

# NÖVÉNYVÉDELMI TUDOMÁNYOS BIZOTTÁG

## Összefoglaló

A kutatások kiterjedtek az egyes károsítók, köztük új károsítók leírására, biológiájuk megismerésére, az előrejelzés, az ellenük való védekezés technológiájának kidolgozására, köztük a biológiai növényvédelem, biotechnológia, transzgénikus technológia és a növényvédőszer felhasználásával. Az intenzív növényvédőszer használat csökkentése kiemelt fontosságú. Szükséges volt az agrárökoszisztémák feltárása, hogy milyen természetes ellenségek vannak jelen, és ezek milyen módon segíthetik a növényvédőszer használat csökkentését. Az agrozoológiában jelentős eredmények születtek a kémiai ökológia területén. A kártevőket csalogató illatanyagok megismerése jelentősen segítette a növényvédelmi előrejelzés fejlődését. A vírusfertőzésnél a direkt védekezés hiányában kizárólag a vírusfertőzések megelőzése jelent megoldást. Megtörtént a klasszikus és a molekuláris jellemzése számos hazai vírus izolátumnak. Feltárták a tünetek, patológiai jellemzők molekuláris mechanizmusát, vírusfehérjék funkcionális analízisét végezték el. Azonosították a glutathion, antioxidánsok és a szalicilsav szerepét a vírusfertőzésben és a növényi rezisztencia válaszban. Leírták a specifikus és az általános védekezési folyamatok kölcsönhatását, és a baktériumokra gyakorolt hatását. Azonosították fehérjéket, anyagcsereutat, jelátviteli folyamatokat az általános rezisztencia létrejöttéhez. Képzőeszközökkel dokumentálták a lisztgombák életciklusát. Toxintermelő gombák esetén jelentős eredmények születtek a járványtan és stresszélettan, valamint a fajok azonosítása és mikotoxin-termelése terén. A herbológia két fontos alappillérenél a gyomnövények biológiájának és ökológiájának ismerete, és a biológiai alapokra épülő hatékony gyomszabályozási stratégiák kutatásában születtek kiemelkedő eredmények. A herbicidcsökkentést célzó mechanikai gyomszabályozási módok eszköztára, a térinformatikai és szenzortechnikai fejlesztéseknek köszönhetően is folyamatosan bővül a kutatások eredményeképpen.

## Kulcsszavak

Agrozoológia, inváziós kártevő, kórokozó, vírus, viroid, fitoplazma, baktérium, gomba, gyomnövény, agrárökoszisztéma, kémiai ökológia, elektrofiziológia, illatanyag, feromon, CSALOMON csapda, hiperparazita, biológiai növényvédelem, bakteriofág, szisztémikusan szerzett rezisztencia, hiperszenzitív reakció, antioxidáns, glutation, szalicilsav, reaktív oxigén, másodlagos anyagcsere termék, mikotoxin, élelmiszer-biztonság, herbicid, mikroherbicid, növényvédő szer.

## Agrozoológia

A növényvédelmi kutatások meghatározó területe az állati kártevők kutatása, az egyes kártevők biológiájának megismerése, és az ellenük való védekezési módszerek kidolgozása. A területen három meghatározó tendencia emelhető ki a rendszerváltást követő időszakból: az agrárökoszisztéma kutatások felfutása, az egyre nagyobb számban megtelepedő inváziós kártevők által okozott problémákra reflektáló kutatások dominánssá válása, valamint a kémiai ökológia nemzetközi szinten is kiemelkedő eredményei.

Már korábban jelentkezett az az igény, hogy az élhető emberi környezet és az egészséges élelmiszertermelés miatt, az intenzív növényvédőszer használat csökkentése kiemelt fontosságú. Így szükséges volt az agrárökoszisztémák feltárása, hogy milyen természetes ellenségek találhatóak agrárterületeinken, és ezek milyen módon segíthetik a növényvédőszer használat csökkentését. A kutatások számos kártevő és hasznos szervezet jelenlétét mutatták ki. Példaként kiemelhető a hazai almaültetvényeken végzett feltáró munka, amely több mint 3000 ízeltlábú fajt említ, amely a hazai fauna 10%-át teszi ki [1, 2]. Ezen kutatások eredménye

alapján ma már elmondható, hogy az agrárterületek nem „kultúrsivatagok”, hanem fajokban gazdag, élő szerves egységek, sajátos dinamikával.

