Irwin és Ruesnik (1986); Siegvald (1984, 1985, 1987, 1990, 1992); Bagnall (1977); Beemster (1976); Box (1979); van Harten (1983); eredményeinek felhasználásával kidolgozta az összesített vagy kumulatív vektorintenzitási értéket. A kumulatív vektorintenzitás egy index, amely az egyes vektor fajok egyedsűrűsége és relatív vírusátvivő képességének szorzata alapján kerül meghatározásra. Ezt úgy számoljuk ki, hogy az adott időpontban, a sárgatáblán talált PVY vektor fajok egyedszámát megszorozzuk az illető faj vektorhatékonysági értékével. Az első időpontban a különböző fajoknál kapott egyedszám x vektorhatékonysági érték szorzatokat összesítjük, ehhez hozzáadjuk a második időpontban kapott szorzatok összegét, és ezt folytatjuk mindaddig, amíg a vetőburgonya szárát le nem zúzzák vagy deszikkálják. A kumulatív vektorintenzitás értékekből a 44. ábrán látható grafikont lehet elkészíteni. A grafikonról leolvasható, hogy adott időpontban milyen mértékű vektorintenzitás,

vektornyomás (vírus vektor levéltetű aktivitás) nehezedik a táblára. Vagyis a PVY vektor levéltetűfajok milyen mértékben veszélyeztetik a vetőgumó termő tábla növényeit PVY fertőzéssel.

Mivel a PVY-nak a burgonya növény levelébe kerülésétől 10-14 nap telik el addig, amíg a vírus lejut a gumóba, ezért amikor a sárgatálban észleljük a PVY vektorok jelenlétét 10-12 nap áll rendelkezésre, hogy a burgonya szárának elpusztításával megakadályozzuk, hogy a levélbe leadott vírus bejusson a vetőgumóba. A sárgatálba repült levéltetvek egyedszáma és vektorhatékonysági értéke figyelembe vételével számított kumulatív vektorintenzitás alapján a vetőgumó termő táblán a szárazzás vagy deszikkálás időpontját előre lehet jelezni.

Komárom



44. ábra A kumulatív vektorintenzitást ábrázoló grafikon

A vetőgumó vírusfertőzöttsége

A burgonya vetőgumók vírusfertőzöttségét vetőgumó tételenként 200 véletlenszerűen kiválasztott gumó alapján az OMMI Monori Fajtakísérleti állomásán határozták meg rügydugvány vizsgálattal. A rügydugvány vizsgálathoz a vetőgumó tételenként begyűjtött 200 gumó korona részét az erre szolgáló kis kanállal kivájták. A kivájt korona részeket 1 %-s tiokarbamid + 1 ppm gibberellin oldatban áztatták 10 percig, majd csapvizes öblítést követően szaporító ládába ültették oly módon, hogy az egyes növények gumóiból kelt növények beazonosíthatóak voltak. A rügydugványok kelése után 6 héttel történt a levélminták

begyűjtése ELISA szerológiai vizsgálatra. A gumók PVY és burgonya levélsodródás (*Potato leafroll virus*, PLRV) fertőzöttségét a rügydugványok vizsgálata alapján (DAS) ELISA szerológiai módszerrel (Clark és Adams, 1977) határozták meg.

Statisztikai értékelés

Lineáris regresszió analízissel összefüggést kerestünk a sárgatálba repült összes levéltű egyedszám, a PVY vektor fajok egyedszáma, a kumulatív vektorintenzitás és az érettkori rezisztenciával korrigált vektorintenzitás, mint folyamatos változó és a vetőgumó PVY és PLRV fertőzöttsége között. A folyamatos változók adatain Lg transzformálást, a vírushatározási adatokon pedig Arcsin transzformálást végeztünk az eloszlás normalizálása érdekében. A statisztikai értékeléshez a Statistica programot használtuk (Statsoft Tulsa, OK, USA).

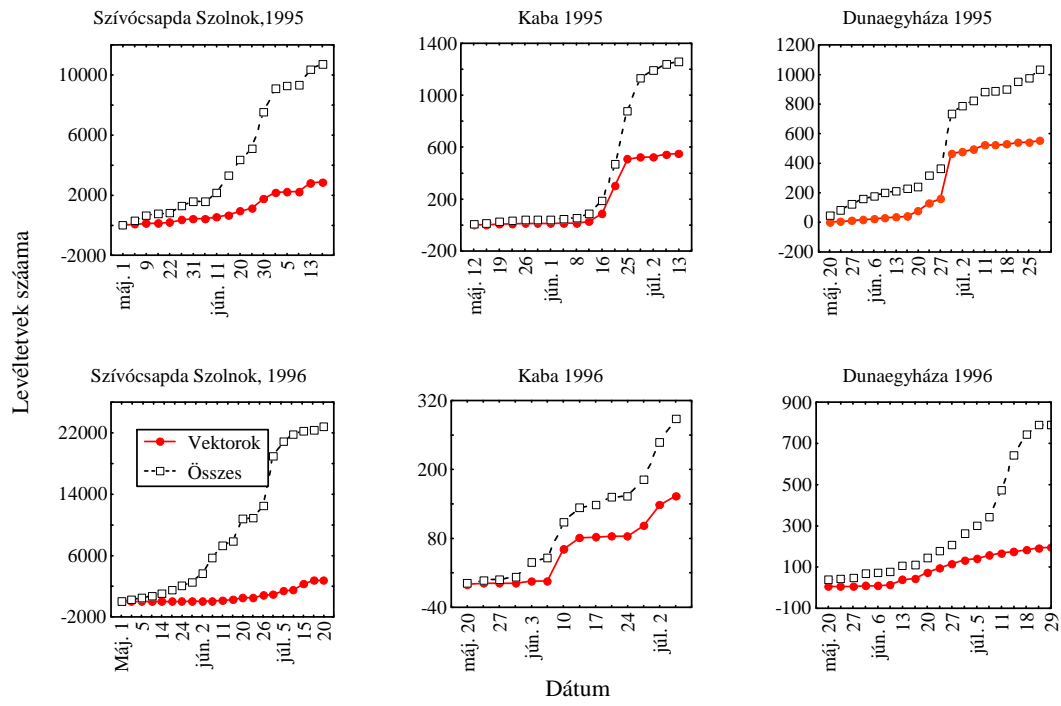
Eredmények

Vektorintenzitás és a gumók vírushatározottsága

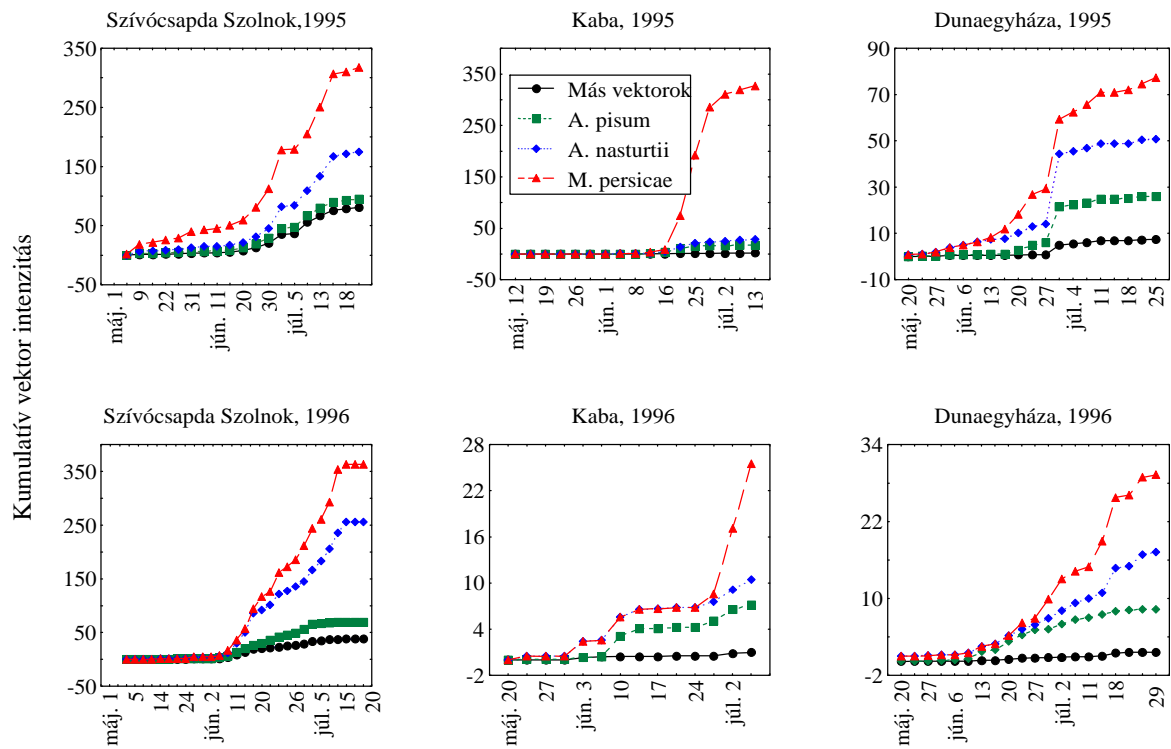
1993 és 2000 között az egyes mintavételi helyeken a Moericke-féle sárgatálba repült összes levéltű egyedszáma és a vektorfajok száma 195 és 1575 ill. 30 és 663 között változott (21. táblázat). A sárgatálakba repült összes levéltűvek és a PVY vektorfajok egyedszáma 1995-ben volt a legnagyobb Kabán 1194 ill. 663. A kumulatív vektorintenzitás értéke is itt volt a legnagyobb (322) és ez nagyarányú vetőgumó fertőzöttséget eredményezett (21. táblázat).

A PVY vírusvektor levéltűfajok egyedszáma és relatív vektorhatékonysági értéke alapján számított kumulatív vektorintenzitás értéke 4,8 és 322 között változott (21. táblázat). Az 1995-ös év kedvező körülményeket biztosított a levéltűvek szaporodásához, Dunaegyházán is 1995-ben volt a legnagyobb a sárgatálba repült levéltűvek (1455) és a PVY vektor fajok egyedszáma is (570). Bár a kumulatív vektorintenzitás értéke nagy volt 1996-ban is, ennek ellenére a gumók vírushatározottsága nem volt nagyarányú, mert az intenzív levéltűrajzás június 20-a után kezdődött. Azokban az években, amikor a vektor fajok repülése június közepe után kezdődött a gumók vírushatározottsága nem érte el a kritikus 5 %-t.

A burgonya vetőgumó termő táblán a növények kelésétől a szárazúságig tartó időszakban a szívócsapda által fogott levéltűvek egyedszáma közel egy nagyságrenddel haladja meg a sárgatálba repült egyedek számát (45. ábra). Kivéve az 1995-ös évet, amikor a kumulatív vektorintenzitás értékei közel azonosak voltak a szívócsapda és a sárgatálak által fogott levéltűvek adatai alapján Kabán (46. ábra).



45. ábra A Moericke-féle sárgatálba (Kaba és Dunaegyháza) és a rorhamstedi típusú szívócsapdába (Szolnok) repült levéltetvek és a PVY vektor levéltetű fajok egyedszáma.



46. ábra A PVY vektor fajok kumulatív vektor intenzitási értéke a szívócsapda és a sárgatálak fogási eredményei alapján.

21. táblázat A sárgatálba repült összes levéltetű száma, a PVY vektorfajok száma, kumulatív vektorintenzitás, a PVY-nal és PLRV-vel fertőzött gumók %-s aránya a különböző burgonya fajtákon

| Vizsgálat helye Éve | Összes levéltetű száma | Összes PVY vektor száma | Kumulatív vektor intenzitás | Vizsgált fajták száma | A vírus fertőzött gumók százalékos aránya \pm SEM | |
|------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|------------------|
| | | | | | PVY | PLRV |
| Kaba | | | | | | |
| 1993 | 1006 | 286 | 35,2 | 7 | 25,37 \pm 4,20 | 4,51 \pm 1,46 |
| 1994 | 699 | 253 | 32,4 | 3 | 16,93 \pm 8,09 | 1,86 \pm 0,31 |
| 1995 | 1194 | 663 | 322 | 4 | 31,8 \pm 17,67 | 13,25 \pm 9,42 |
| 1996 | 283 | 160 | 26 | 6 | 2,25 \pm 1,10 | 0,28 \pm 0,28 |
| 1997 | 194 | 78 | 7,7 | 4 | 0,75 \pm 0,47 | 0,25 \pm 0,25 |
| 1998 | 1012 | 501 | 178 | 5 | 13,06 \pm 5,88 | 1,64 \pm 0,81 |
| 1999 | 748 | 116 | 9,5 | 3 | 4,35 \pm 3,25 | 1,75 \pm 1,75 |
| 2000 | 1139 | 30 | 6,1 | 5 | 1,74 \pm 0,72 | 0,00 \pm 0,00 |
| Dunaegyháza | | | | | | |
| 1994 | 876 | 268 | 38,3 | 19 | 24,84 \pm 4,19 | 6,75 \pm 1,40 |
| 1995 | 1455 | 570 | 77,5 | 9 | 21,58 \pm 4,19 | 5,32 \pm 1,26 |
| 1996 | 901 | 249 | 29,1 | 10 | 5,2 \pm 2,61 | 0,99 \pm 0,38 |
| 2000 | | | | | | |
| Berzence | 270 | 44 | 4,8 | 14 | 2,82 \pm 1,25 | 0,33 \pm 0,17 |
| Komárom | 340 | 47 | 10,3 | 5 | 4,52 \pm 2,41 | 0,30 \pm 0,20 |
| Szentlőrinc | 1575 | 70 | 13,5 | 5 | 24,02 \pm 12,29 | 0,00 \pm 0,00 |

Összefüggés a sárgatálakba repült összes levéltetű szám, a PVY vektorok száma, vektorintenzitás, és az érettkor rezisztenciájával korrigált vektorintenzitás és a vetőgumó PVY ill. PLRV fertőzése között.

Minden egyes függő változó: a sárgatálba repült levéltetvek száma, a PVY vektor fajok egyedszáma, a kumulatív vektorintenzitás és az érettkor rezisztenciájával korrigált vektorintenzitás, mint folytonos változó szignifikáns hatással volt a vetőgumó PVY és PLRV

fertőzöttségére (22. táblázat). A vizsgált tényezők ugyanakkor csak 20-22 %-át magyarázták a PVY fertőzés váltakozásának. A kiigazított R^2 érték az összes levéltetű egyedszám és PLRV-vel fertőzött gumók egyedszáma között volt a legalacsonyabb 7 % (22. táblázat). Ugyanakkor a szívócsapda által fogott levéltetvek adatai és a vetőgumók vírushertőzöttsége között nem volt szignifikáns az összefüggés. Feltehetően azért, mert a Szolnokon gyűjtő szívócsapda által regisztrált levéltetű repülés intenzitás valamint a fajok összetétele nem volt azonos a tőle 70-80 km-re keletre és nyugatra elhelyezkedő burgonya táblák fölött repülő levéltetvekével. Ezen túlmenően a szívócsapda a levéltetvek távolsági repülésének nyomon követésére alkalmas, a vírusátvitelben azonban a tápnövény kereső levéltetvek vesznek részt. A sárgatálakba repült tápnövény kereső, szárnyas levéltetvek és a burgonya vetőgumók PVY fertőzöttsége közti összefüggés ugyan szignifikánsnak bizonyult, a viszonylag alacsony 0,22-es kiigazított R^2 érték viszont azt jelenti, hogy a vizsgálatban szereplő PVY vektorfajokon kívül más fajok is szerepet játszhatnak a PVY átvitelében, ill. az ismert vektorfajok vektorhatékonysági értéke különbözhet a 20-25 éve meghatározottól a vírus új törzseinek megjelenése miatt.

22. táblázat Összefüggés a gumók PVY és PLRV fertőzöttségét befolyásoló tényezők és a gumók vírushertőzöttsége között. Línearis regresszió analízis (kiigazított R^2 érték szerepel a táblázatban).

| Tényezők (faktorok) | Vírusok | | | | | |
|--|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | PVY | | | PLRV | | |
| | R^2 | F | P | R^2 | F | P |
| Összes levéltetű száma | 0,17 | 21,97 | 0,000 | 0,07 | 9,04 | 0,000 |
| PVY vektorok száma | 0,16 | 19,91 | 0,000 | 0,16 | 20,29 | 0,000 |
| Kumulatív vektor intenzitás | 0,16 | 20,65 | 0,000 | 0,17 | 21,61 | 0,000 |
| Érettkor rezisztenciájával korrigált vektor intenzitás | 0,17 | 20,93 | 0,000 | 0,17 | 21,15 | 0,000 |

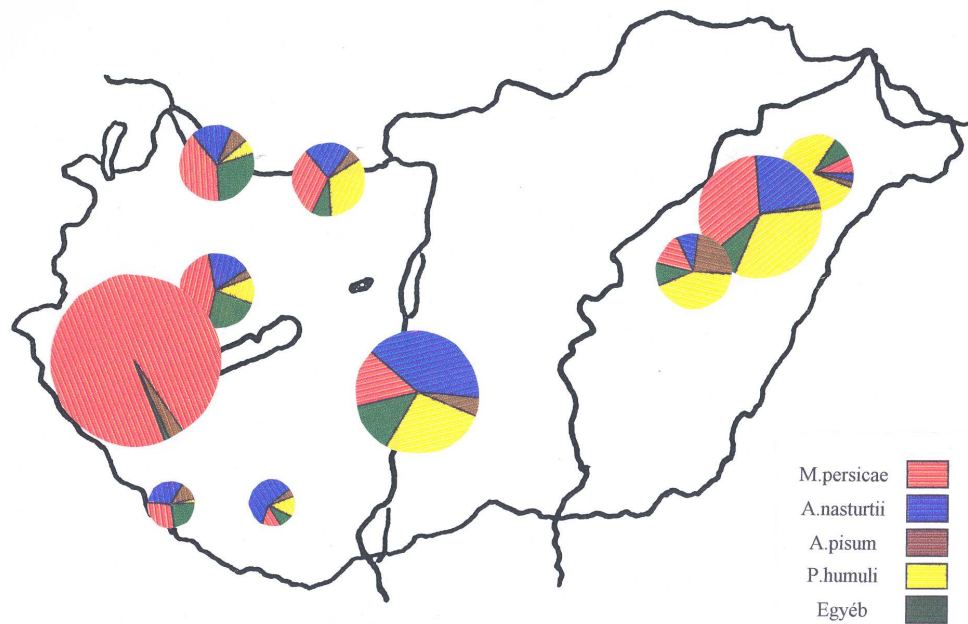
A tízéves vizsgálatsorozat alapján megállapítható, hogy ha a kumulatív vektorintenzitás értéke nem haladja meg a 10-15-ös értéket június végén, július elején akkor egészséges vetőgumóból 5 % alatti PVY fertőzöttségű vetőgumót lehet előállítani.

A 47., 48., 49. ábrákon a körök nagysága az ország különböző helyein a burgonya szárazzásának időpontjában mért kumulatív vektorintenzitás mértékét jelöli. A körön belül a különböző színű körcikkek nagysága a négy legfontosabb vektorfaj valamint az egyéb vektorfajok kumulatív vektorintenzitási érték kialakításában játszott szerepét szemlélteti. Az adott kumulatív vektorintenzitás kialakításában a különböző vektorfajok helyszíntől függően különböző mértékben vettek részt. Az ábrák alapján levonható az a következtetés, hogy a zöldborsó-levéltetű nagymértékben képes emelni a kumulatív vektorintenzitást, ha a burgonya tábla közelében borsó tábla van. Egyes években az ország keleti részén nagy számú komló-levéltetűt fogtak a sárgatálak. A 2002-es évben a Dunántúl északi részén és a Duna–Tisza–közén nagyobb arányban fordult elő a *Myzus persicae*, mint az ország keleti és észak-keleti részén.

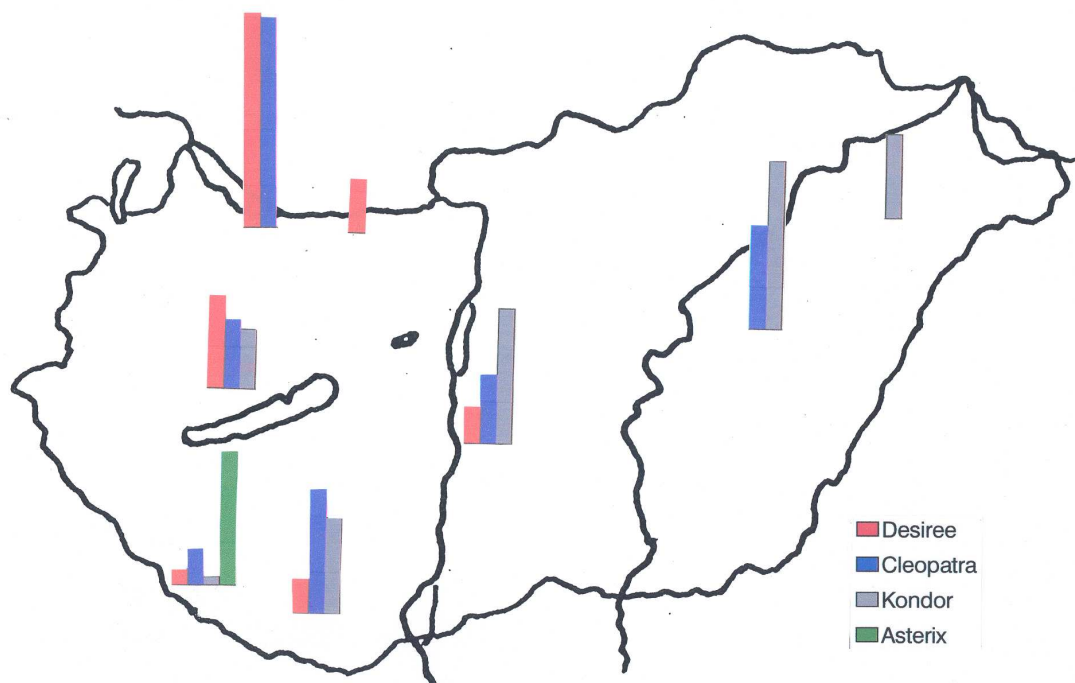
Vannak az országnak olyan területei, ahol a kumulatív vektorintenzitás értéke évjáráttól függetlenül mindig alacsonyabb, mint az ország többi részén. Ezeken a területeken a vetőgumó vírushordozottsága is alatta marad a nagyobb kumulatív vektorintenzitású területeken termelt vetőgumó vírushordozottságának (47., 48., 49. ábrák).