Az utóbbi évtizedekben a nemzetközi kereskedelem és személyforgalom volumenének fokozódásával a hazai növényvédelemnek is egyre fontosabb kihívásává vált az újabb és újabb, jelentős károkat okozó inváziós kártevők kutatása [3, 4]. A vonalas létesítmények szerepét vizsgálva a kártevők terjedésében [5], az első hazai észleléstől kezdve nyomon követték a pettyesszárnyú muslica hazai megtelepedésének folyamatát [6]. Egy sor gazdaságilag jelentős inváziós kártevő (pl. amerikai kukoricabogár, márványos poloska, vándorpoloska, puszpángmoly stb.) esetében nélkülözhetetlen volt a hazai kutatócsoportok sokszor együttes munkája a helyzetfelmérésben és a védekezési stratégia kidolgozásában [7].

A kémiai ökológiai, elektrofiziológiai kutatások a hazai agrozoológia sikertörténetét jelentik [8]. A kártevőket csalogató vagy távoltartó illatanyagok megismerése jelentősen segítette a növényvédelmi előrejelzés fejlődését, támogatta a hazai és nemzetközi kutatómunkát, egységes mintavételi módszereket adott a hazai mezőgazdasági területek kártevőinek megfigyeléséhez [9]. Az ATK Növényvédelmi Intézet munkatársai számos kulcskártevő rovarfaj csalogató illatanyagát (ezek leggyakrabban az ellentétes nemet vonzó szexferomonok, de növényi illatanyagok vagy ún. aggregációs feromonok is lehetnek) meghatározták, mesterségesen előállították, illetve a fajok fogására csapdát fejlesztettek ki [10–15]. Ma több száz, ezekre a kutatásokra épülő CSALOMON csapda áll a gazdálkodók rendelkezésére, hogy a kártevő rovarok felszaporodását előre jelezve segítse a megfelelő időben történő kémiai védekezést, ami jelentősen hozzájárul a környezet vegyszerterhelés csökkentéséhez.

## **Növénykórtan**

### *Vírusok, viroidok*

Termesztett növények vírusfertőzése az egyik legnagyobb kihívás napjaink mezőgazdasága számára, hiszen a direkt védekezés hiányában kizárólag a vírusfertőzések megelőzése jelent megoldást. Az elmúlt évtizedek során megtörtént a klasszikus és molekuláris jellemzése számos, a hazai mezőgazdaság számára jelentős, vírus izolátumnak (PPV, CMV, PVY, WDV, MDMV, ZYMV, TSWV, SMV, BSMV, számos szőlővírus, dísznövény vírus) [16–18]. Kollégáink vizsgálták a gyomok és vírusok kölcsönhatásait [19]. Több rekombináns vírus is azonosításra került, a vírusok rokonsági viszonyainak analízise is megtörtént [20–22]. Eredményes kísérletek történtek rezisztens transzgenikus növények előállítására és biztonságos felhasználására [23–30]. TSWV esetén rezisztenciát áttörő vírus kimutatása, lokális keletkezésének bizonyítása és a rezisztencia áttörés vírusgenetikai jellemzése megtörtént [31]. Több vírus esetén a tünetek, patológiai jellemzők molekuláris mechanizmusát feltárták, vírusfehérjék funkcionális analízisét végezték el kollégáink [32–36]. Dohány-TMV kapcsolatban feltárták a glutation, antioxidánsok és a szalicilsav szerepét a vírusfertőzésben és a növényi rezisztencia válaszban [37, 38]. A viroidok kimutatása területén a leírt kórokozók mellett kiemelkedő eredmény retroviroid szerű szekvencia kimutatása a szegfű genomjából, illetve ennek szerepe a rekombinációs folyamatokban [39, 40].

### *Fitoplazmák és baktériumok*

Fitoplazmákat azonosítottak DNS alapú diagnosztizálási eljárásokkal elsőként Magyarországon: 'Candidatus Phytoplasma pruni' és 'Candidatus Phytoplasma mali' levélbolha vektorokban is. Kimutatták, hogy egyes kórokozó fehérjék (ATPázok, proteázok) szerepet játszhatnak a fertőzési folyamatban. A 'Candidatus Phytoplasma mali' antagonistá törzsével történő előfertőzés immunizáló hatását mutatták ki közeli rokon, virulens fitoplazmákra [41]. Felhívták a figyelmet az általános védekezési folyamatok jelentőségére, melyet nem csak a kórokozó baktériumok aktiválnak. Leírták a specifikus és az általános védekezési folyamatok kölcsönhatását, és az általános védekezési reakció baktériumokra gyakorolt hatását [42, 46].