Eredmények megvitatása

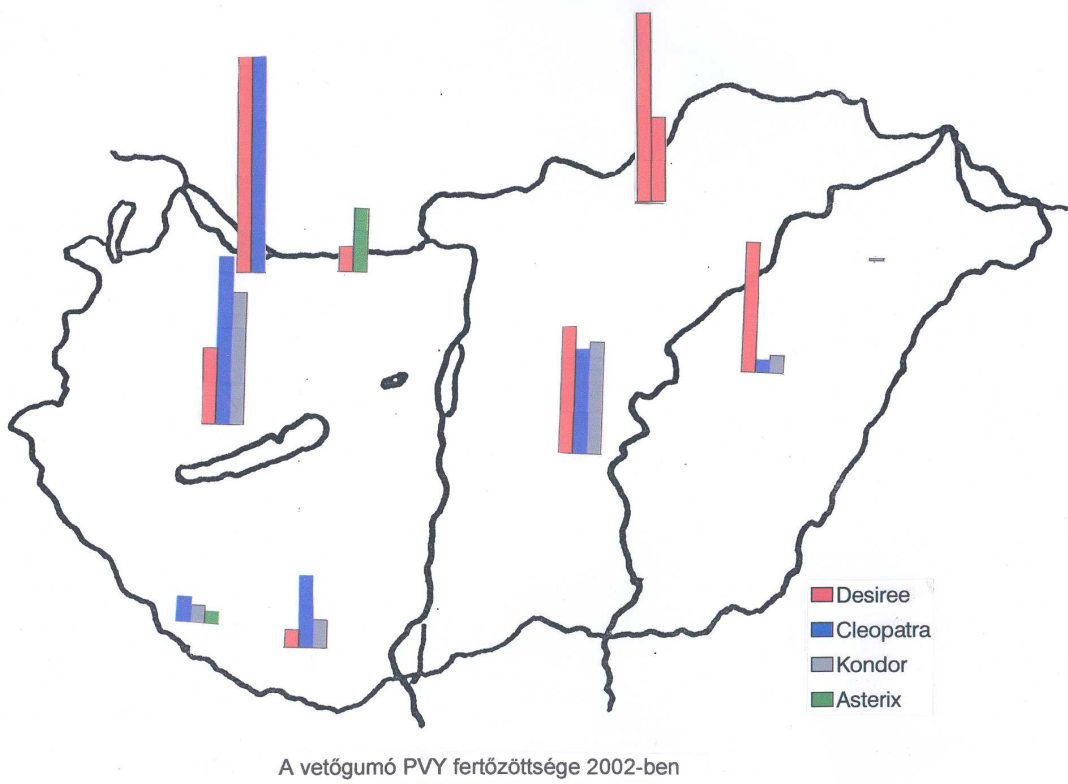
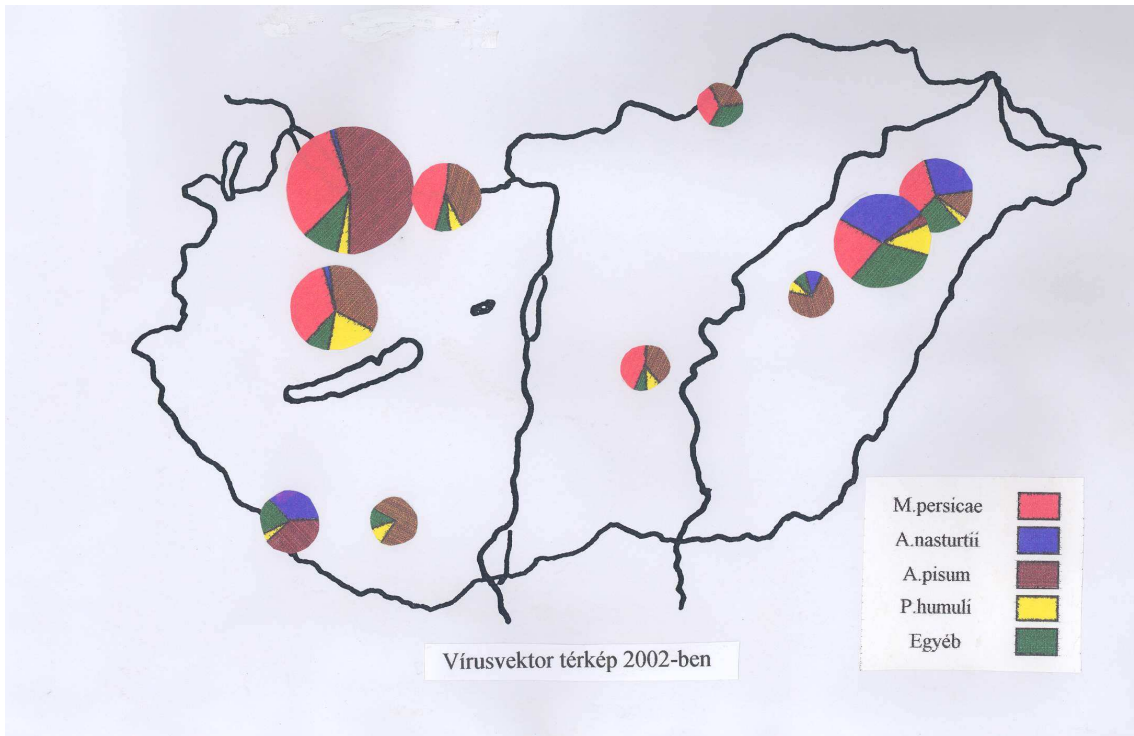
Bagnall (1977) vezette be az érettkori rezisztencia fogalmát. E szerint minél öregebb a növény, annál kisebb annak az esélye, hogy a fertőzött levélből a vírus lejut a gumókba. Feltehetően ez is szerepet játszik abban, hogy a vetőgumók vírushordozottsága alacsony volt 1996-ban, 1997-ben, 1999-ben és 2000-ben. Ezekben az években június végén volt intenzív a vektor aktivitás, a rügydugvány vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy ebben az időpontban repülő vektorok nem okoztak nagymértékű vírushordozást a vetőgumókban. Figyelemre méltó azonban, hogy az érettkori rezisztenciával korrigált vektorintenzitás értékek nem növelték jelentősen a lineáris regresszió analízissel vizsgált összefüggés szorosságát mutató kiigazított R^2 értéket a PVY esetében, a PLRV vonatkozásában az R^2 értéke még csökkent is kis mértékben. Ez viszont arra utal, hogy nem egyértelműen az érettkori rezisztencia következménye az alacsonyabb vetőgumó fertőzöttség ezekben az években.

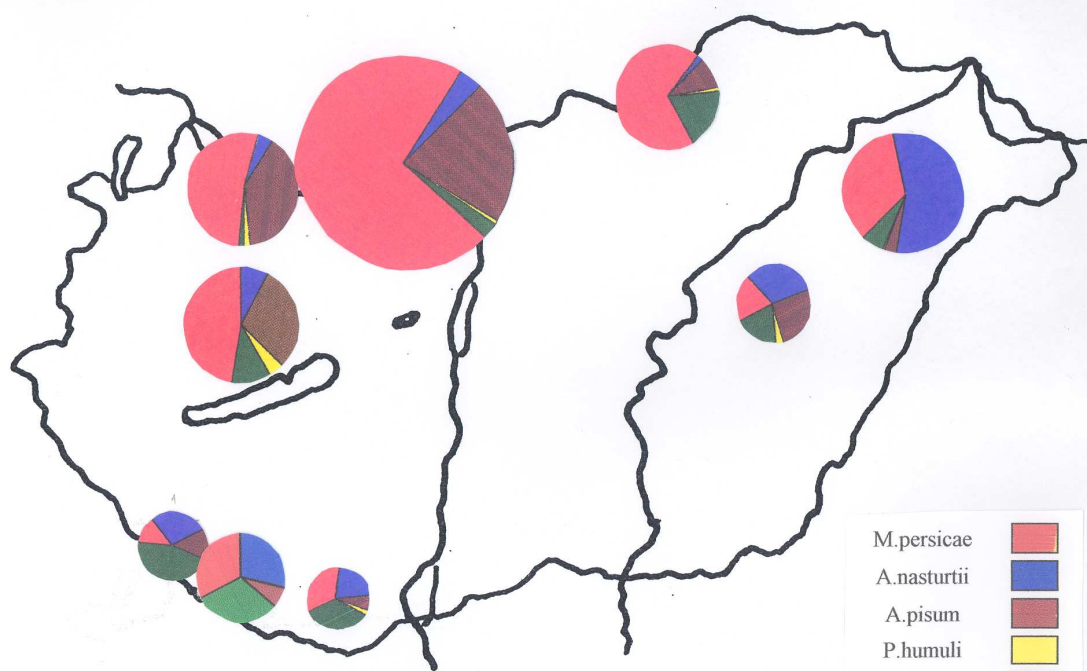


Vírusvektor térkép 2001-ben

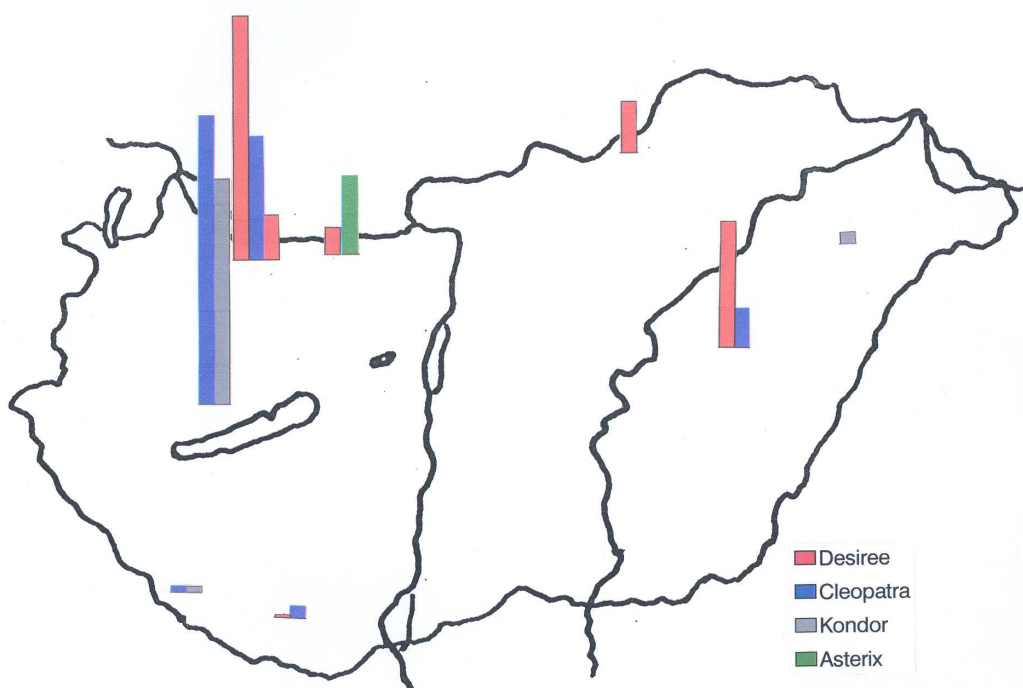


A vetőgumó PVY fertőzöttsége 2001-ben





Vírusvektor térkép 2003-ben



A vetőgumó PVY fertőzöttsége 2003-ban

Az, hogy az érettkori rezisztenciát statisztikailag nem tudtuk bizonyítani, részben magyarázható a fajták genetikai variabilitásával (az egyes fajták PVY fertőzéssel szembeni fogékonysága eltérő), másrészt azzal, hogy az összesített vektorintenzitás számításánál, az egyes levéltetűfajoknál alkalmazott szorzószámokat a PVY^O törzsénél észlelt vírusátviteli értékek alapján dolgozták ki. A PVY^N nagyarányú elterjedése miatt a PVY^N átviteli hatékonyságán alapuló új szorzószámok meghatározására lenne szükség, hogy az összefüggés szorosságát növelhessük.

Statisztikai értékeléseink során a levéltetű adatok: levéltetű fogások száma, PVY vektorfajok egyedszáma, és a kumulatív vektorintenzitás, valamint az érettkor rezisztenciájával korrigált kumulatív vektorintenzitási értékek közel azonos mértékben hatottak a vetőgumó PVY fertőzöttségére. Ennek ellenére a gyakorlatban a vírushatás veszélyének megállapítására csak a kumulatív vektorintenzitási érték alkalmazható eredményesen. Az összes levéltetűszám csak a vegetációs idő végén áll rendelkezésre, az összes PVY vektor egyedszáma szintén a vegetációs idő végén adható meg. Ezzel ellentétben a kumulatív vektorintenzitás értéke minden sárgatál ürítés után meghatározható. A nyolc év vizsgálata során, 98 táblán vizsgált 28 fajta vírushatottsága alapján megállapítható, hogy a kumulatív vektorintenzitás alkalmas a vetőburgonya táblákat fenyegető vírushatási veszély előrejelzésére. Vizsgálati eredményeink alapján megállapítható, hogy azokban az években, amikor a kumulatív vektorintenzitás értéke nem haladta meg a 10-es értéket, a vetőgumó PVY és PLRV fertőzöttsége együttesen megfelelt a szabvány előírásoknak: nem érte el az 5 %-t. Abban az esetben, amikor a kumulatív vektorintenzitási érték eléri a 10-es értéket, a termelőknek 10-12 nap áll rendelkezésre, hogy a szárzúzást és a deszikkálást elvégezzék.

IX. A PVY^O és PVY^N törzseinek összehasonlító vizsgálata vektorhatékonyság és transzlokáció szempontjából

A burgonya Y vírus (PVY) a legfontosabb burgonya patogén vírus a világon. Húsz-harminc évvel ezelőtt az O törzs (PVY^O) volt a leelterjedtebb (Sigvald, 1984). Egy új, a dohányon érnekrózt okozó törzs N (PVY^N) megjelenéséről, Magyarországról Szirmai számolt be a világon először 1958-ban. A PVY^N magyarországi megjelenését követően a 80-as évek közepétől robbanásszerűen terjedt el Európában és Kanadában (Weidemann, 1988; Chrzanowska, 1991; McDonald és Kristjansson, 1993). Beczner és munkatársai 1984-ben a gumón nekrotikus gyűrűs foltosságot okozó PVY^{NTN} törzs magyarországi megjelenéséről számoltak be. A PVY^{NTN} a PVY^N csoportba tartozik (Blanco-Urgoit et al., 1998). A PVY harmadik jól elkülöníthető törzse a C törzs (PVY^C), melynek jellemzője, hogy levéltetűvel nem vihető át (Boonham et al., 2002). PVY átviteli kísérletben Beemster (1976) azt tapasztalta, hogy a vizsgált 4 fajta gumói nagyobb arányban fertőződtek PVY^N-nel, mint PVY^O-val. Számtalan dolgozat foglalkozik a különböző PVY törzsek meghatározásával (Boonham et al., 2002; Walsh et al., 2001; Latorre és Flores, 1985). Ugyanakkor nagyon kevés információ áll rendelkezésre a különböző törzsek transzlokációjára vonatkozóan. Beemster (1976) a gumók fertőzését vizsgálta. De Box és Piron (1977) a tünetek megjelenése és a PVY^O-val ill. PVY^N-nel fertőzött növények relatív vírus koncentrációja közti összefüggést értékelték. Ők azonban a legfelső teljesen kifejlett lomblevelet vizsgálták és nem közöltek információt a vírus transzlokációra vonatkozóan. Új PVY izolátumok alakulhatnak ki mutációval, genetikai rekombinációval vagy az ismert törzsek közti hibridizációval (Glais et al., 2002). A vektor átvihetőségen túl az egyes izolátumok transzlokációjának sebessége is fontos szerepet játszik az izolátumok terjedésében (Robert et al., 2000). A vírusterjedés járványos méretű terjedésében a táblán belüli fertőzési források játszanak elsődleges szerepet (Thresh, 1981).

Vizsgálatunk célja volt, hogy bemutassuk a két törzs transzlokációjában jelentkező különbségeket, továbbá megállapítsuk a különböző levéltetű fajok vírus átvivő képességét a PVY^O és PVY^N törzsekre vonatkozóan. A vizsgálatok sikeres elvégzéséhez szükséges PVY fertőzésre fogékony vírusmentes Vitál burgonya fajtát Hollandiából a fajta tulajdonostól kaptuk.

Vizsgálati anyag és módszer

Izolátumok begyűjtése és fenntartása

A vírusfertőzésre utaló mozaik tüneteket mutató növényekről gyűjtöttünk levélmintákat burgonya vetőgumó termesztő táblákról. A levélmintákat 0,1 M Sörensen pufferben homogenizáltuk (1:5 w/v, pH=7,2). A homogenizátummal mechanikai úton fertőztük a hatleveles *Nicotiana tabacum* Xanthi-nc (L.) növényeket. Abrázívumként 500 mesh finomságú karborundumot használtunk. Négy héttel a mechanikai átvitel után a tüneteket vizuálisan és ELISA szerológiai módszerrel értékeltük poliklonális anti-PVY antiszérum használatával. A tipikus PVY tüneteket mutató izolátumok levéltetű átvihetőségét *Myzus persicae* Schulz levéltetűvel végzett átvittel ellenőriztük. A levéltetűátvitel négyleveles *Nicotiana tabacum* Xanthi-nc növényekre történt. Izolátumonként 4 növényen történt levéltetű-átvitel. A *M. persicae* átvitel hatékonyságát 6 héttel az átvitel után értékeltük vizuálisan és ELISA szerológiai módszerrel. Anti-PVY^N és anti-PVY^O monoklonális antiszérumot használtunk a PVY^N és PVY^O törzsek elkülönítésére. A PVY^N és PVY^O törzsekre specifikus antiszérumokkal reagáló izolátumok közül kiválasztottuk azokat, amelyeket leghatékonyabban vitt át a *M. persicae* (PVY^O 5 és PVY^N 98) és ezzel a két izolátummal végeztük a továbbiakban a vizsgálatokat.

Myzus persicae levéltetűvel végzett vírusátvitel

Dohányon (*Nicotiana tabacum* Xanthi-nc) ill. káposztán (*Brassica oleracea* L.) nevelt *M. persicae* szárnyatlan imágókat szobahőmérsékleten, sötétben petricsészében tartottuk, hogy a két órás éhezési periódust biztosítsuk a vírus felvétele előtt. Éheztetés után a levéltetveket finom ecsettel PVY^O ill. PVY^N-nel fertőzött *Nicotiana tabacum* Xanthi-nc vírusforrásra raktuk 5 perces vírusfelvételi táplálkozásra. A vírusfelvételi táplálkozást követően egészséges Vitál fajtájú burgonya valamennyi szárának felső kifejlett összetett levelének páratlan, csúcsi levélkéjére helyeztük a levéltetveket finom ecsettel. Minden levélkére 10 vírushordozó levéltetű került. A leveleket, amelyekre a levéltetveket tettük 2 mm átmérőjű lyukkal megjelöltük, hogy a fertőzés helye azonosítható legyen. Egy órával a vírushordozó levéltetvek burgonyára helyezése után a növényeket PIRIMOR[®]-ral kezeltük, hogy a levéltetveket elpusztítsuk. A növényeket vektormentes környezetben neveltük. Hat héttel a levéltetű-átvitel után a növényeket vizuálisan értékeltük és anti-PVY^N és anti-PVY^O monoklonális antiszérum alkalmazásával ELISA szerológiai módszer segítségével határoztuk meg a levéltetű-átvitel sikerét.

A vírus kimutatása a fertőzött növényekből

A vírus kimutatása DAS-ELISA szerológiai módszerrel történt (Clark és Adams, 1977). A homogenizátum készítésekor az 1 g-os növényrészt 0,1 M foszfát pufferben 1:5 w/v (pH=7,2) eldörzsöltük. Minden mintából 200 µl szűrt homogenizátumot pipettáztunk 2 egymás alatt levő üregbe. Az ELISA lemezeket anti-PVY^O ill. anti-PVY^N törzsekre specifikus ellenanyaggal érzékenyítettük (Bioreba). Az extinkciós értékeket 405 nm hullámhosszon Labsystem Multiskan MS spektrofotométerrel mértük.

Normalizált ELISA értékek meghatározása

Minden mintát két vizsgáltunk, a különböző ELISA lemezeken kapott extinció értékek összehasonlíthatósága érdekében a két üreg leolvasott extinció értékének átlagát osztottuk a negatív kontroll üregek extinció értékének átlagával. Az ily módon kapott normalizált ELISA értékeket használtuk a statisztikai értékeléshez.

Myzus persicae-vel végzett vírusátvitel különböző fejlődési stádiumú növényeken

A *M. persicae*-vel végzett átviteli vizsgálatokat izolátor házban talajba vetett gumókból kelt növényeken végeztük. Az egészséges vetőgumókat 50 cm-es tő- és 100 cm-es sortávolságra vetettük. A *M. persicae* átvitel a kelés után 1 héttel, 30 nappal és 45 nappal történt. Mindhárom időpontban 10-10 növényt fertőztünk a PVY^O ill. PVY^N izolátumokkal.

A kelés után egy héttel végzett levéltetű-átvitel a hajtások megjelenése után egy héttel történt, az első összetett levél teljes kifejlődését követően. A vírushordozó *M. persicae* egyedeket az első kifejlett, összetett levél (páratlan) csúcslevélkéjére helyeztük. A kelés után 30 nappal a 13. ízköz feletti kifejlett, összetett levél (páratlan) csúcslevélkéjére ill. a kelés után 45 nappal virágzaskor a 16-18. íz feletti fejlett levél (páratlan) csúcslevélkéjére helyeztük a vírushordozó levéltetveket. Azokon a leveleken, amelyekre a vírushordozó levéltetveket raktuk minden esetben egy 2 mm átmérőjű lyukat fúrtunk. A vírushordozó levéltetvek növényre helyezését követő egy óra múlva a növényeket PIRIMOR[®]-ral kezeltük. A levéltetű átvitel után a növényeket az izolátorházban vektormentes környezetben neveltük. Az ELISA vizsgálathoz a leveleket és a szárazakat a levéltetű átvitel után 30 nappal gyűjtöttük. A *M. persicae*-vel fertőzött leveleket és a levélnyeleket valamint a szár egyes ízközeit külön választottuk. Valamennyi mintából egy grammot használtunk a szövetnedv kivonáshoz az ELISA szerológiai vizsgálathoz. Minden növény gumóit külön zacskóba gyűjtöttük 95 nappal a kelés után. Az utódgumók vírushordozótságát rügydugvány vizsgálattal határoztuk meg.

A vírus kimutatása a kelés után egy héttel fertőzött növényekből

A *M. persicae* átvitelt követő 7. és 11. napon egy-egy fertőzött levelet és a fertőzött levél nyelét gyűjtöttük be ELISA szerológiai vizsgálatra. A levéltetű átvitel után 11 és 14 nappal egy-egy szárat a talaj szintjénél levágtunk és az ízeket feldaraboltuk. Ebben az időpontban a szárok 9 ízközből álltak. Mind a levelekből, levélnyelekből ill. a feldarabolt szárok ízközeiből 1-1 g-ot mértünk ki a homogenizátum készítéséhez.

A vírus kimutatása a kelés után 30 nappal ill. 45 nappal, a virágzáskor fertőzött növényekből

A kelés után 30 ill. 45 nappal fertőzött növényekből növényenként három szárat vágunk le a talajfelszín felett 30 nappal a levéltetű átvitel után. Az egyes ízközökből 1 g növényanyagból (szárból) készítettük a homogenizátumot ELISA szerológiai vizsgálatra.

Vírus kimutatása a gumókból rügydugvány vizsgálattal

A gumók betakarítása 95 nappal a kelés után történt. Valamennyi növény összes gumóját külön zacskóba gyűjtöttük. A betakarítás után egy hónappal a gumók korona részét kiválytuk, 1 %-s tiokarbamid+1ppm gibberellin oldatban áztattuk 10 percig, majd csapvizes öblítést követően szaporító ládába vetettük. A kelés után 1 hónappal begyűjtött levélminták alapján meghatároztuk az egyes gumók vírusfertőzöttségét ELISA szerológiai módszerrel.

A vírus kimutatása előcsíráztatott gumók csíráinak mechanikai úton ill. Myzus persicae-vel történt fertőzése után.

Mindkét izolátum esetében 5-5 gumót fertőztünk mechanikai átvittel. A mechanikai átvitel PVY^O ill. PVY^N izolátumokkal, *M. persicae*-vel fertőzött burgonya növények leveléből készült inokulummal történt. Az egyes izolátumokkal fertőzött leveleket 0,1 M Sörensen foszfát pufferben 1:5 w/v (pH=7,2) homogenizáltuk. Abrázívumként 500 Mesh finomságú karborundumot használtunk. Minden előcsíráztatott gumónak egy csíráját fertőztük mechanikailag.

M. persicae átvitelhez az előcsíráztatott gumókat polietilén zacskóba csomagoltuk egyenként úgy, hogy mindössze egy csíra maradt szabadon gumónként. A szabadon maradt csírákra helyeztük a vírushordozó levéltetveket vírus átviteli táplálkozásra. Egy óra elteltével a gumókat kicsomagoltuk és PRIMOR-ral kezeltük.

A növényeket a kelés után 1, 2, 4 és 7 héttel vizuálisan értékeltük. ELISA vizsgálatokat a kelés után 7 héttel végeztünk növényenként 3-3 kifejlett felső levelet

vizsgáltunk. A növények gumóit 95 nappal a kelés után növényenként külön zacskóba helyeztük a betakarításkor. A gumók fertőzöttségét rügydugvány vizsgálattal határoztuk meg.

Statisztikai értékelés

Az adatokat két ill. háromutas variancia analízissel értékeltük. Lineáris regresszió analízissel vizsgáltuk a kölcsönhatást a levelek és gumók vírusfertőzöttsége között. (A levelek normalizált ELISA értéke volt a folytonos változó, az izolátum és a fertőzés időpontja pedig kategórikus változó).

A különböző levéltetű fajok átviteli hatékonyságának vizsgálata

A vizsgálathoz az egészséges vetőgumókat 5 l-es műanyag cserepekbe vetettük, a cserepeket egymástól 50 cm-es tő- és 100 cm-es sortávolságra helyeztük el vektormentes izolátorházban.

Különböző levéltetű fajok PVY^O ill. PVY^N átviteli képességének vizsgálatához a levéltetveket gazdanövényeikről gyűjtöttük be (23. táblázat). Tizenöt levéltetűfaj vírusátvivő képességét vizsgáltuk mindkét izolátum vonatkozásában. Az *Aphis fabae*, *Brevicoryne brassicae*, *Sitobion avenae* és *Rhopalosiphum padi* kivételével a levéltetű fajok PVY átvivő képességét eddig még nem vizsgálták.

A vírusforrás valamennyi levéltetű fajnál egyetlen PVY^O-val ill. PVY^N-nel fertőzött magas vírus titer értéket mutató növény volt. A gazdanövényükről begyűjtött levéltetű fajok szárnyatlan imágóit szobahőmérsékleten, sötétben petricsészében tartottuk, hogy biztosítsuk a vírus felvétele előtt a két órás éhezési periódust. Éheztetés után a levéltetveket finom ecsettel PVY^O ill. PVY^N-nel fertőzött, ELISA szerológiai módszerrel meghatározott magas víruskoncentrációval rendelkező vírusforrásra raktuk 5 perces vírus felvételi táplálkozásra. A különböző levéltetűfajokkal végzett átvitel a kelés után 1 héttel történt, amikor az első összetett levél teljesen kifejlődött. A vírus felvételi táplálkozást követően egészséges Vitál fajtájú burgonya valamennyi szárának felső kifejlett összetett levelének páratlan, csúcsi levélkéjére helyeztük a levéltetveket finom ecsettel. Minden szár felső kifejlett összetett levelének csúcslevelére 10 vírushordozó levéltetű került. A leveleket, amelyekre a vírushordozó levéltetveket tettük 2 mm átmérőjű lyukkal megjelöltük, hogy a fertőzés helye beazonosítható legyen. Egy órával a vírushordozó levéltetvek burgonyára helyezése után a növényeket PRIMOR[®]-ral kezeltük, hogy a levéltetveket elpusztítsuk. Ezt követően a cserepeket visszavittük a vektormentes izolátorházba és itt neveltük tovább az ELISA szerológiai módszerrel végzett vizsgálatokhoz történő mintavételig.

22. táblázat A PVY^N és PVY^O izolátumok átvitelénél vizsgált levéltetű fajok

| Levéltetű faj | Gazdanövény |
|---|-----------------------------|
| <i>Aphis rumicis</i> L. | <i>Rumex acetosa</i> L. |
| <i>Aphis sambuci</i> L. | <i>Sambucus nigra</i> L. |
| <i>Aphis spiraeicola</i> Patch | <i>Spiraea media</i> Schm. |
| <i>Aphis spiraeophaga</i> del Guercio | <i>Spiraea media</i> Schm. |
| <i>Aphis fabae</i> Scop. | <i>Spinacia oleracea</i> L. |
| <i>Aphis fabae cirsiacanthoidis</i> Scop. | <i>Cirsium arvense</i> (L.) |
| <i>Aphis pomi</i> de Geer | <i>Malus pumila</i> Mill. |
| <i>Brevicoryne brassicae</i> (L.) | <i>Brassica napus</i> L. |
| <i>Myzus cerasi</i> (Fabr.) | <i>Cerasus avium</i> L. |
| <i>Myzus ligustri</i> (Mosley) | <i>Ligustrum vulgare</i> L. |
| <i>Diuraphis noxia</i> (Kurdjumov) | <i>Hordeum vulgare</i> L. |
| <i>Sitobion avenae</i> (Fabr.) | <i>Hordeum vulgare</i> L. |
| <i>Schizaphis graminum</i> (Rondani) | <i>Hordeum vulgare</i> L. |
| <i>Rhopalosiphum padi</i> (L.) | <i>Hordeum vulgare</i> L. |
| <i>Macrosiphum rosae</i> (L.) | <i>Rosa canina</i> L. |

A növények vírusfertőzöttségét a levéltetű-átvitel után 2, 4 és 6 héttel vizuálisan értékeltük. Hat héttel a levéltetű átvitelt követően növényenként három szárról begyűjtöttük a legfelső teljesen kifejtett levelet ELSA szerológiai vizsgálatra. A gumókat növényenként külön takarítottuk be. A gumók vírusfertőzöttségét a rügydugvány vizsgálatnál ismertetett módszerrel végeztük.

Eredmények

A kelés után 1 héttel fertőzött növények vírusfertőzöttsége

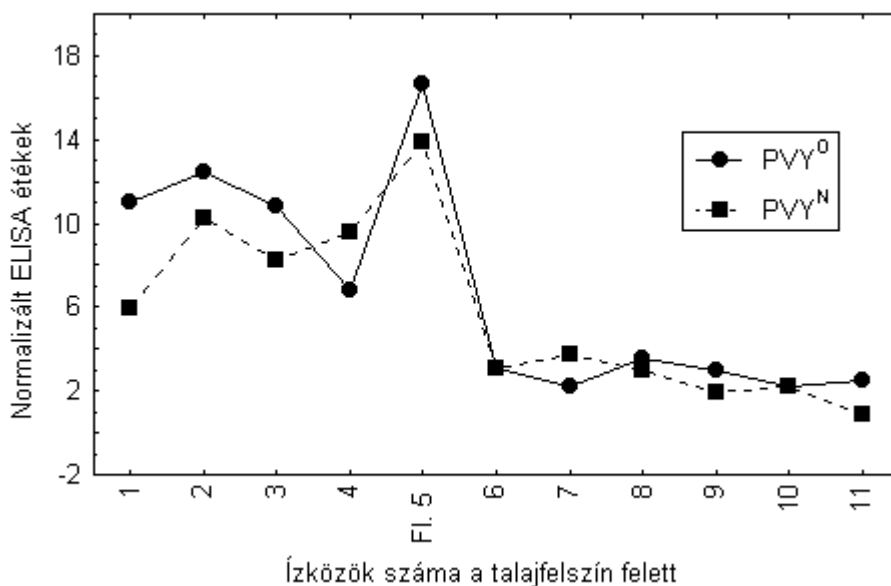
A kelés után egy héttel fertőzött növényeknek csak abból a leveléből ill. ahhoz a levélhez tartozó levélnyélből tudtuk a vírust kimutatni a fertőzés után 7 ill. 11 nappal, amelyre a vírus hordozó levéltetveket helyeztük (50. ábra). Azoknak a leveleknek a normalizált ELISA értékét, amelyekre a vírus hordozó levéltetveket helyeztük szignifikánsan befolyásolta a mintavételi időpont 7 és 11 nappal a *M. persicae* átvitel után: ($df=72$, $F=6,95$, $P=0,01$).

Ugyanakkor sem az izolátum, sem a növényrész (fertőzött levél, ill. a fertőzött levél nyele) nem volt szignifikáns hatással a normalizált ELISA értékekre ezekben az időpontokban: ($df=72$, $F=0,21$, $P=0,64$) és ($df=72$, $F=0,60$, $P=0,13$). Ez azt jelenti, hogy a levéltetű átvitel követő 11 napon belül nem volt különbség a két izolátum replikációja között (50. ábra).

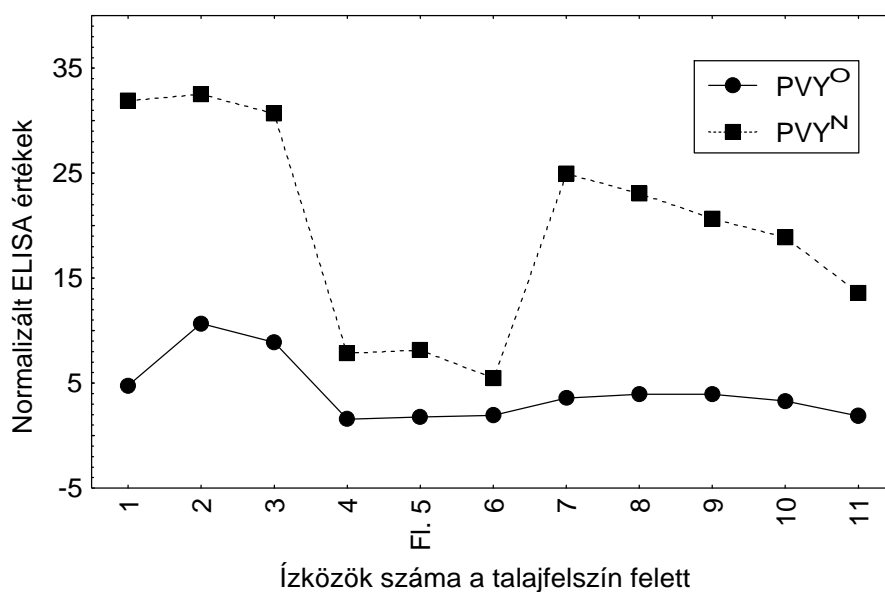
Közvetlenül a fertőzött levél alatti és feletti ízközök normalizált ELISA értékeit nem befolyásolta szignifikánsan az izolátum és a mintavételi időpont sem 11 és 14 nappal a *M. persicae* átvitel után: ($df=36$, $F=1,47$, $P=0,23$) és ($df=36$, $F=2,46$, $P=0,12$), valamint ($df=36$, $F=0,39$, $P=0,53$) és ($df=36$, $F=2,37$, $P=0,13$).

Közvetlenül a fertőzött levél alatti és feletti ízközök normalizált ELISA értékeit nem befolyásolta szignifikánsan az izolátum és a mintavételi időpont sem 11 és 14 nappal a *M. persicae* átvitel után: ($df=36$, $F=1,47$, $P=0,23$) és ($df=36$, $F=2,46$, $P=0,12$), valamint ($df=36$, $F=0,39$, $P=0,53$) és ($df=36$, $F=2,37$, $P=0,13$).

A *M. persicae* átvitel után 11 és 14 nappal az ízközök normalizált ELISA értékeinek három utas ANOVA vizsgálata során a mintavételi időpont, az izolátum és az ízközök helyzete szignifikáns hatással volt az ízközök normalizált ELISA értékeire: ($df=396$, $F=26,77$, $P=0,00$) és ($df=396$, $F=42,94$, $P=0,00$) valamint ($df=396$, $F=55,68$, $P=0,00$).



50. ábra A kelés után 7 nappal *Myzus persicae* átvitelével PVY^O és PVY^N törzsekkel fertőzött növények ízközeinek normalizált ELISA értékei 11 nappal a vírusátvitel után



51. ábra A kelés után 7 nappal *Myzus persicae* átvitelével PVY^O és PVY^N törzsekkel fertőzött növények ízközének normalizált ELISA értékei 14 nappal a vírusátvitel után

A mintavételi időpont x izolátum, valamint a mintavételi időpont x ízközök helyzete kölcsönhatások is szignifikánsak voltak: ($df=396$, $F=55,68$, $P=0,00$) és ($df=396$, $F=3,70$, $P=0,00$).

Tizenegy nappal a *M. persicae* átvitel után a normalizált ELISA értékek azoknál a leveleknél voltak a legmagasabbak, amelyeken a vírushordozó levéltetvek táplálkoztak függetlenül attól, hogy melyik izolátummal történt a levéltetű átvitel (50. ábra).

A víruskoncentráció magasabb volt az alacsonyabban levő ízközökben és sokkal alacsonyabb a fertőzött levél feletti ízközökben (50. ábra). A *M. persicae* átvitel után 14 nappal a normalizált ELISA értékek nagymértékben emelkedtek a PVY^N izolátummal fertőzött növényekben. A legmagasabb értékek a fertőzött levél alatti ízközökben jelentkeztek, majd ezt követte a fertőzött levél feletti ízközök normalizált ELISA értéke. A normalizált ELISA értékek relatíve alacsonyabbak voltak két héttel a *M. persicae* átvitelt követően a fertőzött levelekben és közvetlenül a fertőzött levél felett ill. alatt levő ízközökben (51. ábra). A normalizált ELISA értékek sokkal magasabbak voltak a PVY^N-nel fertőzött növényekben, mint a PVY^O-val fertőzöttekben (51. ábra).

A különböző fejlődési stádiumban fertőzött levelek és ízközök vírusrészlettel való fertőzöttsége

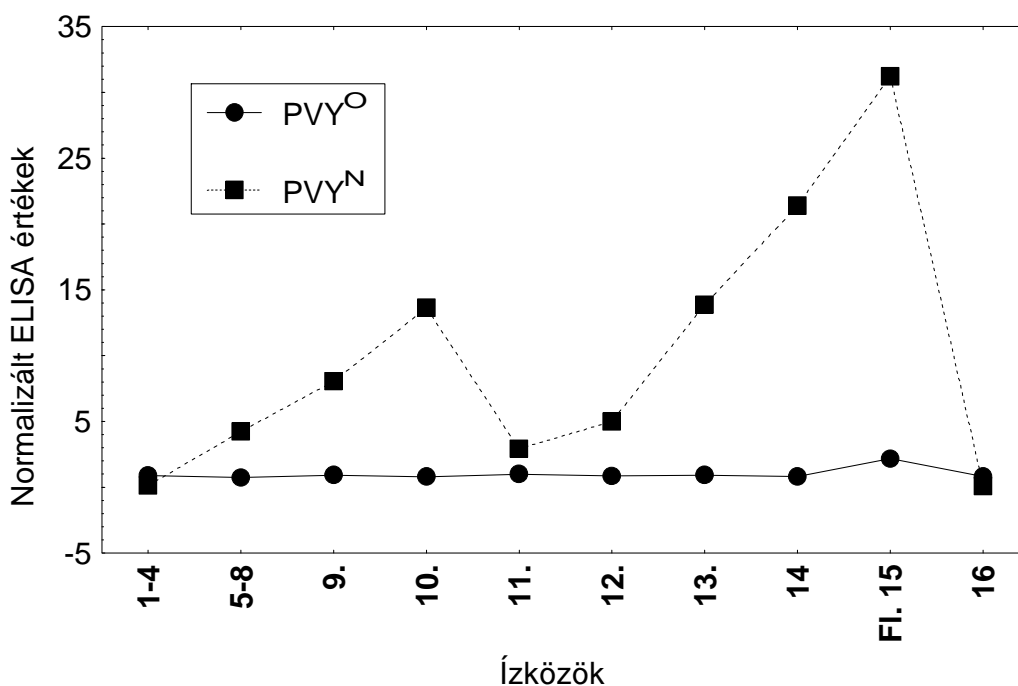
A kelés után fertőzött növények vírusrészlettel való fertőzöttsége

A PVY^O törzsével a kelés után egy héttel fertőzött növényeknek csak az inokulált leveléből lehetett kimutatni a vírust 30 nappal a fertőzés után. Ezzel ellentétben a PVY^N a csúcslevél kivételével valamennyi nódusból kimutatható volt. A fertőzés után 30 nappal szignifikáns különbség volt a PVY^N-nel és PVY^O-val fertőzött növények legfelső kifejlett levelének normalizált ELISA értékei között ($df=54$, $F=4396,63$, $P=0,000$). Azonban a levelek és az ízközök normalizált ELISA értékei nem különböztek egymástól szignifikánsan ($df=54$, $F=0,63$, $P=0,53$). A PVY^N 30 nap alatt szisztémizálódott a növényben, ezzel szemben a PVY^O csak a fertőzött levelekben lokalizálódott.