Azonosítottak fehérjéket, anyagcsereutat, jelátviteli folyamatokat, amelyek kulcsfontosságúak az általános rezisztencia létrejöttéhez [47–52]. Több növényi másodlagos anyagcsere termékről derítették ki, hogy baktériumölő hatású [53, 54].

*Agrobacterium* és *Rhizobium* baktérium fajok kimutatása történt meg új kémiai analitikai módszerekkel [55].

Számos új növény-patogén baktérium kapcsolat került leírásra [56]. Egy új baktérium faj (*Rhizobium nepotum*) került leírásra szőlő és csonthéjasok gyökeréről [57]. Kajsziról, cseresznyeszilváról és szilváról az *Erwinia amylovora* kórokozó került leírásra, mely a közeljövőben veszélyeztetheti ezen kultúrák termesztését [58, 59].

Bizonyították, hogy a növényen belül a bakteriofágok transzlokációja elősegítheti a baktériumfertőzés visszaszorítását *Erwinia amylovora* esetében [60].

#### *Növénykórokozó gombák és gombaszerű szervezetek*

Számos faj elkülönítésére, leírására, került sor, pl.: a paradicsomot fertőző *Pseudoidium neolycopersici* [61] és a fűzfát megbetegítő *Phytophthora lacustris* fajok [62]. Sikeresen bizonyítani fajhibridek keletkezését és más fajhibridek szerepét az égerfavész terjedésében [63, 64]. Képkalkotó eszközökkel dokumentálták a kalászos gabonaféléket megbetegítő lisztharmatgombák életciklusát [65]. Az élelmiszer-biztonsági szempontból fontos toxintermelő gombák elleni védekezést megalapozó eredmények születtek a járványtan és stresszélettan, valamint a *Fusarium*-fajok azonosítása és mikotoxin-termelése terén (66 – 69). A kutatók feltárták több kórokozó, pl.: a napraforgó peronoszpóra populációinak változásait [70, 71]. Eredményeket értek el a hiperparazita gombák biológiájának és a környezetbarát növényvédelemben való felhasználhatóságának kutatásában [72, 73]. Kimutatták növényvédőszer csoportokkal szembeni rezisztencia DNS-markereit szőlőlisztharmat-populációkban. A biológiai növényvédelem kapcsán feltárták a parlagfű pollentermelését visszaszorító *Cryptophyllachoraaurasiatica* életciklusát, azonosítottak egy Ázsiából származó rozsdagombafajt [74].

Számos kórokozó is leírásra került, olyanok is, melyek Európában nem fordultak elő, így pl.: a *Moniliniafructicola*-t és a *Moniliniapolystroma*-t [75, 76]. Kidolgozásra kerültek növényvédelmi-, illetve környezetkímélő technológiák [77].

A reaktív oxigén fajták és az antioxidáns rendszerek növény-kórokozó kapcsolatban betöltött szerepe is tisztázásra került [78–82]. Búzalisztharmattal fertőzött árpában tisztázták, hogy a tünetmentes nem-gazda rezisztencia markere egy reaktív oxigénszármazék [83]. Igazolták, hogy a lisztharmatra fogékony étkezési paprika rezisztenssé válik, ha rezisztens cseresznyepaprikára oltják [84]. Ez az első olyan eset, amikor ismert a kórokozó-specifikus betegségrezisztencia oltással történő átvitelének élettani-biokémiai háttere is. A búza kalászfuzáriummal szemben sokkal hatékonyabb védekezőtechnológia került kidolgozásra. Több mint száz új fumonizin toxinmetabolitis leírásra került [85]. Az első levélrozda európai rasszösszetétele, valamint a zearalenon humán hatása is igazolásra került.

#### **Herbológia**

A herbológia két fontos alappillére a gyomnövényismeret (a gyomnövények biológiájának és ökológiájának ismerete), és a biológiai alapokra épülő hatékony gyomszabályozási stratégiák kutatása.