A kelés után 30 ill. 45 nappal fertőzött növények vírusrészlettel való fertőzöttsége

A PVY^N-nel fertőzött növények normalizált ELISA értékei sokkal magasabbak voltak, mint a PVY^O-val fertőzött növényeké (52. ábra). A normalizált ELISA értékek a fertőzési időponttól függetlenül magasak voltak a PVY^N-nel fertőzött növényeknél. A vírus koncentráció a legfelső levelekben valamint a talajszint feletti nóduszokban volt a legalacsonyabb (53. ábra).

A különböző időpontban fertőzött növények különböző ízközeinek normalizált ELISA értékeire szignifikáns hatással volt a fertőzés időpontja és az izolátum (két utas ANOVA: $df=240$, $F=110,40$ $P=0,00$). Az izolátum x fertőzési időpont kölcsönhatás is szignifikáns volt.

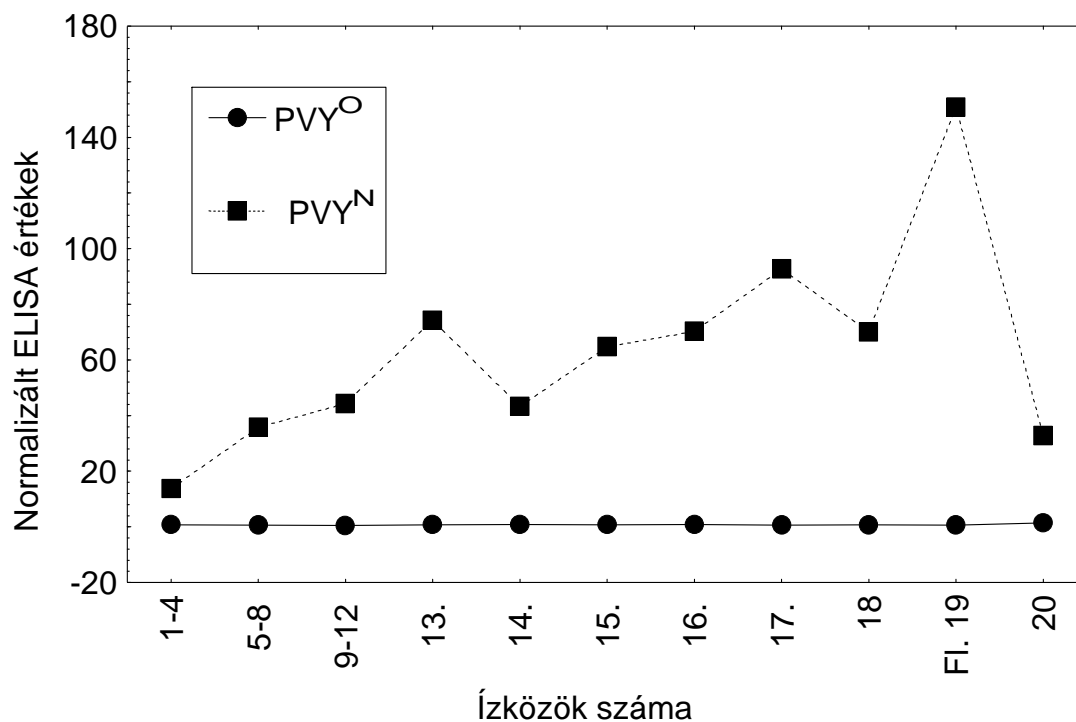


52. ábra A PVY^O és PVY^N törzsekkel a kelés után 30 nappal *Myzus persicae* átvitelrel fertőzött növények különböző ízközeinek normalizált ELISA értékei 30 nappal a fertőzés után

($df=240$, $F=23,15$ $P=0,00$). Ugyanakkor az ízközök helyzete nem befolyásolta szignifikánsan az ízközök normalizált ELISA értékeit ($df=240$, $F=0,63$ $P=0,37$).

A gumók vírusfertőzöttsége sokkal nagyobb arányú volt a PVY^N-nel fertőzött növényeknél, mint a PVY^O-val fertőzött növényeknél (24. táblázat). PVY^N-nel fertőzött növényeknél a vírusfertőzött gumók aránya 44,01 % volt. A gumóknak megközelítően 90 %-a fertőzött volt azoknál a növényeknél, amelyeknél a kelés után egy héttel történt a *M. persicae* átvitel. Sokkal kisebb volt a gumók vírusfertőzöttsége a kelés után 30 nappal fertőzött növényeknél, míg a kelés után 45 nappal fertőzött növényeknél ismét nőtt a fertőzött gumók aránya (24. táblázat). A gumóknak mindössze 6,73 %-a volt PVY^O-val fertőzött. A fertőzött gumók többsége azok alatt a növények alatt fejlődött ki, amelyeken a *M. persicae* átvitel a kelés után egy héttel történt. Az idősebb korban fertőzött növények gumói között kisebb volt a vírusfertőzött gumók aránya. Az a jelenség, hogy csak a fiatal korban fertőzött növények gumója mutatott PVY^O fertőzöttséget az idősebb növény PVY^O törzssel szemben tanúsított rezisztenciájával magyarázható (Beemster, 1976; Siegvold, 1985). A PVY^N esetében a kelés

után 45 nappal fertőzött növények gumóinak közel 40 %-a bizonyult vírusfertőzöttnek. Ennek a törzsnek a fertőzését az idősebb növény rezisztenciája nem tudja a PVY^O-val azonos mértékben csökkenteni.



53. ábra A PVY^O és PVY^N törzsekkel a kelés után 45 nappal *Myzus persicae* átvitelrel fertőzött növények különböző ízközeinek normalizált ELISA értékei 30 nappal a fertőzés után

24. táblázat A PVY-nal fertőzött gumók %-s aránya a különböző fejlődési stádiumban végzett *Myzus persicae* átvitelnél

| Növény fejlődési stádiuma <i>Myzus persicae</i> átvitelkor | Vírus fertőzött gumók %-s aránya | |
|--|----------------------------------|------------------|
| | PVY ^O | PVY ^N |
| 7 nappal a kelés után | 14,50 | 89,62 |
| 30 nappal a kelés után | 4,54 | 13,42 |
| 45 nappal a kelés után | 2,00 | 40,50 |

Szignifikáns összefüggést mutattunk ki a lineáris regresszió analízissel a levelek és gumók vírusfertőzöttsége között (25. táblázat). A vizsgált tényezők (izolátum, a növény kora fertőzéskor és a levelek normalizált ELISA értéke) 30%-t magyarázták a PVY fertőzés változásának. Az izolátum és a fertőzési időpont, mint kategórikus változó és a levelek normalizált ELISA értéke, mint folytonos változó szignifikáns hatással voltak a gumók vírusfertőzöttségére (25. táblázat). Az anyanövények levelének nagyobb arányú vírusfertőzöttségével nagyobb arányú utódgumó fertőzöttség járt együtt a PVY^N esetében.

25. táblázat A burgonya gumó PVY fertőzöttségét szignifikánsan befolyásoló tényezők

| Tényezők | <i>F</i> | <i>P</i> |
|--|----------|----------|
| A levelek normalizált ELISA értékei | 3,89 | 0,04 |
| Izolátum | 31,97 | 0,00 |
| A növény kora <i>M. persicae</i> átvitelkor | 1,11 | 0,00 |
| Izolátum x a növény kora <i>M. persicae</i> Átvitelkor | 9,54 | 0,00 |

Megjegyzés: A lineáris regresszió analízis szignifikáns összefüggést mutatott. (Kiigazított $R^2=0.30$, $df=6,293$, $F=22,87$, $P=0.00$ a teljes modellre).

A csírázáskor fertőzött növények vírusfertőzöttsége

Egyetlen levélen sem jelentkeztek mozaik tünetek egy héttel a kelés után, amikor az első összetett levelek kifejlődtek. Nem voltak vírusfertőzésre utaló tünetek a mechanikailag fertőzött növényeken egyik izolátum esetében sem (26. táblázat). Két héttel a kelés után nem voltak mozaik tünetek a PVY^O-val fertőzött növényeken, viszont a PVY^N-nel fertőzött növények közül 3 növénynek 1-1 hajtása mutatott mozaik tüneteket (26. táblázat). Négy héttel a kelés után megjelent az első vírusfertőzésre utaló tünet egyetlen hajtáson a PVY^O-val fertőzött növények között. Ugyanebben az időpontban a PVY^N-nel fertőzött növények hajtásainak 50 %-án jelentkeztek mozaik tünetek. Hét héttel a levéltetű átvitel után a PVY^N-nel fertőzött növények hajtásainak 80 %-án voltak mozaik tünetek. Ez azt jelentette, hogy az 5 *M. persicae*-vel fertőzött növényből az átvitel 4 növénynél sikeres volt. Annak ellenére, hogy mindössze egyetlen rügyét fertőztük meg minden gumónak a *M. persicae* átvitel során, azoknál a gumóknál, ahol a vírus átvitel sikeres volt 7 héttel a kelés után a vírus

transzlokálódott minden egyes szárba (26. táblázat). A PVY^O jelenlétét viszont csak egyetlen szárból tudtuk kimutatni, a PVY^O-val fertőzött szárok aránya 3,5 % volt. Ennek ellenére a *M. persicae* átvitel eredményeként nagyarányú utódgumó fertőzés jelentkezett függetlenül az izolátumtól. A *M. persicae* átvitel a PVY^N izolátum esetében 80 %-t meghaladó mértékű hajtás fertőzöttséget eredményezett, ezeknek a növényeknek az utódgumói 79,66 %-s PVY^N fertőzöttséget mutattak. Bár a PVY^O csak a hajtások 3,5 %-ából volt kimutatható, ennek ellenére az utódgumók 78,26 %-a bizonyult vírusfertőzöttnek. A lineáris regresszió analízis ezért nem mutatott ki összefüggést a levelek és a gumók fertőzöttsége között.

Egyetlen mechanikailag fertőzött hajtás sem vált vírusfertőzötté (26. táblázat).

26. táblázat PVY^O és PVY^N átvitel és transzlokáció a gumónként egyetlen, mechanikai úton ill. *Myzus persicae*-vel fertőzött hajtáskezdeményből kiindulva.

| Hét a kelés után | Mechanikai átvitel | | | | | | <i>Myzus persicae</i> átvitel | | | | | |
|------------------------|--------------------|----------------|------------|------------------|----------------|------------|-------------------------------|----------------|------------|------------------|----------------|------------|
| | PVY ^O | | | PVY ^N | | | PVY ^O | | | PVY ^N | | |
| | Szárak | | | | | | Szárak | | | | | |
| | Össz. | Fertő- zött | Fert. % | Össz. | Fertő- zött | Fert. % | Össz. | Fertő- zött | Fert. % | Össz. | Fertő- Zött | Fert. % |
| 2 | 18 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 16 | 3 | 18,75 |
| 4 | 38 | 0 | 0 | 33 | 0 | 0 | 28 | 1 | 3,50 | 36 | 18 | 50,00 |
| 7 | 38 | 0 | 0 | 33 | 0 | 0 | 28 | 1 | 3,50 | 36 | 29 | 80,55 |
| | Gumók | | | | | | Gumók | | | | | |
| | 52 | 0 | 0 | 45 | 0 | 0 | 46 | 36 | 78,26 | 59 | 47 | 79,66 |

Megjegyzés: Nincs szignifikáns összefüggés az anyanövények levelének normalizált ELISA értékei és az utódgumók vírusfertőzöttsége között (Kiegyenlített R^2 érték=1 $df=2$, 97 $F=0$ $P \geq 0,05$).

A különböző levéltetű fajok vírusátvivő képessége

A PVY^N izolátumot a legtöbb vizsgált levéltetűfaj átvitte (54. ábra, 27. táblázat), az *A. rumicis*, *A. sambuci*, *B. brassicae* és a *S. avenae* azonban nem vitte át egyik PVY izolátumot sem. A gumók sem bizonyultak vírusfertőzöttnek e levéltetű fajokkal történt átviteli vizsgálatoknál. A gumók vírusfertőzöttsége a sikeres vektoroknál 90,90 és 100,00 % között változott, kivétel az *A. spiraephaga*, amelynél 6,25 % volt a fertőzött gumók aránya.

Csak az *A. fabae cirsiacanthoides*, *M. cerasi* és *M. ligustri* tudták átvinni a PVY^O-t. Ezekkel a fajokkal fertőzött növényeknél a fertőzött gumók aránya 68,75 %, 52,82 % és 57,14 % volt.

27. táblázat. A különböző levéltetű fajok vírus átvivő képessége a száraz legfelső fejlett levelének ELISA eredményei valamint a gumók rügydugvány vizsgálati eredménye alapján

| Levéltetű fajok | PVY ^O | | PVY ^N | |
|-------------------------------------|------------------|-------|------------------|-------|
| | Fertőzöttségi % | | Fertőzöttségi % | |
| | Száraz | Gumók | Száraz | Gumók |
| <i>Aphis rumicis</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Aphis sambuci</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Aphis spiraephaga</i> | 0 | 0 | 0 | 6,25 |
| <i>Aphis spiraecola</i> | 0 | 0 | 18,20 | 100 |
| <i>Aphis fabae</i> | 0 | 0 | 88,9 | 100 |
| <i>Aphis fabae cirsiacanthoides</i> | 39,30 | 68,75 | 80 | 100 |
| <i>Aphis pomi</i> | 0 | 0 | 21,40 | 100 |
| <i>Brevicoryne brassicae</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Myzus cerasi</i> | 0 | 52,82 | 25,00 | 90,90 |
| <i>Myzus ligustri</i> | 30,00 | 57,14 | 76,50 | 96,36 |
| <i>Diuraphis noxia</i> | 0 | 0 | 66,70 | 100 |
| <i>Sitobion avenae</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Schizaphis graminum</i> | 0 | 0 | 55,55 | 100 |
| <i>Rhopalosiphum padi</i> | 0 | 0 | 9,10 | 100 |
| <i>Macrosiphum rosae</i> | 0 | 0 | 40,90 | 100 |

Megjegyzés: A különböző levéltetű fajokkal végzett PVY^O és PVY^N átviteleknél a legfelső kifejlett lomblevelék normalizált ELISA értékeire szignifikánsan hatott az izolátum és a levéltetű faj: ($df=150$, $F= 12,31$ $P=0,00$, $df=150$, $F= 161,80$ $P=0,00$,). A levéltetűfaj x izolátum kölcsönhatás is szignifikáns volt: ($df=150$, $F= 11,72$ $P=0,00$). Az izolátum és a levéltetűfaj szignifikánsan hatottak az utódgumókból kelő növények levelének normalizált

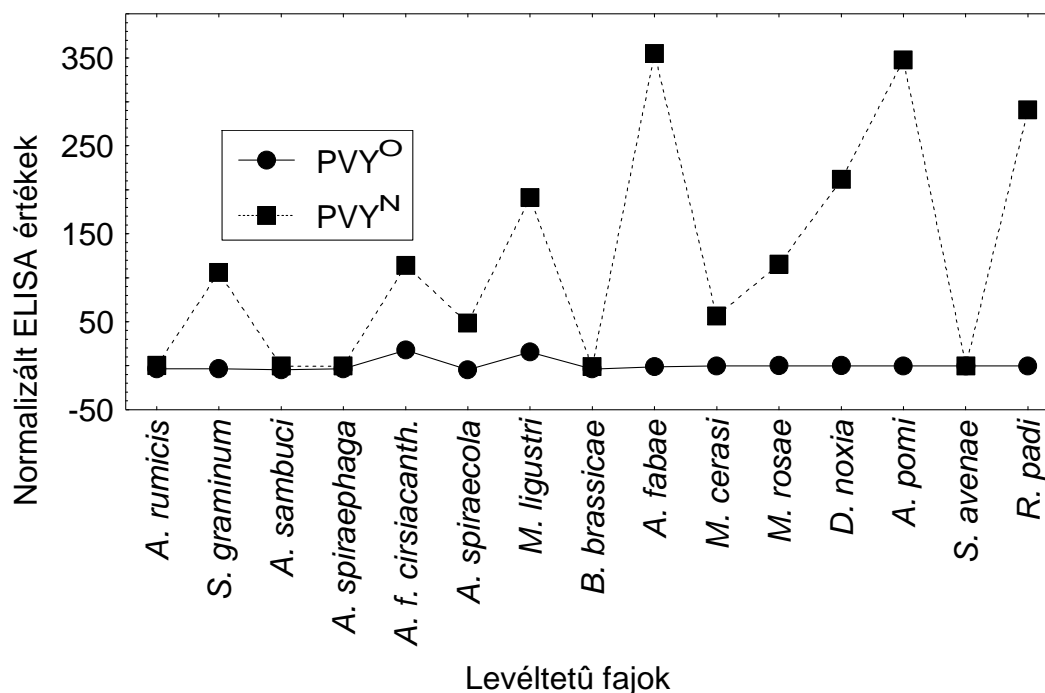
ELISA értékére ($df=1470$, $F=837,68$ $P=0,00$ és $df=1470$, $F=97,05$ $P=0,00$). A levéltetűfaj x izolátum kölcsönhatás is szignifikáns volt ($df=1470$, $F=72,81$ $P=0,00$).

A lineáris regresszió analízis szignifikáns összefüggést igazolt a levelek és a gumók vírusfertőzöttsége között. Mind a levéltetű fajok, mind az izolátumok szignifikánsan hatottak az utódgumók vírusfertőzöttségére (28. táblázat).

28. táblázat A különböző tényezők hatása a gumók vírus fertőzöttségére

| Tényezők | <i>F</i> | <i>P</i> |
|-------------------------------------|----------|----------|
| A levelek normalizált ELISA értékei | 127,14 | 0,00** |
| Levéltetű fajok | 26,79 | 0,00** |
| Izolátum | 57,84 | 0,00** |
| Izolátum x Levéltetű fajok | 15,82 | 0,00** |

Megjegyzés: ** a tényező szignifikáns hatással van a gumók vírusfertőzöttségére



54. ábra A normalizált ELISA értékek a különböző levéltetű fajokkal PVY^N és PVY^O törzssel végzett levéltetű átvitelek esetén

Eredmények megvitatása

A kompatibilis gazda-vírus kapcsolatban a PVY-nal fertőzött burgonya növényekben a vírusfertőzés után megkezdődik a vírus replikációja. A vírus akkor szisztemizálódik a növényben, amikor a virionok sejtről-sejtre történő terjedéssel elérik a növény floém elemeit, és belépnek a szállító edényekbe. Mihelyt a vírus belépett a floémbe, az asszimilátumokkal passzívan szállítódik a növény további részeibe (Carrington et al., 1996; Knoblauch és van Bel, 1998; Oparka és Turgeon, 1999).

Vizsgálatunkban a kelés után egy héttel fertőzött növényekben a víruskoncentráció mindkét izolátum esetében a fertőzött levélben és a fertőzött levél nyelében volt a legnagyobb 11 nappal a fertőzés után. Ez azt igazolja, hogy a levéltetvek mindkét izolátumot átvitték és mindkét izolátum replikálódott a fertőzött levélben. Az ízközök ELISA szerológiai vizsgálatával igazoltuk, hogy a vírus a fertőzött levelekből a gyökerek és a gumók felé szállítódik először, és csak ezután indul el felfelé, a fejlődő levelek felé. Ez a jelenség ismert volt a PVY és más vírusok vonatkozásában is (Silva és munkatársai, 2002).

A növények különböző fenológiai stádiumában végzett levéltetű átviteli kísérletek is nagy különbségeket mutattak ki a két izolátum között. A PVY^N izolátummal fertőzött gumók aránya 44,01 % volt, míg a PVY^O esetében ez az érték 6,73 % volt. A PVY^O-val a fertőzött gumók aránya nagyobb volt a fiatalabb növények fertőzése esetén, idősebb korban fertőzött növények gumói kisebb fertőzöttségi %-t mutattak. Ez arra utal, hogy a növények idősebb korban kevésbé fogékonyak a PVY^O fertőzésre. Ezt a jelenséget korral szerzett rezisztenciának (az érett növény rezisztenciájának) nevezik (Beemster, 1976). Bár a PVY^N esetében a kelés után 45 nappal fertőzött növények gumóinak vírus fertőzöttségi %-a megközelítően a fele volt a kelés után egy héttel fertőzött növényeknél tapasztaltak, ebben az esetben a korral szerzett rezisztencia nem védte meg a gumókat a nagy arányú vírusfertőzéstől (40 %-s gumó fertőzöttség).

Az előcsíráztatott gumók rügyeinek fertőzésekor a két izolátum azonos mértékben fertőzte a gumókat annak ellenére, hogy a PVY^O nem volt jelen kimutatható koncentrációban, a levelekben.

Az *A. fabae*-n, *B. brassicae*-n és a *R. padi*-n kívül a vizsgálatban szereplő levéltetű fajok PVY átvivő képességét még eddig nem vizsgálták. Az újonnan vizsgált 12 fajból 9 faj sikeresen átvitte a PVY^N-t. Ezek a fajok a következők: *S. graminum*, *A. fabae cirsiacanthoidis*, *A. spiraephaga*, *A. pomi*, *A. spiraecola*, *M. ligustri*, *M. cerasi*, *M. rosae* és

D. noxia. Ezek a fajok új vektorai a PVY^N-nek. Ezzel szemben csak az *A. fabae cirsiacanthoidis*, *M. ligustri*, *M. cerasi* vitték át a PVY^O-t.

A PVY^O és PVY^N törzsek transzlokációja között alapvető különbséget igazoltunk vizsgálatainkkal. Csak a csírákban végzett levéltetű átvitel eredményezett azonos mértékű, 80 %-t megközelítő utódgumó fertőzöttséget mindkét izolátum esetében. A csírákban végzett vizsgálatnál 1-2 cm-es utat kellett a virionoknak megtenni, hogy bekerüljenek az anyagumóba. A közel 80 %-s utódgumó fertőzés arra utal, hogy ezt a távolságot mindkét izolátum sikerrel megtette. Az egyhetes 8-10 cm magas növények csúcslevelére helyezett levéltetvek sikerrel leadták a vírust mindkét izolátum esetében. Ennek a 15 cm-es távolságnak (szár+levélnyel hossza) megtételében a PVY^N hatszor bizonyult sikeresebbnek, mint a PVY^O. A virágzó növények fertőzésénél, amikor 100-120 cm-t kellett megtenni a virionoknak, hogy bejussanak az utódgumóba, húszszor bizonyult sikeresebbnek a PVY^N, mint a PVY^O.

Az egyhetes, 30 napos és 45 napos korban fertőzött növények gumófertőzöttségi eredményei alapján megállapítható, hogy a fertőzési ponttól lefele irányuló vírus transzlokáció nagymértékben gátolt a PVY^O izolátum esetében a PVY^N-hez képest. A csírákban fertőzött növények hajtásainak vírusfertőzöttsége azt igazolja, hogy a felfele irányuló transzlokáció is nagymértékben gátolt a PVY^O izolátumnál a PVY^N-hez képest.

Az izolátumok között jelentkező különbség oka lehet a vírus sejtről-sejtre vagy nagy távolságra történő terjedésének gátlása. A dohány karcos vírus és néhány más potyvírus floómen belüli mozgását blokkolhatja, pl. a segítő proteináz (helper component) (HC-Pro) mutációja (Cronin és munkatársai, 1995; Sáenz és munkatársai, 2002). A HC-Pro-nak számtalan funkciója van a gazda-vírus kölcsönhatásokban, szerepe van a levéltetű átvitelben, valamint a vírus sejtről-sejtre ill. a rostacsövekben nagy távolságra történő terjedésében. Ennek alapján nem zárható ki, hogy a PVY^O kisebb mértékű transzportja és gyengébb átviteli hatékonysága a HC-Pro protein rendellenességének vagy hiányosságának a következménye.

Járványtani szempontból a vírusoknak a legfontosabb tulajdonságai a levéltetű átvihetősége és a transzlokálódó képessége. Ennek a vizsgálatnak az eredményei magyarázatot adnak arra, hogy hogyan vált a PVY^N a legelterjedtebb PVY izolátummá Európában az elmúlt 30 évben. A PVY^N gyorsabban transzlokálódott a fertőzött levelekből a növény más részeibe, mint a PVY^O. Ez azt eredményezte, hogy a táblán belüli vírusforrások száma nagymértékben megnőtt a PVY^N esetében, összehasonlítva a PVY^O-val. A belső vírusforrások számának növekedése magasabb gumó fertőzöttséget eredményezett, ami pedig a PVY^N gyors elterjedését vonta maga után.

Öszefoglalás

I. A gabonalevéltetvek repülési aktivitásának vizsgálata szívócsapdával

Magyarországon és Angliában

A légkörben repülő levéltetvek egyedsűrűségének vizsgálatához kifejlesztett Rothamsted típusú szívócsapda 12,2 m-es magasságból óránként 3000 m³ levegőt szív be. Európában 70 ilyen csapdából álló hálózattal követik nyomon a levéltetvek távolsági repülését. Kézenfekvő volt a gondolat, hogy a déli országokban uralkodó magasabb hőmérséklet miatt várhatóan korábban bekövetkező rajzás alapján következtetni lehet az északabbra fekvő országokban később várható levéltetű aktivitásra. Ebből a célból hasonlítottuk össze a levéltetű rajzást az 1990 és 1997 közötti időszakban a szolnoki és a rothamstedi szívócsapdák fogási eredményei alapján.

Három gabonakártevő levéltetűfaj repülési aktivitása alapján megállapítottuk, hogy a gabona érése által kiváltott rajzás 1-3 héttel előbb kezdődik Szolnokon, mint Rothamstedben.

A szívócsapdák eredményei mindhárom vizsgált gabona-levéltetű fajnak három rajzáscsúcsát mutatták ki mindkét országban. A *S. avenae* és *M. dirhodum* fajoknak mindig a nyári rajzáscsúcsa volt a legnagyobb. A *R. padi* esetében mind a nyári, mind az őszi rajzás nagyon intenzív volt, egyes években a nyári, más években az őszi rajzáscsúcs volt nagyobb.

A vizsgált fajok közül a *S. avenae* rajzásánál volt a legjobb az egybeesés a két vizsgálati helyszínen a fogások időbeli megoszlása között. A rajzáscsúcsok között az eltolódás ennél a fajnál 0 és 3 hét között változott. Ez a viszonylag jó egybeesés feltehetően a faj életmódjának következménye. Mivel a *S. avenae* az érés előtt a kalászokban, a szemeken és a kalásztengelyeken táplálkozik, ez a faj hagyja el legkésőbb az érő gabonákat.

A *M. dirhodum* rajzásánál észleltük a legnagyobb időeltolódást. Volt olyan év amelyben a rajzáscsúcs egy héttel korábban jelentkezett Angliában, mint Magyarországon, az évek többségében azonban a hazai rajzáscsúcs 4-5 héttel megelőzte az angliait.

A *R. padi* rajzások között volt a legkisebb az egybeesés, a nyolc évből 4 évben egyáltalán nem volt egybeesés, mert a nyári és őszi rajzáscsúcsok nagysága váltakozott a két országban.

Annak ellenére, hogy a nyolcéves rajzásadatok átlaga alapján a *R. padi* és *S. avenae* fajok rajzáscsúcsa 2 héttel, a *M. dirhodum*-é 3 héttel később jelentkezett Angliában, mint Magyarországon, az egyes évek közti eltérések miatt a levéltetű rajzás északi országokban történő időbeni lefolyására nem következtethetünk a délebbre fekvő területeken észlelt rajzásadatokból, mivel a levéltetvek rajzását nagymértékben befolyásolják olyan helyi tényezők, melyekben kiszámíthatatlan eltérések vannak a földrajzilag távolos területek között.

II. A predátorok és parazitoidok hatása a különböző gabona-levéltetű fajok

egyedszámára védett és kitett körülmények között

Vizsgálatunkban mesterséges levéltetű-fertőzést követően izolátorral borított és szabadon fejlődő búzanövényeken szárba indulástól az érésig követtük nyomon a levéltetvek, predátorok és parazitoidok egyedsűrűségét.

Rhopalosiphum padi, *Metopolophium dirhodum*, *Sitobion avenae* és *Diuraphis noxia* 5 szárnyatlan imágójával fertőztük a szárbaindulás kezdetén 10-12 hajtásból álló búzacsomókat. A mesterséges levéltetű fertőzést követően a növények felét izolátorhálóval

elkerítettük, a másik felét szabadon hagytuk. A mesterséges levéltetű fertőzés után egy hónappal hetenként gyűjtöttünk be növényeket, hogy meghatározzuk az izolált és szabadon hagyott növényeken élő levéltetvek és predátorok valamint parazitoidok számát. A talaj felszínén levágott búzaszálakat Berlese tölcsekbe tettük, a növényeket elhagyó levéltetveket a Berlese tölcsek alján levő gyűjtőüvegekben fogtuk fel. A parazitoidok gyűjtésére futtatókat használtunk.

A *R. padi*, *S. avenae*, *M. dirhodum* és *D. noxia* egyedszáma szignifikánsan nagyobb volt a mesterségesen fertőzött izolált növényeken, mint az izolálatlanokon. A különbség fő oka feltehetően az volt, hogy az izolált növényeken kialakult szárnyas imágók nem tudták a növényt elhagyni, ezért helyben szaporodtak tovább. Az izolátorok gátolták a természetes ellenségek elvándorlását is, ezért az izolátorháló alatt fejlődő növényeken a természetes ellenségeknek szignifikánsan nagyobb egyedsűrűsége alakult ki, mint az izolálatlan növényeken.

A predátorok és parazitoidok túlnyomó részét az izolátorokból gyűjtöttük be, ennek ellenére az izolátorokban a levéltetvek egyedszáma sokszorosan meghaladta az izolálatlan növényeken jelentkező egyedszámot. Az izolátorokban talált nagyszámú levéltetű arra utal, hogy a levéltetvek felszaporodását az izolátorhálóban rekedt természetes ellenségek nem tudták megakadályozni.

A mesterséges levéltetű fertőzés ellenére az izolálatlan növényeken az őshonos gabona levéltetvek egyedszáma a kártételi küszöb alatt maradt. A természetes ellenségek az izolálatlan növényeken a mesterséges fertőzés ellenére is képesek voltak az őshonos gabona levéltetvek egyedszámát kártételi küszöb alatt tartani. Ugyanakkor az orosz búza-levéltetű (*D. noxia*) 10-20-szor nagyobb egyedszámban volt jelen, mint az őshonos gabona-levéltetvek. Ennek fő oka az lehet, hogy a besodrott levelek védelmében táplálkozó *D. noxia*-hoz a predátorok nehezen férnek hozzá.

A *R. padi* és *C. septempunctata* egyedszáma között feltárt szignifikáns negatív összefüggés azt igazolja, hogy a *C. septempunctata* hatékonyan csökkentette a *R. padi* egyedszámát. Az *A. ervi* és *S. avenae* egyedszámait közötti szignifikáns negatív összefüggés arra utal, hogy ez a parazitoid hatékonyan korlátozza a *S. avenae* egyedszámát az izolálatlan növényeken. Ezzel szemben a *R. padi*-n és *D. noxia*-n alig találtunk parazitoidot.

Nagyobb hiperparazitoid/parazitoid arányt észleltünk a szabad növényeken, mint az izoláltakon. A szabad növényeken észlelt nagyobb hiperparazitoid/parazitoid arányból arra lehet következtetni, hogy újabb hiperparazitoidok érkeztek a növényekre a vegetációs időszak előrehaladtával.

III. A gabona állománysűrűségének és a természetes ellenségek kizárásának hatása a

Diuraphis noxia (Kurdjumov) és *Rhopalosiphum padi* (L.) populációk alakulására

Az orosz búza-levéltetű magyarországi megjelenését követően csak egy rosszul kelt tavaszi árpa állományban szaporodott fel olyan mértékben, hogy számottevő kárt okozzon. Ez indokolta, hogy megvizsgáljuk a gabona állománysűrűségének a *D. noxia* egyedszámára gyakorolt hatását.

Kis és nagy állománysűrűségű, 120 és 220 kg/ha-os vetőmag mennyiséggel vetett tavaszi árpában a mesterséges *D. noxia* fertőzés és a mintavétel a II. fejezetben ismertetett módszerrel történt. A *D. noxia* mellett a természetes *R. padi* fertőzés ért el olyan mértéket, hogy az állománysűrűség és az izoláció hatását statisztikai módszerekkel értékelni lehetett.

A *D. noxia* egyedszáma szignifikánsan nagyobb volt a kis állománysűrűségű árpában, mint a nagy állománysűrűségűben. Az állománysűrűség nem hatott szignifikánsan a *R. padi* szaporodására. A két levéltetűfaj között nem volt közvetlen kölcsönhatás, mert a

gazdanövény eltérő helyein táplálkoztak: a *D. noxia* a legfiatalabb növényrészeken a besodródott levelek védelmében, a *R. padi* pedig a kifejtett, kiterült levelek fonákán. Az izolált növényeken szignifikánsan nagyobb volt a *D. noxia* és *R. padi* egyedszáma, mint az izolálatlanokon, mert az izolátorok megakadályozták, hogy a kialakult szárnyas imágók új tápnövényekre repüljenek. A kísérlet során a levéltetveket egy entomopatogén gomba, a *Pandora neoaphidis* támadta meg. A *P. neoaphidis* entomopatogén gomba fertőzöttség mértéke mindkét levéltetűfaj esetében szignifikánsan nagyobb arányú volt az izolált növényeken, mint az izolálatlanokon, mert az izolált növényeken kialakult népes levéltetű kolóniákban a *P. neoaphidis* egyedsűrűség függő módon, nagyobb mértékben szaporodott fel.

Annak ellenére, hogy a *R. padi* egyedeinek 35, a *D. noxia* egyedeinek 50 %-a mutatta a *P. neoaphidis* fertőzés tüneteit, a mikózis késői fellépése miatt a levéltetvek kártételét a *P. neoaphidis* fertőzöttség nem akadályozta meg.

IV. A levéltetvek táplálkozásának hatása a búza sütőipari minőségére

A levéltetű kártétel következtében a növényeken nem csak mennyiségi, hanem minőségi változások is bekövetkeznek. Vizsgálatunk célja a különböző levéltetűfajok által károsított növények terméséből készített lisztben a búza sütőipari minőségét meghatározó glutenin, gliadin mennyiségében beálló változások vizsgálata volt.

A *Rhopalosiphum padi*, a *Sitobion avenae* és a *Diuraphis noxia* 5 szárnyatlan imágójával a szárbaindulás kezdetén fertőzött 10-12 hajtásból álló búzacsomók izolálása és mintavételezése a II. fejezetben ismertetett módon történt azzal a különbséggel, hogy az egyes levéltetű fajokkal fertőzött növények felét, levéltetű-fajonként 50 növényt, éréskor takarítottuk be. A gabona-levéltetvekkel mesterségesen fertőzött, éréskor betakarított növények termését külön zacskóba gyűjtöttük. A kalászból kiszedett szemekből FQC-Micro scale laboratóriumi malommal őrleményt készítettünk, majd a 150-200 µm-os mérettartományba eső lisztből SE-HPLC eljárással meghatároztuk a minták glutenin és gliadin tartalmát.

A különböző levéltetű fajok egyedszáma június 5 és 26 között volt a legnagyobb. A *D. noxia* populációk növekedése a szárbaindulás alatt volt a leggyorsabb (687 egyed/izolátor). Egyedszáma ezt követően folyamatosan csökkent a búza éréséig. Ez a faj a gyorsan növő levelek védelmében él és szaporodik.

A 6 izolátor átlaga alapján számított *Rhopalosiphum padi* egyedszám június 19-én volt a legnagyobb (934 egyed/izolátor). A *S. avenae* egyedszáma június 26-án volt a legnagyobb, 226 egyed izolátoronként. A *S. avenae* a kalászokban táplálkozik a tejesérés során.

A lisztben lévő glutenin mennyisége és minősége a tészta keverési tulajdonságaira hat, míg a gliadin mennyisége és minősége elsősorban a kenyér térfogatát befolyásolja.

A glutenin és gliadin tartalom valamint a gliadin/glutenin arány alakulására szignifikáns hatással volt a vizsgált levéltetűfajok károsítása. Az LSD teszt azt mutatta, hogy a glutenin tartalom szignifikánsan nagyobb volt a *R. padi* által fertőzött növények terméséből készült lisztben, mint a fertőzetlen kontrollban. A gliadin tartalom azonban nem változott szignifikánsan a levéltetű fertőzés hatására a kontrollhoz képest.

A gliadin/glutenin arány szignifikánsan nagyobb volt az egészséges növényekből készült lisztben, mint a *D. noxiával*, *R. padival* és *S. avenaevel* fertőzött növények terméséből készültben. Szignifikáns különbség volt a gliadin/glutenin arány tekintetében a *D. noxia* és *R. padi* valamint *S. avenae* által károsított növények között.

Vizsgálatunkban elsőként bizonyítottuk a glutenin, gliadin tartalom és a gliadin/glutenin arány változását a levéltetű táplálkozás hatására a fertőzésmentes kontrollhoz képest.

V. Biotípus és kártételi szint közötti különbségek a magyar és a dél -afrikai orosz
búza-levéltetű populációk között

A levéltetvek esetében gyakori jelenség, hogy a rezisztens fajtákon is képesek különböző mértékű károkat okozni. Azt a populációt, amely képes az adott kártevő elleni rezisztenciával rendelkező növényeket jelentősen károsítani, esetleg elpusztítani a kártevő biotípusának tekintjük.

Vizsgálatunk célja volt, hogy különböző rezisztencia típusok vizsgálatára alkalmas módszerekkel meghatározzuk a Magyarországon és Dél-Afrikában élő orosz búza-levéltetű populációk között észlelhető biotípus különbségeket.

Meghatároztuk *Diuraphis noxia* fertőzéssel szemben fogékony magyar Isis tavaszi árpa, Betta dél-afrikai őszi búza és *D. noxia* rezisztens SST 333 őszi búza fajtákon levél izolátorokban nevelt imágók napi utódprodukciónak és összes utódszámát. Az említett fajtákat szögcsíra állapotban fertőztük 1-1 *D. noxia* imágóval. A fertőzés után 1 héttel, 10 nappal és 14 nappal meghatároztuk a levágott növények tömegét és felületét a kezeletlen kontrollhoz viszonyítva.

A rezisztencia nemesítésben alkalmazott módszerekkel végzett vizsgálatokban 3 fogékony magyar, 1 fogékony dél-afrikai és 3 rezisztens dél-afrikai és 1 rezisztens amerikai fajta szerepelt. Valamennyi rezisztens fajtában különböző rezisztenciaforrásból származott a rezisztencia.

A Dél-Afrikában honos orosz búza-levéltetű dinamikusabban szaporodott és rövidebb idő alatt szülte meg utódait, mint a Magyarországon élő. Ennek ellenére az orosz búza-levéltetű károsítása következtében Magyarországon nagyobb mértékben csökkent a növények tömege és a levelek felülete, mint Dél-Afrikában. A levélfelület csökkenés a levelek besodródásának következménye.

A Magyarországon honos orosz búza-levéltetű súlyosan károsította a rezisztens SST 333 fajtát, valamint az SST 333 fajta *D. noxia* rezisztencia forrását: a PI 262660 nemesítési vonalat. Valamennyi rezisztens fajta súlyosan károsodott a Magyarországon honos orosz búza-levéltetű fertőzése következtében. A Dél-Afrikában és az Amerikai Egyesült Államokban rendkívül erős orosz búza-levéltetű rezisztenciával rendelkező rezisztens kontrollként használt Halt fajta károsodott a legnagyobb mértékben Magyarországon, ez a fajta már két héttel a fertőzés után elpusztult.

Magyarországon az antibiózis vizsgálatok során csak a rezisztens Caledon fajta mutatott valamelyes levéltetű szaporodást gátló hatást. Dél-Afrikában több fajta csökkentette szignifikánsan az orosz búza-levéltetű utódszámát, ezek: a fogékony MV Magvas, a rezisztens Caledon, SST 333 és Halt fajták.

A tolerancia tesztben Magyarországon nagyobb mértékben szaporodtak a levéltetvek, mint Dél-Afrikában.

Magyarországon a növények hossza a rezisztens SST 972 fajtánál csökkent a legnagyobb mértékben, ezt követte a rezisztens Caledon, majd a fogékony MV 17. Ezeknek a fajtáknak a hossza szignifikánsan nagyobb mértékben csökkent a többi fajtához képest, a csökkenés mértéke meghaladta az 50 %-ot. Dél-Afrikában egyik fajtának sem csökkent szignifikánsan a hossza a többihez képest.

Magyarországon a Caledon, Halt, Betta és MV 17 fajták levélfelülete csökkent szignifikánsan nagyobb mértékben a többi fajtához képest, ezeknek a fajtáknak a levélfelület csökkenése 60-70 % között mozgott. A növények száraz tömege 35-40 %-kal csökkent az orosz búza-levéltetű fertőzés hatására.

Az antixenózis, antibiózis és a növényeken jelentkező tünetek alapján értékelt rezisztencia szintek együttes hatását kifejező Növényi Rezisztencia Index a magyarországi *D. noxia*-val végzett kísérletekben esetében sokkal kisebb volt (1,43 - 2,8), mint a dél-afrikai *D.*

noxia esetében. Dél-Afrikában a legnagyobb Növényi Rezisztencia Indexe a rezisztens amerikai Halt fajtának volt (7,23), ezt követte 5,13-as értékkel a rezisztens Caledon, majd 4,10-es értékkel a rezisztens SST 972.

A Magyarországon élő orosz búza-levéltetű súlyosan károsítja azokat a búza fajtákat, amelyekben a *D. noxia* rezisztencia a PI 262660, PI 137739 és PI 372129 rezisztencia forrásokból származik. Ez arra utal, hogy a kártevőnek agresszívebb biotípusa él Magyarországon, mint Dél-Afrikában.

Az Amerikában nemesített, rendkívül erős orosz búza-levéltetű rezisztenciával rendelkező Halt fajta Magyarországon két héttel a fertőzés után elpusztult. Ez azt bizonyítja, hogy a hazánkban honos orosz búza-levéltetű az Amerikában honos orosz búza-levéltetűtől is eltérő biotípus.

VI. A szilvahimlő vírus vektorai és a vírusterjesztésben játszott szerepük

Vizsgálataink során arra kerestünk választ, hogy a hazánkban előforduló levéltetű fajok közül mely fajok játszhatnak szerepet a sharka vírus (*Plum pox virus* PPV) természetes terjedésében. Ezért 1993-tól 1996-ig vizsgáltuk a szárnyas levéltetvek rajzását, valamint egy PPV-vel 100 %-osan fertőzött szilvásban a vektor aktivitást.