A gyomcönológiai, gyombiológiai- és ökológiai iskolák megteremtésében Mosonmagyaróvárnak és Keszthelynek meghatározó szerepe van. A vizsgálatok kiterjedtek a hazai fontosabb egyéves és évelő gyomfajok regenerálódás biológiai sajátosságainak kutatására, a gyomnövény - kultúrnövény közötti kölcsönhatások vizsgálatára [86–92]. A keszthelyi „herbológiai iskolában” dolgozó szakemberek által szerkesztett szakkönyvek ma is fontos „alappműveknek” tekinthetők. Keszthelyen a parlagfű virágzásbiológiájához és gyomkontrolljához köthető

molekuláris biológiai vizsgálatok kiemelkedőek [93, 94]. Mosonmagyaróváron a gyomszabályozás területén elsőként alkották meg azokat a gyakorlatban használható folyamat-irányítási rendszereket kalászos gabonákban és kukoricában, amelyek precíziós alapon készültek és működnek [95–97]. Ezenkívül a robotika területén is jelentős fejlesztést végeztek (gyomfelvételező robot szabadalmaztatása).

1996-2006 között Keszthelyen az MTA Támogatott Kutatóhelyek Irodája Növény virológiai Tanszéki Kutatócsoportja működött, ahol számos új gyomgazda-vírus kapcsolatot is feltártak. Az Országos Szántóföldi Gyomfelvételezések elvégzésével a hazai gyomflóra összetételének változása, és a változásra ható tényezők hatása követhető nyomon.

Kidolgozásra került a parlagfű ellen komplex védekezési stratégia.

Elkészült a NÉBIH elektronikus növényvédő szer adatbázisa, amely naprakész információkat ad az egyes kultúrákban engedélyezett gyomirtó szerekről.

A herbológus szakemberek - a gyártó és forgalmazó cégek képviselői mellett - aktívan részt vettek az új generációs herbicidek és a mikroherbicidek szántóföldre adaptált technológiáinak kidolgozásában [98]. A martonvásári Mezőgazdasági Kutatóintézet és a szegedi Gabonatermesztési Kutatóintézet évtizedeken keresztül tesztelte saját nemesítésű növényfajtáik/hibridjeik herbicidekkel szembeni érzékenységét [99].

A herbicid csökkentést célzó mechanikai gyomszabályozási módok eszköztára- a térinformatikai és szenzortechnikai fejlesztéseknek köszönhetően - is folyamatosan bővült/bővül.

A nem transzgénikus úton létrehozott herbicid toleráns hibridek termesztésével lehetővé vált olyan gyomok ellen is védekezni az egyes kultúrákban, amire a hagyományos hibridekben nincsen hatékony megoldás (IMI kukorica, napraforgó és repce, SU napraforgó, CT kukorica) [100].

A herbológiai gyakorlat aktuális problémái – különösen a herbicid rezisztens gyombiotípusok megjelenése– indukálják a jövőbeni kutatások irányvonalát.