A sharka vírus (*Plum pox virus*) járványtanának tanulmányozása során a Szolnokon üzemelő Rothamsted típusú szívócsapdával végzett levéltetű rajzásvizsgálattal megállapítottuk, hogy a szívócsapda 1993-tól 1996-ig az ismert PPV vektorok közül a *Hyalopterus pruni*-t fogta a legnagyobb egyedszámban. A szilván élő *Hyalopterus pruni*-t és az őszibarackon élő *Hyalopterus amygdali*-t morfológiai bélyegek alapján nem lehet egymástól elkülöníteni, ezért a vizsgálatok során a *Hyalopterus pruni* vektorhatékonysági értékét (13 %) vettük alapul az összesített vektorintenzitási értékek meghatározásánál. A vektorintenzitási vizsgálatok során a *H. pruni* rossz hatékonysággal vitte át a PPV-t. Ennek ellenére a PPV terjesztésében a *H. pruni* fontos szerepet játszik, mert nagy egyedszámban fordul elő.

Az újonnan leírt vektorfajok közül a legnagyobb hatékonysággal az *Uroleucon achilleae* és az *Aphis nasturti* vitték át a PPV-t. A két faj közül az *Aphis nasturti* nagyarányú vektorhatékonysága a faj viszonylagos gyakorisága miatt figyelemreméltó. A *Myzus cerasi* 16 %-os hatékonysággal vitte át a PPV-t. Noha a faj nem túl gyakori, de vektorhatékonysága miatt két évben is jelentős szerepet játszott az összesített vektorintenzitási érték alakításában. A PPV járványok szempontjából valószínűleg jelentős a gabonát tömegesen elhagyó, 10 %-os vektorhatékonyságot mutató *Rhopalosiphum padi*. A *Sitobion avenae* vektorhatékonysága szintén 10 %-os volt. Az *Aphis idaei*, *Aphis sambuci*, és *Aphis spiraephaga* a vizsgálat éveiben nem fordultak elő nagy egyedszámban, ezért járványtani szerepük a vizsgálat idején nem volt jelentős.

A fogónövény fertőzöttséggel mért vektoraktivitás az évek többségében egybeesett a PPV vektorfajok rajzás intenzitásának emelkedésével.

Harmincegy levéltetűfaj PPV átviteli képességét vizsgáltuk. A vizsgált 31 levéltetű fajból 12 faj hatékonyan vitte át a PPV-t. A 12 vektorfajból 8 faj a PPV tudományra nézve új vektora. A tudományra nézve új PPV vektorfajok a következők: *Aphis idaei* van der Got., *Aphis nasturtii* Kalt., *Aphis sambuci* L., *Aphis spiraephaga* Müller, *Hyalopterus amygdali* Blanchard, *Myzus cerasi* Fabr., *Sitobion avenae* Fabr., *Uroleucon achilleae* Koch.

Levéltetűvel végzett PPV átviteli vizsgálatok azt mutatták, hogy az átvitel hatékonyságára hatással van a vírusforrás és a fogadó növény is. A PPV epidemiológiájának tanulmányozásához kiválóan alkalmas a GF 301 őszibarack. A növény cserépben nevelhető és akár vírusforrásként akár fogadónövényként (akceptor) könnyen kezelhető, PPV fertőzéssel szembeni fogékonysága miatt ideális tesztnövény PPV átviteli vizsgálatokhoz.

VII. Epidemiológiai vizsgálatok a cukkini sárga mozaik vírussal

A cukkini sárga mozaik vírus (ZYMV) fertőzést 1995-ben észleltük először Magyarországon. Vizsgálatunk célja volt, hogy nyomon kövessük a ZYMV-fertőzés tér- és időbeli terjedését összefüggésben a levéltetvek repülésével, és a vektorok aktivitásával. A vírus idő és térbeli terjedésének tanulmányozására 30 sorban soronként 100 cukkininövényből álló ültetvényt létesítettünk 30X100 m-es területen. A tábla közepére helyeztük el a vírusforrást, a ZYMV-sal mesterségesen fertőzött cukkininövényeket. Az infekciós nyomás mérésére fogónövényként szikleveles fejlettségű cukkini növényeket 1 hetes expozíciós időre helyeztünk el a tábla első harmadára. Az expozíciós idő letelte után a fogónövényeket újjakkal cseréltük ki. A levéltetvek rajzását Moericke-féle sárgatálakkal követtük nyomon.

Az első fogónövények a cukkini kelése után 3 héttel, a 3. expozíciós idő során fertőződtek. A fogónövény fertőzöttségi százaléka 15,3 és 26,6 között változott. A fogónövények 7,5 %-a bizonyult uborka mozaik vírussal (CMV) fertőzöttnek, 38,5 %-a volt cukkini sárga mozaik vírussal fertőzött, kevert CMV és ZYMV-fertőzést a fogónövények 54 %-ából mutattunk ki.

Az *Acyrtosiphon pisum* és *Myzus persicae* rajzáscsúcsa egybeesett a 3. expozíciós idővel, amikor a fogónövény-fertőzéssel mért infekciós nyomás a legerősebb volt. A táblán az első fertőzött növényeket a 4. expozíciós idő alatt észleltük.

Szoros összefüggés volt a sárgatál által egy hónappal korábban regisztrált levéltetűrajzás mértéke és a táblán előforduló vírusfertőzött növények száma között ($R=0,96 < 0,05$).

VIII. A vírusvektor kutatás eredményeinek gyakorlati alkalmazása a burgonyatermesztésben

Az egészséges vetőgumó előállítás elengedhetetlen feltétele az eredményes burgonyatermesztésnek. Munkánk során a szárnyas levéltetvek rajzása alapján meghatároztuk a burgonya vetőgumó termő táblákra nehezedő vírus infekciós nyomást, és összefüggést kerestünk a vírusvektor levéltetvek rajzása és a különböző fajták vírusfertőzöttsége között.

A kumulatív vektorintenzitás számításánál, az egyes levéltetűfajoknál alkalmazott szorzószámokat a PVY^O törzsénél észlelt vírusátviteli értékek alapján dolgozták ki. Statisztikai értékeléseink során a levéltetű adatok: összes fogott levéltetű egyedszáma, PVY vektorfajok egyedszáma, és a kumulált vektorintenzitás, valamint az érettkor rezisztenciájával korrigált kumulatív vektorintenzitási értékek és a vetőgumó PVY fertőzöttsége között közel azonos szintű összefüggést igazoltunk.

A gyakorlatban a vírus fertőzés veszélyének megállapítására csak a kumulatív vektorintenzitási érték alkalmazható eredményesen, mert ez az érték minden sárgatál ürítés után meghatározható.

A nyolc év vizsgálata során 98 táblán vizsgált 28 fajta vírusfertőzöttsége alapján megállapítható, hogy a kumulatív vektorintenzitás alkalmas a vetőburgonya táblákat fenyegető vírus fertőzési veszély előrejelzésére. Azokban az években, amikor a kumulatív vektorintenzitás értéke nem haladta meg a 10-es értéket, a vetőgumó PVY és PLRV fertőzöttsége együttesen nem érte el az 5 %-ot, megfelelt a szabvány előírásoknak. A megfelelő időben végzett szárzúzással megakadályozható, hogy a levélből a vírus bejusson a vetőgumóba.

IX. A PVY^O és PVY^N törzseinek összehasonlító vizsgálata vektorhatékonyság és transzlokáció szempontjából

Vizsgálatunk célja volt, hogy bemutassuk a legelterjedtebb burgonya patogén vírus a *Potato virus Y* két törzsének transzlokációjában jelentkező különbségeket, továbbá megállapítsuk a különböző levéltetű fajok vírus átvívó képességét a PVY^O és PVY^N törzsekre vonatkozóan.

Vizsgáltuk két PVY törzs (PVY^O és PVY^N) transzlokációjában jelentkező különbségeket, és különböző levéltetű fajok vírus átvívó képességét. A kelés után egy héttel fertőzött növényekben a víruskoncentráció mindkét izolátum esetében a fertőzött levélben és a fertőzött levél nyelében volt a legnagyobb 11 nappal a fertőzés után. A levéltetvek mindkét izolátumot átvitték és mindkét izolátum replikálódott a fertőzött levélben.

Az ízközök ELISA szerológiai vizsgálatával igazoltuk, hogy a vírus a fertőzött levelekből a gyökerek és a gumók felé szállítódik először, és csak ezután indul el felfelé, a fejlődő levelek felé.

A PVY^N-nel fertőzött gumók aránya 44,01 % volt, míg a PVY^O esetében ez az érték 6,73 % volt. A PVY^O-val fertőzött gumók aránya nagyobb volt a fiatalabb növények fertőzése esetén, idősebb korban fertőzött növények gumói kisebb fertőzöttségi %-ot mutattak (korral szerzett rezisztencia). PVY^N-nel történő fertőzéskor a korral szerzett rezisztencia nem védte meg kellően a gumókat a nagy arányú vírus fertőzéstől (40 %-os gumó fertőzöttség).

A PVY^O és PVY^N törzsek transzlokációja között alapvető különbséget igazoltunk vizsgálatainkkal. Csak a csírákban végzett levéltetű átvitel eredményezett azonos mértékű, 80 %-ot megközelítő utódgumó fertőzöttséget mindkét izolátum esetében. A csírákban végzett vizsgálatnál 1-2 cm-es utat kellett a virionoknak megtenni, hogy bekerüljenek az anyagumóba. A közel 80 %-os utódgumó fertőzés arra utal, hogy ezt a távolságot mindkét izolátum sikerrel megtette.

Az egy hetes 8-10 cm magas növények csúcslevelére helyezett levéltetvek sikerrel leadták a vírust mindkét izolátum esetében. Ennek a 15 cm-es távolságnak (szár+levélnyel hossza) megtételében a PVY^N hatszor bizonyult sikeresebbnek, mint a PVY^O.

A virágzó növények fertőzésénél, amikor 100-120 cm-t kellett megtenni a virionoknak, hogy bejussanak az utódgumóba, ebben az esetben hússzor bizonyult sikeresebbnek a PVY^N, mint a PVY^O.

Az *Aphis fabae*-n, *Brevicoryne brassicae*-n és a *Rhopalosiphum padi*-n kívül a vizsgálatban szereplő levéltetű fajok PVY átvívó képességét még eddig nem vizsgálták. Az újonnan vizsgált 12 fajból 9 faj sikeresen átvitte a PVY^N-t. Ezek a fajok a következők: *Schizaphis graminum* (Rondani), *Aphis fabae cirsiacanthoidis* Scop., *Aphis citricola* del Guercio, *Aphis pomi* de Geer, *Aphis spiraecola* Patch, *Myzus ligustri* Mosley, *Myzus cerasi* (Fabr.), *Macrosiphum rosae* (L.) és *Diuraphis noxia* (Kurdjumov). Ezek a fajok új vektorai a PVY^N-nek. Ezzel szemben csak az *Aphis fabae cirsiacanthoidis*, *Myzus ligustri*, *Myzus cerasi* vitték át a PVY^O-t.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom tanítómestereimnek Szalay-Marzsó Lászlónak, Victor Frank Eastopnak (Natural History Museum London), akiktől az aphidológiai ismereteket elsajátítottam. Köszönet illeti továbbá Beczner Lászlót és Horváth Józsefet, akik a vektorológia tudományának műveléséhez szükséges alapvető virológiai ismeretek elsajátításában irányítottak. Köszönöm Petr Starynak a parazitoidok meghatározását.

Ezúton mondok köszönetet szerzőtársaimnak Almási Asztériának, Fónagy Adriennek, Gáborjányi Richárdnak, Tóbiás Istvánnak, Ruskó Józsefnek, Richard Harringtonnak, Jorrie Jordannak, Keith Hoppernek, Tanya Saymannak, Thomas Perringnek, hogy a dolgozatban szereplő fejezetek kidolgozásában segítségemre voltak.

Hálás vagyok a Magyar Tudományos Akadémia Növényvédelmi Kutatóintézete vezetésének, hogy a hatékony munkavégzéshez, a lehetőségekhez mért legjobb körülményeket biztosították.

Köszönettel tartozom Hornyákné Valiskó Ágnesnek, aki lelkiismeretes magas színvonalú munkájával segítette a vizsgálatok sikeres elvégzését. Köszönöm továbbá Kádár Ferencnek, Kiss Balázsnak, Schmera Dénesnek azt, hogy segítségükkel a statisztikai értékelés alapjait elsajátíthattam. Köszönöm Kozár Ferencnek a dolgozatomat jobbító kritikai észrevételeit. Köszönöm minden kollegának, aki bármilyen formában segítségemre volt az elmúlt 10 esztendőben.

IRODALOM

- Aalbersberg, Y., K., 1988. Natural enemies and their impact on *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Hemiptera: Aphididae) populations. Bull. Ent. Res. 78, 111-120.
- Abo Kaf, N. 1991. Parasitic Hymenoptera associated with cereal aphids in fields of wheat and barley in the region of Lublin, Poland. In: Polgár, L., Chambers, R. J., Dixon, A. F. G., Hodek, I., (Eds.) Behaviour and impact of Aphidophaga 17-21. SPB Academic Publishing bv, The Hague, The Netherlands.
- Acuña, R. 1993. Outbreaks of plum pox virus in Chile. Conf. on Plum Pox, Bordeaux. EPPO Bulletin 23: 141-146.
- Adlerz, W. C., 1978. Cucurbit potyvirus transmission by alate aphids (Homoptera: Aphididae) trapped alive. J. Econ. Entomol. 80, 87-92.
- Afonina, V. M., Tshernyshev, V. B., Soboleva-Dokuchaeva, I. I., Timokhov, A. V., Timokhova, O. V., Seifulina, R. R., 2001. Arthropod complex of winter wheat crops and its seasonal dynamics. Integrated Control in Cereal Crops IOBC wprs Bulletin 24, 153-163.

- Al Rwahnih, M., Myrta, A., Di Terlizzi, B. and Boscia, D. 2000. First record of plum pox virus in Jordan. 18th International Symposium on Virus and Virus-like Diseases of Temperate Fruit Crops, Canterbury, England, Abstr. 87.
- Alhudiab, K. A., 1997. Studies on zucchini yellow mosaic virus isolated from squash in Al Hassa Oasis. M. Sc. Thesis. Al-Hassa.
- Atanasoff, D. 1932. Sarka po slivite, Edna nova virus a bolest. Jb. Univ. Sofia, Agronom. Fak. 11: 49-70.
- Atanasoff, D. 1934. Mosaic disease of drupaceous fruit trees. Jb. Univ. Sofia, Agronom. Fak. 13: 9-42.
- Atanasoff, D. 1935. Mosaic of stone fruits. Phytopath. Z., 8: 259-284.
- Avinent, L., Sanchis, A., Hermoso de Mendoza, A., Llacer, G. y García, S. 1993. Transmission del virus de la Sharka y sensibilidad varietal en albaricoquero. II. Congreso iberico de ciencias hortícolas, Zaragoza 200-206.
- Bagnall, R. H., 1977. Resistance to aphid-borne viruses in the potato. *In*: Harris, K. F., Maramorosh, K. (eds.) Aphids as Virus Vectors. Academic Press, New York, Sidney, Tokyo, pp. 501-522.
- Basky Z, Hopper, K. R., Jordaan, J. and Saayman, T., 2001. Biotypic differences in Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) between South African and Hungarian agro-ecosystems. Agr Ecosyst Environ 83, 121-128
- Basky Z. 1993a. Incidence and population fluctuation of *Diuraphis noxia* in Hungary, Crop Protection 12, 605-609.
- Basky Zs. 1993b. Az orosz búza-levéltetű (*Diuraphis noxia* Mordvilko) Magyarországon. Növényvédelem 29, 517-526.
- Basky Zs., 1993c. Identification key for alate aphids caught in yellow pan traps. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 28, 71-121.
- Basky Z. 2003a. Predators and parasitoids on different cereal aphid species under caged and no caged conditions in Hungary. *In*: Biology, Ecology and Behaviour of Aphidophagous Insects (Eds. Soarez, A. O., Ventura, M. V., Garcia, V., Hemptinne, J.) Proceedings of the 8th International Symposium on Ecology of Aphidophaga University of the Azores, Ponta Delgada, 1-6 September pp. 95-101.
- Basky Z., 2003b. Biotypic and pest status differences between Hungarian and South African populations of Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) (Homoptera: Aphididae) Pest Manag Sci 59, 1152-1158.

- Basky Zs. 2003c. Az orosz búza-levéltetű (*Diuraphis noxia* (Kurdjumov)) előfordulása árpa sárga törpülés vírussal fertőzött növényállományban. *Növényvédelem* 39 (10). 479-484.
- Basky Zs., Szalay-Marzsó L., 1987. Study of isolation mechanisms in the *Hyalopterus pruni* and *Hyalopterus amygdali* complex. In: Holman, J., Pelikán, J., Dixon, A.F.G. and Weismann, L.: Population Structure Genetics and Taxonomy of Aphids and Thysanoptera. Proceedings of International Symposia, held at Smolenice, Czechoslovakia, September 9-14. 1985. 370-375.p. SPBB Academic publishing, The Hague, The Netherlands 542. pp.
- Basky Z., Nasser, M. A. K., 1989. The activity of virus vector aphids on Cucumbers. *Agricultura, Ecosystems and Environment*. 25, 337-342.
- Basky Z., Raccah, B., 1990. The epidemiology of aphid transmitted pepper pathogen viruses in Hungary. Proceedings Aphid-Plant Interactions Populations to Molecules. Stillwater, Oklahoma USA August 12-17. 314.
- Basky Z., Eastop, V. F., 1991. *Diuraphis noxia* in Hungary. Newsletter Barley Yellow Dwarf 4, p. 34.
- Basky Z., Eastop, V. F., 1995. *Diuraphis noxia* and other cereal aphids in Hungary. *Journal of Aphidology* 5, 1-8.
- Basky Z., Jordaan, J. 1997. Comparison of the development and fecundity of Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) in South Africa and Hungary, *Journal of Economic Entomology* 90, 623-627.
- Basky Z., Harrington, R., 2000. Cereal flight activity in Hungary and England compared by suction traps. *Anzeiger für Schädlingskunde* 73, 70-74.
- Basky Z., Hopper, K. R., 2000. Impact of plant density and natural enemy exposure on abundance of *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) and *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hom, Aphididae) in Hungary. *J Appl Entomol* 124, 99-103.
- Basky, Z., Hopper, R. L., Jordaan, J., Saayman, T., 2001. Biotypic differences in Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) between South African and Hungarian agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 83, 121-128.
- Basky Z., Fónagy A., 2003. Glutenin and gliadin contents of flour derived from wheat infested with different aphid species. *Pest Management Science* 59, 426-430.

- Batey, I. L., Gupta, R. B. és Mac Ritchie, F., 1991. Use of Size-Exclusion High-Performance Liquid Chromatography in the study of wheat flour proteins: An improved chromatographic procedure I Chem. 68, 207-209.
- Baumgartnerova, H. (1996): First findings of plum pox virus in walnut trees (*Juglans regia* L.). Acta-Virologica 40: 59-60.
- Beczner, L., Horváth, J., Romhányi, I., Förster, H., 1984. Studies on the etiology of tuber necrotic ringspot disease in potato. Potato Research 27, 339-352.
- Beemster, A. B. R., 1976. Translocation for potato viruses Y^N and Y^O in some potato varieties. Potato Research 169-172.
- Blackman, R. L., and Eastop, V. F., (1984). Aphids on the world's crops: An Identification and Information Guide. John Wiley & Sons Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore 466 pp.
- Blanco-Urgoit, B., Tribodet, M., Leclere, S., Ponz, F., Perez de San Roman, C., Legorburu, F.J., Kerlan, C., 1998. Characterisation of potato virus Y (PVY) isolates from seed potato batches. Situation of the NTN, Wilga and Z isolates. European Journal of Plant Pathology 104, 811-819.
- Blua, M. J., Perring, T. M., 1992a. Alate production and population increase of aphid vectors on virus infected host plants. Oecologia (Berlin) 92, 65-70.
- Blua, M. J., Perring, T. M., 1992b. Effect of zucchini yellow mosaic virus on colonisation and feeding behaviour of *Aphis gossyoi* (Homoptera: Aphididae) alate. J. Econ. Entomol. 85, 578-585.
- Bokx, J. A. de, 1964. Onderzoekingen over he aantonen van aardappel-Y^N-virus met behulp van toetsplanten. Thesis, Wageningen Cit: Beemster, A. B. R., 1976. Translocation for potato viruses Y^N and Y^O in some potato varieties. Potato Research. 19, 169-172.
- Bokx, J. A. de, 1979. Determination of infection pressure of potato virus Y^N with potato plants. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 44/2: 653-656.
- Boonham, N., Walsh, K., Preston, S., North, J., Smith, P., Barker, I., 2002. The detection of tuber necrotic isolates of Potato virus Y, and the accurate discrimination of and PVY^C strains using RT-PCR. Journal of Virological Methods 102, 103-112.
- Brooks. L., Hein, G., Johnson, G., Legg, D., Massey, B., Morrison, P., Weiss, M. and Pears, F., 1994. Economic impact of the Russian wheat aphid in the western United States, 1991-1992. In: *Proceedings of the 6th Russian wheat aphid workshop*, Fort Collins, CO, 23-25 January 1994, Great Plains Agric. Council Publ. No. 147, 250-268.

- Bushuk, W., and Wrigley, C. W., 1971. Glutenin in developing wheat grain. *Cereal Chem.* 48, 448-455.
- Carrington, J. C., Kasschau, D. K., Mahajan, S. K., és Schaad, M. C., 1996. Cell-to cell and long-distance transport of viruses in plants. *The Plant Cell* 8, 1669-1681.
- Castle, S. J., Perring, T. M., Farrar, C. A., Kishaba, A. N., 1992. Field and laboratory transmission of watermelon mosaic virus 2 and zucchini yellow mosaic virus by various aphid species. *Phytopathology*, 82, 235-240.
- Christoff, A. (1947): Sharkata po slivite. *Izvest. na Kam. na nar. kultura. Ser. Biol. Zemed. Lesovod.* 1(60): 261-296.
- Chrzanowska, M., 1991. New isolates of necrotic strain of potato virus Y (PVY^N) found recently in Poland. *Potato Research* 34, 179-182.
- Clark, M. F., Adams, A. A., 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme/linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology* 34, 475-483.
- Crescenzi, A., Nuzzaci, M., Piazzolla, P., Levy, L. and Hadidi, A. (1994): Plum pox virus (PPV) in sweet cherry. *Acta Hort.* 386: 219-225.
- Cronin, S., Verchot, J., Haldeman-Cahill, R., Schaad, M. C., és Carrington, J. C., 1995. Long-Distance Movement Factor: a transport function of the potyvirus helper component proteinase. *The Plant Cell* 7, 549-559.
- De Bokx, J. A., Piron, G. M., 1977. Effect of temperature on symptom expression and relative virus concentration in potato plants infected with potato virus Y^N and Y^O. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* 42/2: 633-639.
- Dedryver, C. A., 1981. Biology of the cereal aphids in the west of France II Spatial and temporal distribution, and field pathogenicity of three species of Entomophthoraceae. *Entomophaga* 26, 381-393.
- Dedryver, C. A., 1983. Field pathogenesis of three species of entomophthorales in Western France. *Aphid Antagonists*. In: *Proceedings of a Meeting EC Experts' Group*. 23-24 November 1982 Portici, Italy. Ed. By Cavalloro, R. Rotterdam: A. A. Balkema. 11-19.
- Dewar, A. M., 1977. Assessment of methods for testing varietal resistance to aphids in cereals. *Annals Appl. Biol.* 87, 183-190
- Dewar, A. M., Woiwod, I., Choppin De Janvry, E., 1980. Aerial migrations of the rose-grain aphid, *Metopolophium dirhidum* (Wlk), over Europe in 1979. *Plant Pathology* 29, 101-109.

- Dixon, A. F. G., 1998. Aphid ecology. Chapman & Hall London Weinheim New York Tokyo Melbourne Madras 300 pp.
- Dixon, A. F. G., Glen, D. M., 1971. Morph determination in the bird cherry oat aphid, *Rhopalosiphum padi* L. Annual Applied of Biology 68, 11-21.
- Du Toit, F, 1983. Russian wheat aphid control in the summer rainfall areas. *Farming in South Africa Wheat: Summer G.6.1/1983* 1-4.
- Du Toit, F, 1987. Resistance in wheat (*Triticum aestivum*) to *Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae). Cer. Res. Comm. 15, 175-179.
- Du Toit, F, 1988. A greenhouse test for screening wheat seedlings for resistance to the Russian wheat aphid *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae). *Phytophylactica* 20, 321-322.
- Du Toit, F., 1989. Inheritance of resistance in two *Triticum aestivum* lines to Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). *J. Econ. Entomol.* 82, 1251-1253.
- Du Toit, F. and Van Niekerk, H. A., 1985. Resistance in *Triticum* species to the Russian wheat aphid *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Hemiptera: Aphididae). *Cer Res Comm* 13, 371-378.
- Eastop, V. F. (1966): A taxonomic study of Australian aphidoidea (Homoptera). *Australian Journal of Zoology.* 14, 399-592.
- Elkassabany, N. M., Steinkraus, D. C., McLeod, P. J., Carrell, J. C., Morelock, T. E., 1992. *Pandora neoaphidis* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) a potential biological control agent against *Myzus persicae* (Homoptera: aphididae) on spinach. *Journal of Kansas Entomological Society.* 65, 196-199.
- FAO (2001) Production Yearbook 1999 (Vol. 53), FAO, Rome, Italy.
- Feng, M. G., Johnson, J. B., Halbert, S. E., 1991. Natural control of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) by entomopathogenic fungi (Zygomycetes: Entomophthorales) and parasitoids (Hymenoptera: Braconidae and Encyrtidae) on irrigated spring wheat in south-western Idaho. *Environmental Entomology* 20, 1699-1710.
- Feng, M. G., Nowierski, R. M., Klein, R. E., Scharen, A. L., Sands, D. C., 1992. Spherical hyphal bodies of *Pandora neoaphidis* (Remaudiere and Hennebert) Humber (Zygomycetes: Entomophthorales) on *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Homoptera: Aphididae) a potential overwintering form. *Pan-Pacific Entomology* 68, 100-104.

- Ferreres, A., Blua, M. J., Perring, T. M., 1992. Retention and transmission characteristics of zucchini yellow mosaic virus by *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *J. Econ. Entomol.* 85, 759-765.
- Finney, F., 1943. Fractionating and reconstituting techniques as tools in wheat flour Research. *Cereal Chem.* 20, 381-396.
- Formusoh, E. S., Wilde, G. E. and Reese, J. C., 1992. Reproduction and feeding behaviour of greenbug biotype E (Homoptera: Aphididae) on wheat previously fed upon by aphids. *J Econ Entomol* 85, 789-793.
- Formusoh, E. S., Wilde, G. E., Hatchett, J. H. and Collins, R. D., 1994. Resistance to the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) in wheat and wheat related hybrids. *J Econ Entomol* 87, 241-244
- Fouché, A., Verhoven, R. L., Hewitt, P. H., Walters, M. C., Kriel, C. C., and De Jager, J., 1984. Russian aphid (*Diuraphis noxia*) feeding damage on wheat, related cereals and a *Bromus* grass species. In: Walters, M. C., Progress in *D. noxia* (*Diuraphis noxia* Mord.) research in the Republic of South Africa. Technical Communication Department of Agriculture Republic of South Africa No. 191.22-99. pp.
- Gellner, J. K., Kieckhefer, R. W., Moreno, B., (1990). Effects of pot size and fertility level on assessment of aphid (Homoptera: Aphididae) feeding damage in greenhouse grown spring wheat. *J. Kansas Entomol. Soc.* 63, 187-192.
- Genstat 5 Committee of the Statistics Department, Rothamstead Experimental Station, Genstat 5: Release 3: 1993. Reference Manual. Clarendon Press, Oxford, UK
- Giménez, D. O., Castro, A. M., Rumi, C. P., Brocchi, G. N., Almaráz, L. B. and Arriaga, H. O., 1997. Greenbug systemic effect on barley phosphate influx. *Environmental and Experimental Botany* 38, 109–116.
- Girma, M, Kofoid, K. D., Reese, J. C., 1999. Sorghum Germplasm Tolerant to Greenbug (Homoptera: Aphididae) Feeding Damage as Measured by Reduced Chlorophyll Loss. *Journal of the Kansas Entomological Society* 71, 108-115.
- Glais L, Tribodet, M., Kerlan, C., 2002. Genomic variability in *Potato potyvirus Y* (PVY): evidence that PVY^{NW} and PVY^{NTN} variants are single to multiple recombinants between PVY^O and PVY^N isolates. *Archives of Virology* 147: 363-378.
- Grafton-Cardwell, E. E., Perring, T. M., Smith, R. F., Valencia, J., Farrar, C. A., 1996. Occurrence of mosaic viruses in melons in the Central Valley of California. *Plant Disease*, 80, 1092-1097.

- Gupta, R. B., Khan, K., Mac Ritchie, F., 1993. Biochemical Basis of flour properties in bread wheats. I. Effects of variation in the quantity and size distribution of polymeric protein. *J. Cereal Sci.* 18, 23-41.
- Harten, A., van 1983. The relation between aphid flights and the spread of potato virus Y^N in the Netherlands. *Potato Research* 26, 1-15.
- Harrington, R., 1998. Workshop: Suction trapping. In: Nieto Nafria, J. M., Dixon, A. F. G., (eds): *Aphids in natural and managed ecosystems* Universidad de León 645-655.
- Harrington, R., Bale, J. S., Tatchell, G. M., 1990. Weather, life cycle strategy and spring populations of aphids. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 25, 423-432.
- Havlickova, H., 1987. Behaviour and reproduction of cereal aphids in relation to changes in the content of water and free amino acids in wheat during the growing season. *Journal of Applied Entomology* 103, 142-147.
- Henze, M., Sengonca, C., 1992. Populationsentwicklung der Getreideblattlaus und ihre natürlichen rauberischen Feinde im Winterweizen. *Gesunde – Pflanzen.* 44, 122-125.
- Heuvel van den J. F. J. M., Dirven, J. A. A. M., Os van G. J., Peters, D., 1993. Acquisition of potato leafroll virus by *Myzus persicae* from secondarily-infected potato plants of different genotypes. *Potato Res.* 36, 89-96.
- Hewitt, P. H., 1988., The South African experience with the Russian wheat aphid. in *Proceedings of the Second Russian Wheat Aphid Workshop*, ed by Peairs FB, and Pilcher SD, Denver, Colorado, 11-12 October 1988. pp 1-3.
- Holmes, R. S., Burton, R. L., Burd, J. D., Ownby, J. D., 1991. Effect of greenbug (Homoptera: Aphididae) feeding on carbohydrate levels in wheat. *J. Econ. Entomol.* 84, 897-901.
- Horváth, J., 1967. Studies on strains of potato virus Y. 3. Strain causing browning of midribs in tobacco. *Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 2, 95-108.
- Horváth J., 1969. Untersuchungen über eine Virose von *Brassica napus* L. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 4, 29-44.
- Horváth J., 1986. Compatible and incompatible relations between *Capsicum* species and viruses. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 21, 35-49.
- Horváth S., 2002. Vetőburgonya szaporítása, felújítás. pp. 9-39. In: Sárközi F. (Ed) *Amit a vetőburgonyáról tudni kell.* Agroinform Kiadó és Nyomda Budapest 104. p.
- Horváth, S., Wolf I., 1999. Virological problems of potato production in Hungary. Abstracts of 14th Conference of the European Association of Potato Research 383-384.

- Hunkár Zemankovics, M., 1999. Simulation model of *Oulema melanopus* in the winter-wheat ecosystem. Bulletin OEPP EPPPO Bulletin 21, 539-548.
- Husz B. és Klement Z., 1950. A csonthéjas gyümölcsfák vírusos mozaik-betegsége. Agrártud. Egyetem Kert- és Szőlőgazdaság-tudományi Karának Évkönyve 1950. 83-94.
- Inayatullah, C., Webster, J. A. and Fargo, W. S., 1990. Index for measuring plant resistance to insects. Entomologist 109, 146-152.
- Irwin, M. E., Ruesnik, W. G., 1986. Vector intensity: a product of propensity and activity. In: McLean, G. D., Garrett, R. G., Ruesnik, W. G. (Eds.) Plant Virus Epidemics Monitoring, Modelling and Predicting Outbreaks. Academic Press (Harourt Brace Jovanovich, Publishers) Sydney, Orlando, San Diego, New York, London, Toronto, Montreal, Tokyo, 13-33, 550 pp.
- Kalashyan, Yu. A. and Bilkely, N. D., 1989. Identifikatsiya virus sharky na vishne. Plant Virology. Proceedings of the 10th Conference of the Czechoslovak Plant Virologist 106.
- Kassanis, B. and Šutić, D., 1965. Some results of recent investigations on sarka (plum pox) virus disease. Zast. Bilja 85-88, 335-340.
- Kegler, H., 1962. The sarka disease of plum. Nachrbl. Dtsch. Pflanzensch. Dienst 16, 41-43.
- Kennedy, J. S., 1976. Host-plant finding by flying aphids. The host-plant in relation to insect behaviuor and reproduction. Symposium Biol. Hungary 16. Jermy T. (ed) Budapest Akadémiai Kiadó 121-123.
- Kennedy, J. S., Ibbotson, A., Booth, C. O., 1950. The distribution of aphid infestation in relation to leaf age I. *Myzus persicae* (Sulz.) and *Aphis fabae* Scop. On spindle trees sugar beet plants. Annual Applied Biology 37, 651-679.
- Kennedy, J. S., Booth, C. O. and Kershaw, J. S., 1961. Host finding by aphids in the field. III. Visual attraction. Annuals Applied Biology 49, 1-21.
- Kerlan, C. et Dunez, J., 1979. Differentiation biologique et serologique de soches de virus de la Sharka. Ann. Phytopathol. 11, 241-250.
- Kieckhefer, R. W., Gellner, J. L., 1988. Influence of plant growth stage on cereal aphid reproduction. Crop Science Madison, Wis.: Crop Science Society of America. 28, 688-690.

- Kieckhefer, R. W., Kantack, B. H., 1988. Yield losses in winter grains caused by cereal aphids (Homoptera: Aphididae) in South Dakota. *J. Econ. Entomol.* 81, 317-321.
- Kindler, S. D., Elliott, N. C., Giles, K. L., Royer, T. A., Fuentes–Granados, R. and Tao, F. 2002. Effect of greenbugs (Homoptera: Aphididae) on yield loss of winter wheat. *Journal of Economic Entomology* 95, 89–95.
- Knoblauch, M. és van Bel, A.J.E., 1998. Sieve tubes in action. *The Plant Cell* 10, 35-50.
- Kozma E., 1996. A kukorica levéltetű és atka kártevői és természetes ellenségeik. PhD tézis Gödöllő Agrártudományi Egyetem 114 pp.
- Krczal, H., und Kuncze, L., 1972. Untersuchungen zur Übertragung de Sharkavirus durch Blattläuse. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Fortstwirtschaft. Berlin-Dahlem* 144, 71-83.
- Kuncze, L. und Krczal, H., 1968. Versuche zur Übertragung des scharkavirus durch die Pfirsichblattlaus *Myzus persicae* Sulz. *Nachrbl. Dtsch. Planzensch. Dienst.* 20, 97-98.
- Kuroli G., 1984. Laboratory investigation of the ontogenesis of oat aphid (*Rhopalosiphum padi* L.) *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 97, 71-76.
- Kuroli G., 1988. A levéltetvek rajzásának és egyedszámváltozásának vizsgálata Nyugat-Magyarországon őszi búzán, kukoricán, takarmánybabon, burgonyán és cukorrépan 1987-ben. *Acta Ovariensis* 30, 4. 5-17.
- Kuroli G., 1999. A levéltetvek rajzása és egyedszámváltozása a burgonyán. *Növénytermelés* 48, 153-166.
- Kuroli G., Németh I., 1987. Őszi búzán előforduló levéltetvek faji összetétel, kártételi jelentősége, a védekezés eredményei. *Növényvédelem* 23, 385-394.
- Kuroli G., Németh I. 1991. Blattlausschäden in Kartoffelbeständen in Zusammenhang mit Populationsdynamic und Ökologischen Bedingungen. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent*, 56/3b, 1991.
- Kuroli G., Németh I., Erdélyi K., Pécsi S., 1991. Population dynamics of leaf aphid species, relationships between ecological conditions and damages in potato stands. *Acta Ovariensis*.33, 3. 11-20.
- Labonne, G., Yvon, M., Quiot, J. B., Avinent, L. and Llacer, G., 1995. Aphids as vectors of plum pox virus: comparison of methods of testing and epidemiological consequences. *Acta Hort.* 368, 207-218.

- Lafond, G. P., 1994. Effects of row spacing, seeding rate and nitrogen on yield of barley and wheat under zero-till management. *Can J Plant Sci* 74, 703-711.
- Latge, J. P., Silvie, P., Papierok, B., Remaudiere, G., Dedriver, C. A., Rabasse, J. M., 1983. Advantages and disadvantages of *Conidobolus obscurus* and *Erynia neoaphidis* in the biological control of Aphids. *Aphid Antagonists In: Proceedings of a Meeting EC Experts' Group. 23-24 November 1982 Portici, Italy. Ed. By Cavalloro, R. Rotterdam: A. A. Balkema. 20-32.*
- Latorre, B. A., Flores, V., 1985. Strain identification and cross-protection of potato virus-Y affecting tobacco in Chile. *Plant Disease*. 69, 930-932.
- Lawrence, R. W., 1992. Evolution of herbivore virulence to plant resistance: Influence of variety mixtures 91-118. In: Robert, S. F., Ellen, L. S. (eds) *Plant Resistance to Herbivores and Pathogens. The University of Chicago Press Chicago, London* 590. pp.
- Leclant, F., 1973. Ecological aspect of sharka (plum pox) virus transmission in southeastern France: Additional aphid vectors. *Ann. Phytopathol.* 54, 431-439.
- Lee, G., Stevens, D. J., Stokes, S., Wratten, S. D., 1981. Duration of cereal aphid populations and the effects on wheat yield and breadmaking quality. *Ann. Appl. Biol.* 98, 169-178.
- Lisa, V., Boccardo, G., D'Agostino, G., Dellavalle, G., D'Aquilio, M., 1981. Characterization of potyvirus that causes zucchini yellow mosaic. *Phytopathology*, 71, 667-672.
- Lisa, V., Lecoq, H., 1984. Zucchini yellow mosaic virus. *CMI/AAB Description of Plant Viruses*, No. 282.
- Llewellyn, M., 1972. The effect of the lime aphid, *Eucallipterus tiliae* L. (Aphididae) on the growth of the lime *Tilia X vulgaris* Hayne. I. Energy requirements of the aphid populations. *Journal of Applied Ecology* 9, 261-282.
- Lopez-Llorka, L., 1993. Aphid infection by entomopathogen *Erynia neoaphidis*—SEM study. *Mycologist* 7, 166.
- LopezMoya, J. J., LopezAbella, D., DiazRuiz, J. R., MatrtinezGarcia, B., Gáborjányi R., 1997. Serological characterization of Hungarian plum pox virus isolates. *Zeitschrift für Naturforschung C-A Journal of Biosciences* 52, 391-395.
- Macfadyen, A., 1964. Energy flow in ecosystems and its exploitation by grazing, In D. J. Crisp (ed.) *Grazing in terrestrial and marine environments* pp. 3-20. Oxford Blackwell.
- Mac Ritchie, F., 1978. Differences in baking quality between wheat flours. *J. Food Technol.* 13, 187-194.
- Mac Ritchie, F., 1984. Baking quality of wheat flours. *Adv. Food Res.* 29, 201-277.

- Maculay, E. D. M., Tatchell, G. M., Taylor, R. L., 1988. The Rothamsted Insect Survey 12-metre suction trap. *Bulletin of Entomological Research* 78, 121-129.
- Madden, L. V., Pirone, T. P., Raccach, B., 1987. Analysis of spatial pattern of virus-diseased tobacco plants. *Phytopathology*, 77, 1409-1417.
- Marasas, C., Anandajayasekeram, P., Tolmay, V.L., Martella, D., Purchase, J.L., Prinsloo, G.J., 1997. Socio-economic impact of the russian wheat aphid control research program. Southern African Centre for Cooperation in Agriculture and Natural Resources & Training; P/Bag 00108, Gaborone, Botswana.
- Massonie, G. 1976, Pucerons et transmission de la Sharka. Extrait en la brochure "la Sharka". Publ. par l' INUU. FLEC. INRA. 13-20.
- McDonald, J. G., Kristjansson, G. T., 1993. Properties of strains of potato virus Y^N in North America. *Plant Disease* 77, 87-89.
- Meredith, O. B., Wren, J. J., 1966. Determination of molecular weight distribution in wheat flour proteins by extraction and gel filtration in a dissociating medium. *Cereal Chem.* 43, 169-186
- Milius, S., 1999. First plum pox turns up in North America. *Sciences News* 21, 325.
- Miller, H., Porter, D. R., Burd, J. D., Mornhinweg, D. W., Burton, R. L., 1994. Physiological effects of Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) on resistant and susceptible barley. *J. Econ. Entomol.* 87, 493-499.
- Milliken, G. A., Johnson, D. E., 1992. *Analysis of Messy Data, Vol. 1. Designed Experiments.* Van Nostrand Reinhold, New York, 473. pp.
- Minoiu, N., 1979. Neue Untersuchungen über das Scharka-Virus (plum pox virus). *Arch. Phytopathol. Pflanzensch., Berlin* 11, 389-397.
- Moericke, V., 1955. Über die Lebensgewohnheiten der geflügelten Blattläuse (phididae) unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens beim Laden. *Z. Angew. Entomol.* 37, 29-91.
- Mokrzhetzki, K. A., *Animal and Plant Pests of Crimea in (1900). Simferopol 1901.* (cited in Kovalev, O. V., Poprawski, T. J., Stekolshchikov, A. V., Vereshchagina, B. and Gandrabur S. A., 1991. *Diuraphis Aizenberg* (Hom., Aphididae) key to apterous females, and review of Russian language literature on the natural history of *Diuraphis noxia* (Kurdjumov, 1913). *J. Appl. Entomol.* 112, 425-436.
- Montllor, C. B., Campbell, B. C. and Mittler, T. E., 1983. Natural and induced differences in probing behavior of two biotypes of greenbug, *Schizaphis graminum*, in relation to resistance in sorghum. *Entomol Exp Appl* 34, 99-106.