## Hivatkozások

### *Agrozoológia:*

- [1] Cross JV, Fountain M, Markó V, Nagy Cs (2015): Arthropod ecosystem services in apple orchards and their economic benefits. *Ecol. Entomol.* 40 (Suppl. 1): 82-96.
- [2] Jenser G, Balázs K, Erdélyi Cs, Haltrich A, Kádár F, Kozár F, Markó V, Rácz V, Samu F (1999): Changes in arthropod population composition in IPM apple orchards under continental climatic conditions in Hungary. *Agricult. Ecosyst. Environ.* 73: 141-154.
- [3] Tóth Sz, Szalai M, Kiss J, Toepfer S (2020): Missing temporal effects of soil insecticides and entomopathogenic nematodes in reducing the maize pest *Diabrotica virgifera virgifera*. *J. Pest Sci.* 93:767-781.
- [4] Véték G, Papp V, Haltrich A, Rédei D (2014): First record of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae), in Hungary, with description of the genitalia of both sexes. *Zootaxa* 3780: 194-200.
- [5] Szentesi Á., György Z., Jermy T., Kiss B. (2017): Seasonal changes in bruchid (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) assemblages along managed highway ecotones. *Eur. J. Entomol.* 114: 488-499.
- [6] Kiss B, Kis A, Kákai Á (2016): The rapid invasion of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), in Hungary. *Phytoparasitica* 44: 429-433.
- [7] Papp V, Ladányi M, Véték G (2018): Temperature-dependent development of *Aproceros leucopoda* (Hymenoptera: Argidae), an invasive pest of elms in Europe. *J. Appl. Entomol.* 142: 589-597.
- [8] Tholt G, Samu F, Kiss B (2015): Feeding behaviour of a virus-vector leafhopper on host and non-host plants characterised by electrical penetration graphs. *Entomol. Exp. Appl.* 155: 123-136.
- [9] Fodor J, Köblös G, Kákai Á, Kárpáti Z, Molnár BP, Dankó T, Bozsik G, Bognár Cs, Szöcs G, Fónagy A (2017): Molecular cloning, mRNA expression and biological activity of the pheromone biosynthesis activating neuropeptide (PBAN) from the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *Insect Mol. Biol.* 26: 616-632.
- [10] Molnár B, Kárpáti Zs, Szöcs G, Hall DR (2009): Identification of female-produced sex pheromone of the honey locust gall midge, *Dasineura gleditchiae*. *J. Chem. Ecol.* 35: 706-714.
- [11] Szelényi MO, Erdei AL, Jósvai JK, Radványi D, Sümegi B, Véték G, Molnár BP, Kárpáti Z (2020): Essential Oil Headspace Volatiles Prevent Invasive Box Tree Moth (*Cydalima perspectalis*) Oviposition—Insights from Electrophysiology and Behaviour. *Insects* 11: 465-480.
- [12] Szöcs G, Raina A, Tóth M, Leonhardt BA (1993): Sex pheromone components of *Heliothis maritima*: chemical identification, flight tunnel and field tests. *Entomol. Exp. Appl.* 66: 247-253.
- [13] Szöcs G, Tóth M, Kárpáti Zs, Zhu J, Löfstedt C, Plass E, Francke W (2004): Identification of polienic hydrocarbons from the northern winter moth, *Operophtera fagata*, and development of a species specific lure for pheromone traps. *Chemoecology* 14: 53-85.

[14] Tóth M, Löfstedt C, Blair BW, Cabello T, Farag AI, Hansson BS, Kovalev BG, Maini S, Nesterov EA, Pajor I, Sazonov AP, Shamshev IV, Subchev M, Szöcs G (1992): Attraction of male turnip moths *Agrotis segetum* (Lepidoptera: Noctuidae) to sex pheromone components and their mixtures at 11 sites in Europe, Asia, and Africa. *J. Chem. Ecol.* 18: 1337-1347.

[15] Tóth M, Szarukán I, Nagy A, Ábri T, Katona V, Kőrösi Sz, Nagy T, Szarvas Á, Koczor S (2016): An improved female-targeted semiochemical lure for the European corn borer *Ostrinia nubilalis* Hbn. *Acta Phytopathol. Entomol. Hung.* 51: 247-254.

#### ***Virusok, viroidok:***

[16] Cseh E, Takács AP, Gáborjányi R, Palkovics L, Kocsis L (2013): RT-PCR analysis and evolutionary relationship of some Hungarian Grapevine leafroll associated virus 1 and 3 isolates. *Am. J. Plant Sci.* 4: 2006-2010.

[17] Glasa M, Palkovics L, Komínek P, Labonne G, Pittnerová S, Kúdela O, Candresse T, Šubr Z (2004): Geographically and temporally distant natural recombinant isolates of Plum pox virus (PPV) are genetically very similar and form a unique PPV subgroup. *J. Gen. Virol.* 85: 2671-2681.

[18] Thole V, Dalmay T, Burgyán J, Balázs E (1993): Cloning and sequencing of *potato virus Y* (Hungarian isolate) genomic RNA. *Gene* 123: 149-156.

[19] Kazinczi G, Horváth J, Lesemann DE (2002): Perennial plants as natural hosts of three viruses. *Zeitschr. Pflanzenkrankh. Pflanzensch.* 109: 301-310.

[20] Kiss L, Sebestyén E, László E, Salamon P, Balázs E, Salánki K (2008): Nucleotide sequence analysis of peanut stunt virus Rp strain suggests the role of homologous recombination in cucumovirus evolution. *Arch. Virol.* 153: 1373-1377.

[21] Palkovics L, Burgyán J, Balázs E (1993): Comparative sequence analysis of four complete primary structures of *plum pox virus* strains. *Virus Genes* 7: 339-347.