- Mora-Aguilera, G., Téliz, D., Lee Cambell, C., Avila, C., 1992. Temporal and spatial development of papaya ringspot in Veracruz, Mexico. *Journal of Phytopathology*, 136, 27-36.
- Müller, F. P., 1975. Bestimmungsschlüssel für geflügelte Blattluse in Gelbschalen. *Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz*. 11, 49-77.
- Mumford, R. A., Ostoj-Starzewska, S. A., Preston, S. and Danks, C., 2000. The diagnosis of plum pox virus in the UK: from strain differentiation to on-site detection. 18th International Symposium on Virus and Virus-like Diseases of Temperate Fruit Crops, Canterbury, England, Abstr. 98.
- Németh M., 1963. Field and greenhouse experiments with plum pox virus. *Phytopath. Medit.* 2, 162-166.
- Németh M., 1986. *Virus, Mycoplasma and Rickettsia Diseases of Fruit Trees*. Akadémiai Kiadó, Budapest 1986.
- Németh M., Kölber M., 1983. Additional evidence of seed transmission of plum pox virus in apricot, peach und plum proved by ELISA. *Acta Hort.* 130, 293-300.
- Niassy, A., Ryan, J. D., Peters, D. C., 1987. Variation in feeding behaviour, fecundity and damage of biotypes B and E of *Schizaphis graminum* (Homoptera: Aphididae) on three wheat genotypes. *Environmental Entomology* 16, 1163-1168.
- Ogecha, J., Webster, J. A., Peters, D. C., 1992. Feeding behaviour and development of biotypes E, G, H of *Schizaphis graminum* (Homoptera: Aphididae) on 'Wintermalt' and 'Post' barley. *J. Econ. Entomol.* 85, 1522-1526.
- Oparka, K. J. és Turgeon, R., 1999. Sieve elements and companion cells-traffic control centers of the phloem. *The Plant Cell* 11, 739-750.
- Osborne, T. B., 1907. *The proteins of the wheat kernel*. Publ. 84. Carnegie Institute of Washington: Washington DC.
- Papierok, B., Silvie, P., Latge, J. P., Dedryver, C. A., Rabasse, J. M., Remaudiere, G., 1979. Biological control of cereal aphids with Entomophthorales. Programme on Integrated and Biological Control Final Report 339-352. Le Rheu: INRA Lab. Zool.
- Perring, T. M., Farrar, C. A., Mayberry, K., Blua, M. J., 1992. Research reveals pattern of cucurbit virus spread. *California Agriculture*, 46, 35-40.
- Pollhamer E. 1981. *A búza és liszt minősége*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest

- Pribék D. 2001. A szilvahimlő vírus (*plum pox potyvirus*) terjedésének és izolátumainak vizsgálata, lehetőségek az integrált védekezés megvalósítására. Veszprémi Egyetem Georagikon Mezőgazdaságtudományi Kar Keszthely 155. pp.
- Pribék, D., Gáborjányi, R., 1997. Hungarian plum pox virus isolates represent different serotypes. *Acta Phytopathol. Hung.* 32, 281-288.
- Price, P. W., 1986. Ecological aspects of host plant resistance and biological control: Interactions among three trophic levels. In: *Interactions of Plant Resistance and Parasitoids and Predators of Insects* (D. J. Boethel and R. D. Eikenbary, Eds.) pp. 11-30. Ellis Horwood, Ltd., Chichester.
- Prior, R. B. N., 1976. Keys to British species of *Metopolophium* with one new species. *Systematic Entomology* 1, 271-279.
- Puterka, G. J., Burd, J. D., Burton, R. L., 1992. Biotypic variation in a worldwide collection of Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). *J Econ Entomol* 85, 1497-1506.
- Puterka, G. J., Peters, D. C., Kerns, J. E., Slosser, J. E., Bush, L., Worrall, D. W., McNew, R. W., 1988. Designation of two new greenbug (Homoptera: Aphididae) biotypes G and H. *Journal of Economic Entomology* 81, 1754-1759.
- Quick, J. S., Ellis, G. E., Normann, R. M., Stromberger, J. A., Shanahan, J. F., Peairs, F. B., Rudolph, J. B., Lorenz, K., 1996. Registration of 'Halt' wheat. *Crop Sci* 36, 210.
- Quiros, C., Lister, R. M., Shukle, R. H., Araya, J. E., Foster, J. E., 1992. Selection of symptom variants from the NY-MAV strain of barley yellow dwarf virus and their effects on the feeding behaviour of the vector *Sitobion avenae* (Homoptera: Aphididae). *Environ. Entomol.* 21, 376-381.
- Rabe, E. C., Westhuizen, M. C., van der Hewitt, P. H., 1989. Aspects of the ecology of the wheat aphids *Rhopalosiphum padi* and *Schizaphis graminum* in South Africa. *Phytophylactica.* 21, 165-169.
- Radcliffe, E. B. Ragsdale, D. W., 2002. Aphid-transmitted Potato Viruses: The Importance of Understanding Vector Biology. *American Journal of Potato Research* 79, 353-386.
- Reed, D. K., Webster, J. A., Jones, B. G., Burd, J. D., 1991. Tritrophic Relationships of Russian Wheat Aphid (Homoptera: Aphididae), a Hymenopterous Parasitoid (*Diaretiella rapae* McIntosh), and Resistant and Susceptible Small Grains. *Biological Control* 1, 35-41.
- Remaudiere, G., 1983. Biological control of cereal aphids with Entomophthorales. Progress Report of the CEC Integrated and Biological Control'. Paris: Unité de Lutte Biol. Cont. Ins.

- Renkonen, O., 1938. Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. *Ann. Zool. Soc. Zol-Bot. Fenn. Vanamo.* 6, 1-231.
- Robert, Y., Dedryver, C. A., Pierre, J. S., 1988. Sampling techniques. In: Minks, A. K., Harrewijn, P., (eds.) *Aphids, their biology, natural enemies and control.* Vol. 2B: 1-20. Elsevier Amsterdam.
- Robert, Y., Woodford, J. A. T., Ducray-Bourdin, D. G., 2000. Some epidemiological approaches to the control of aphid-borne virus diseases in seed potato crops in northern Europe. *Virus Research* 71, 33-47.
- Roy, A. S., Smith, I. M., 1994. Plum pox situation in Europe. *EPPO Bulletin* 24, 515-523.
- Ruskowska, M., 1998. Aphids on winter cereals, autumnal populations in Poland in 1996. In: Nieto Nafria, J. M., Dixon, A. F. G., (eds): *Aphids in natural and managed ecosystems* Universidad de León 609-612.
- Sáenz, P., Salvador, B., Simón-Mateo, C., Kasschau, K. D., Carrington, J. C., 2002. Host-specific involvement of the HC protein in the long-distance movement of potyviruses. *Journal of Virology* 76, 1922-1931.
- Salamon P., Palkovics L., 1997. A plum pox virus (PPV) természetes előfordulása kökényen (*Prunus spinosa* L.) és a törpemandula (*Amygdalus nana* L.) vonalas levélmintázottság betegsége. 43. Növényvédelmi Tudományos Napok. Abstr. 125.
- Sammons, B., Barnett, O. W., Davis, R. F., Mizuki, M. K., 1989. A survey of viruses infecting summer squash in South Carolina. *Plant Disease*, 73, 401-404.
- SAS Institute Inc., 1992. SAS Technikal Report P-229, SAS/STAT Software, Changes an Enhancements, Release 6.07. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schrijnwerkers, C. C. F. M., Huijberts, N., Bos, L., 1991. Zucchini yellow mosaic virus; two outbreaks in the Netherlands and seed transmissibility. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 97, 187-191.
- Shewry, P. R., Tatham, S., 1990. The prolamin storage proteins of cereal seeds: structure and evolution (review). *Biochem J.* 267, 1-12.
- Shufran, K. A., Burd, D. J. and Webster, J. A., 1997. Biotypic status of Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) populations in the United States. *J Econ Entomol* 90, 1684-1689.
- Siegel, S., Castellan, N. J., Jr. 1988. *Nonparametric statistics for the behavioural sciences.* Mc-Graw-Hill, New York.

- Siegvald, R., 1984, The relative efficiency of some aphid species as vectors of potato virus Y^o (PVY^o). *Potato Research* 27, 285-290.
- Siegvald, R., 1984. The relative efficiency of some aphid species as vectors of potato virus Y^o (PVY^o). *Potato Research* 27. 285-290.
- Siegvald, R., 1985. Mature plant resistance o potato plants against potato virus Y^o (PVY^o). *Potato Research* 28, 135-143.
- Siegvald, R., 1987. Aphid migration and the importance of some aphid species as vectors of potato virus Y^o (PVY^o) in Sweden. *Potato Research*. 30, 267-283.
- Siegvald, R., 1990. Aphids on potato foliage in Sweden and their importance as vectors of potato virus Y^o. *Acta Agric. Scand.* 40, 53-58.
- Siegvald, R., 1992. Progress in aphid forecasting systems. *Netherlannds. J. Plant Pathol.* 2 (Suppl.), 55-62.
- Sigvald, R., 1985. Mature-plant resitance of potato plants against potato virus Y^o (PVY^o). *Potato Research*. 28, 135-143.
- Silva, M. S., Wellink, J., Goldbach, R. W., és van Lent, J. M. V., 2002. Phloem loading and unloading of *Cowpea mosaic virus* in *Vigna unguiculata*. *Journal of General Virology* 83, 1493-1504.
- Singh, N. K., Donovan, G. R., Batey, I. L., Mac Ritchie, F., 1990a. Use of sonication and size-exclusion high-performance liquid chromatography in the study of wheat flour proteins I. Dissolution of total proteins in the absence of reducing agents. *Cereal Chem.* 67, 150-161.
- Singh, N. K., Donovan, G. R., Mac Ritchie, F., 1990b. Use of sonication and size-exclusion high-performance liquid chromatography in the study of wheat flour proteins II. Relative quantity of glutenin as a measure of bread making quality. *Cereal Chem.* 67, 161-170.
- Smith, C. M., 1989. *Plant resistance to insects: A fundamental approach*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 268. pp.
- Smith, C. M., Schotzko, D. J., Zemetra. R. S., and Souza, E. J., 1992. Categories of resistance in plant introductions of wheat resistant to the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) *J Econ Entomol* 85, 1480-1484.
- Starý, P., 1973. A review of the *Aphidius* – species (Hymenoptera, Aphidiidae) of Europe. *Annotationen Zoologicae et Botanicae* 20, 3 No 84-85.

- Stary, P., 1996. Occurrence of anholocyclic strains of pest aphids on winter barley and wheat in South Moravia, Czech Republic. *Anzeiger für Schädlingkunde Pflanzenschutz, Umweltschutz* 69, 149-152.
- Stary, P., 2000. On-going expansion of Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Kurdj.) in Central Europe (Hom.: Aphididae). *J Pest Science* 73, 75-78.
- Stary, P., Havelka, J., 1991. *Macrosiphum albifrons* Essig, an invasive lupin aphid and its natural-enemy complex in Czechoslovakia (Homoptera, Aphididae). *Acta Entomol. Bohemoslov.* 88, 111-120.
- STATISTICA, 1997. StatSoft, 1997 Tulsa, Oklahoma, USA
- Stechmann, D. H., 1986. Cereal aphids – Aphidophaga associations in hedges and fields: Can habitat interaction contribute to integrated pest management? In: Hodek, I. (Ed.) *Ecology of Aphidophaga*. Academia Prague & Dr. /w. Junk, Dordrecht 273-278.
- Stoetzel, M. B., 1987. Information on and identification of *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae) and other aphid species colonizing leaves of wheat and barley in the United States. *J Econ Entomol* 80, 696-704.
- Stroyan, H. L. G., 1977. Homoptera Aphidoidea (Part): Chaitophoridae and Callaphididae. 130 pp.
- Stroyan, H. L. G., 1984. Aphids - Pterocommatinae and Aphidinae (Aphidini) Homoptera, Aphididae. 232 pp.
- Šutić, D., Babović, M. and Marković, S., 1976. Transmissibility of some sharka virus strains by *Myzus persicae* Sulz. depending on various infection sources. *Acta Hort.* 67, 165-170.
- Szabó Z., Nyéki J. és Orova M., 1991. Szilvafajták ellenállósága a szilvahimlő vírussal (plum pox virus) szemben. *Kertgazdaság* 23, 30-45.
- Szalay-Marzsó L., 1969. Levéltetvek a kertészetben. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest 168. pp.
- Szelegiewicz, H., 1977. Levéltetvek I. Aphidinea I. Magyarország állatvilága. *Fauna Hungariae*. XVII. Heteroptera, Homoptera. 18. Füzet. 175. pp.
- Szelegiewicz, H., Szalay-Marzsó L., 2000. Levéltetvek IV.- Aphidinea IV. Magyarország állatvilága. *Fauna Hungariae*. 21. Füzet. 129. pp.
- Szirmai J., 1948a. A kajszi vírusbetegsége. *Magyar Bor és Gyümölcs* 3. 17, 7-8.
- Szirmai J. 1948b. Kajszi vírus a faiskolában. *Kertészet és Szőlészet* 2, 10.
- Szirmai J., Beczner L., Sum I., 1984. A fűszerpaprika hibrideken végzett ELISA-teszt vizsgálatok uborka mozaik vírus kimutatására. *Növényvédelem*, 20, 289-293.

- Szirmai, J., 1961. Report on fruit tree virus diseases in Hungary. Tijds. Planteavl. 65, 220-229.
- Szirmai, J., 1958. A burgonya Y-vírusának érbarnulást okozó törzse dohánykulturákban. Növénytermelés 7, 341-350.
- Szirmai, J., 1958. A burgonya Y-vírusának érbarnulást okozó törzse dohánykulturákban. Növénytermelés 7, 341-350.
- Tas L., 2000. A burgonya fajtafenntartás és szaporítás rendszere. 51-56. In: Sárközi F. Szerk.) Amit a vetőburgonyáról tudni kell. Agroinform Kiadó és Nyomda Budapest 104. p.
- Tatchell, G. M., 1990. Monitoring and forecasting aphid problems. In: Peters, D. C., Webster, J. A., Chlouber, C. S., (eds.) Proceedings of Aphid Plant Interactions Populations to Molecules: Stillwater, Oklahoma pp. 215-230.
- Taylor, L. R., 1974. Insect migration, flight periodicity and the boundary layer. J. Anim. Ecol. 43, 225-238.
- Taylor, L. R., 1980. A handbook for aphid identification, A revised edition of the aphid key from Euraphid-Rothamsted. Harpenden, Rothamsted Experimental Station. 171 pp.
- Taylor, L. R., 1974. Insect migration, flight periodicity and the boundary layer. Journal of Animal Ecology 43, 225-238.
- Taylor, L. R., French, R. A. and Palmer, J. M. P., 1969. The significance of the trapping height of 40 ft. 1969. Rothamsted Experimental Station, Report for 1968. Part 1.
- Taylor, L. R., Woiwod, I. P., Tatchell, G. M., Dupuch, M. J., Nicklen, J., 1981. Synoptic monitoring for migrant insect pests in Great Britain and Western Europe III. The seasonal distribution of pest aphids and the annual aphid aerofauna over Great Britain 1975-80 Rothamsted report for 1981, Part 2 pp. 23-121.
- Telang, A., Sandström, J., Dyreson, E. and Moran, A. N., 1999. Feeding damage by *Diuraphis noxia* results in a nutritionally enhanced phloem diet. Entomol. Exp. Appl. 91, 403-412.
- Thakur, P. D., Bhardwaj, S. V., Garg, I. D., Kishore-Khosla, Sharma, D. R. and Khosla, K., 1994. Plum pox virus on stone fruits from India – a new record. Plant Dis. Res. 9, 100-102.
- Theobald, F. U., 1926. The plant lice of Aphididae of Great Britain I-III. London. I. pp. 372, II. pp. 411, III. pp. 364.

- Thieme, T., Heimbach, U., Schliephake, E., 2001. Nachweis der "Russischen Weizenlaus", *Diuraphis noxia* (Kurdjumov), in Deutschland. Nachrichtenbl Deut Pflanzenschutz 53, 35-40.
- Thresh, J. M., 1974. Temporal patterns of virus spread. Annu. Rev. Phytopathology 12, 111-128.
- Thresh, J. M., 1981. The role of weeds and wild plants in the epidemiology of plant virus diseases. 53-70. in: Pests pathogens and vegetation. Pitman Publ. Inc. 517. p.
- Tóbiás I., Papp L., 1991. A plum pox vírus kimutatása csonthéjas gyümölcsökből. Kertgazdaság 3, 59-65.
- Tóbiás I., Győző K., Barkaszi I., Szabó Z., 1992. A szilvahimlő vírus kimutatása őszibarackból és a fajták érzékenysége. Kertgazdaság 4, 69-77.
- Tóbiás, I., Basky Zs., Ruskó J., 1996. A cukkini sárga mozaik virus – a kabakosokon előforduló új kórokozó Magyarországon. Növényvédelem, 32, 77-79.
- Tolmay, V. L., 1995. The inheritance and mechanisms of Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) resistance in two *Triticum aestivum* cv.s. M.Sc Thesis. University of the Orange Free State, Bloemfontein, South Africa. 91. pp.
- Tottman, D. R., Broad, H., 1987. Decimal code for the Growth Stages of Cereals. Annals of Applied Biology 110, 683-687.
- Trifonov, D., 1965. Plum pox infection rate of some varieties of plums in the heavily contained region of Bulgaria. Zast. Bilja 16, 375-378.
- Uthayakumaran, S., Gras. P. W., Stoddard, F. L., Békés, F., 1999. Effect of varying protein content and glutenin to gliadin ratio on the functional properties of wheat dough. Cereal Chem. 76, 389-394.
- Uthayakumaran, S., Newberry, M., Keentok, M., Stoddard, F. L., Békés, F., 2000a. Basic rheology of bread dough with modified protein content and glutenin to gliadin ratios. Cereal Chem. 77, 744-749.
- Uthayakumaran, S., Stoddard, F. L., Gras, P. W., Békés, F., 2000b. Effects of incorporated glutenins of functional properties of wheat dough. Cereal Chem. 77, 737-743.
- Vaclav, V., 1966. Sirenje sarke slive u produkcju centralne Bosne. Rad. Poljopriv. Fak. Univ. Sarajevo 15, 3-15.
- Varley, G. C., 1967. The effects of grazing by animals on plant productivity. In K. Petruszewicz (ed.) Secondary Productivity of Terrestrial Ecosystems Vol. 2 pp. 773-778. Warsaw: Kraków.
- Vidas Processing System 1993. Kronton Image Analysis Division, Neufahrn, Germany

- Walsh, K., North, J., Barker, I., Boonham, N., 2001. Detection of different strains of Potato virus Y and their mixed infections using competitive fluorescent RT-PCR. *Journal of Virological Methods* 91, 167-173.
- Walters, M. C., Penn, F., du Toit, F., Botha, T. C., Aalbersberg, K., Hewitt, P. H. and Broodryk, S. W., 1980. The Russian wheat aphid. *Farming in South Africa, Leaflet series, wheat G3*, 1-6.
- Watt, A. D., Dixon, A. F. G., 1981. The role of cereal growth stages and crowding in the induction of alate in *Sitobion avenae* and its consequences for population growth. *Ecological Entomology* 6, 441-447.
- Way, M. J., Banks, C. J., 1968. Population studies on the active stages of the black bean aphid, *Aphis fabae* Scop., on its winter host *Euonymus europaeus* L. *Annals of Applied Biology* 62. 177-197.
- Webster, J. A., 1990. Resistance in Triticale to the Russian wheat aphid (Homoptera, Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 83, 1091-1095.
- Webster, J. A., Du Toit, F., Popham, T. W., 1993. Fecundity comparisons of the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) in Bethlehem, South Africa, and in Stillwater, Oklahoma. *Journal of Economic Entomology* 86, 544-548.
- Webster, J. A., Starks, K. J. and Burton, R. L., 1987. Plant resistance studies with *Diuraphis noxia* (Homoptera, Aphididae), a new United States wheat pest. *Journal of Economic Entomology* 80, 944-949.
- Weidemann, H. L., 1988. Importance and control of potato virus Y^N (PVY^N) in seed potato production. *Potato Research* 31, 85-94.
- Wetzel, T., Candresse, T., Macqualre, G., Ravelonandro, M., Dunez, J., 1992. A highly sensitive immunocapture polymerase chain reaction method for plum pox *potyvirus* detection. *J. Virol. Methods* 39, 27-37.
- Wilding, N., 1981. The effect of introducing aphid-pathogenic Entomophthoraceae into field populations of *Aphis fabae*. *Ann. Appl. Biol.* 99, 11-23.
- Wolf, I., Horváth, S., and Polgár, Z., 1998. Resistance of some Hungarian potato varieties against potato leafroll Luteovirus and the NTN strain of potato Y potyvirus. *Proceedings of EARP Virology Section Meeting*, 18-22.
- Wolf, I., M. Kölber, and J. Horváth, 1990. Virus ecological studies to establish control measures of potato pathogenic viruses. A burgonyapatogén vírusok elleni védekezést megalapozó vírusökológiai vizsgálatok. 7. Növényvédelmi és Agrárkémiai Tanácskozás kiadványa 109-131. *Magyarország. Növényvédelem* 36: 449-455.

- Wood, E. A., 1961. Biological studies of a new greenbug biotype. *Journal of Economic Entomology* 54, 1171-1173.
- Wraight, S. P., Poprawski, T. J., Meyer, W. L., Peairs, F. B., 1993. Natural enemies of Russian wheat aphid (Homoptera, Aphididae) and associated cereal aphid species in spring-planted wheat and barley in Colorado. *Environmental Entomology* 22, 1383-1391.