[22] Tóbiás I, Palkovics L, Zvekova I, Balázs E (2001): Replacement of coat protein gene of *plum pox potyvirus* with that of *zucchini yellow mosaic potyvirus*: characterization of the hybrid potyvirus. *Virus Res.* 76: 9-16.

[23] Balázs E (1998): Research challenges and needs for safe use of transgenic organisms: Introduction. *Phytoprotection* 79: 103-106.

[24] Bukovinszki Á, Divéki Z, Csányi M, Palkovics L, Balázs E (2007): Engineering resistance to PVY in different potato cultivars in a marker-free transformation system using a 'shooter mutant' *A. tumefaciens*. *Plant Cell Rep.* 26: 459-465.

[25] Dietrich C, Miller J, McKenzie G, Palkovics L, Balázs E, Palukaitis P, Maiss E (2007): No recombination detected in artificial potyvirus mixed infections and between potyvirus derived transgenes and heterologous challenging potyviruses. *Environ. Biosaf. Res.* 6: 207-218.

[26] Fehér A, Skryabin KG, Balázs E, Preiszner J, Shulga OA, Zakharyev VM, Dudits D (1992): Expression of PVX coat protein gene under the control of extensin-gene promoter confers virus-resistance on transgenic potato. *Plants Plant Cell Rep.* 11: 48-52.

[27] Kollár Á, Thole V, Dalmay T, Salamon P and Balázs E [1993]: Efficient pathogen-derived resistance induced by integrated potato virus Y coat protein gene in tobacco. *Biochimie*, 75 [7]: 623-629.

- [28] Varrelmann M, Palkovics L, Maiss E (2000): Transgenic or plant expression vector-mediated recombination of *plum pox virus*. *J. Virol.* 74: 7462-7469.
- [29] Wittner A, Palkovics L, Balázs E (1998): *Nicotiana benthamiana* plants transformed with the *Plum pox virus* helicase gene are resistant to virus infection. *Virus Res.* 53: 97-103.
- [30] Király Z, Barna B, Kecskés A, Fodor J (2002): Down-regulation of antioxidative capacity in a transgenic tobacco which fails to develop acquired resistance to necrotization caused by TMV. *Free Radic. Res.* 36: 981-991.
- [31] Almási A, Nemes K, Csömör Z, Tóbiás I, Palkovics L, Salánki K (2017): A single point mutation in Tomato spotted wilt virus NSs protein is sufficient to overcome Tsw-gene-mediated resistance in pepper. *J. Gen. Virol.* 98: 1521-1525.
- [32] Divéki Z, Salánki K, Balázs E (2004): The necrotic pathotype of the Cucumber mosaic virus [CMV] Ns strain is solely determined by amino acid 461 of the 1a protein. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 17: 837-845.
- [33] Nemes K, Gellért Á, Balázs E, Salánki K (2014): Alanine scanning of Cucumber mosaic virus [CMV] 2B protein identifies different positions for cell-to-cell movement and gene silencing suppressor activity. *PLoS One* 9: e112095.
- [34] Salánki K, Gellért Á, Náray-Szabó G, Balázs E (2007): Modeling-based characterization of the elicitor function of amino acid 461 of *Cucumber mosaic virus* 1a protein in the hypersensitive response. *Virology* 358: 109-118.
- [35] Salánki K, Kiss L, Gellért Á, Balázs E (2011): Identification a coat protein region of Cucumber mosaic virus [CMV] essential for long-distance movement in cucumber. *Arch. Virol.* 156: 2279-2283.
- [36] Varrelmann M, Maiss E, Pilot R, Palkovics L (2007): Use of pentapeptide-insertion scanning mutagenesis for functional mapping of the *plum pox virus* helper component proteinase suppressor of gene silencing. *J. Gen. Virol.* 88: 1005-1015.
- [37] Fodor J, Gullner G, Ádám AL, Barna B, Kömíves T, Király Z (1997): Local and systemic responses of antioxidants to tobacco mosaic virus infection and to salicylic acid in tobacco: Role in systemic acquired resistance. *Plant Physiol.* 114: 1443-1451.
- [38] Künstler A, Király L, Kátay G, Enyedi AJ, Gullner G (2019): Glutathione can compensate for salicylic acid deficiency in tobacco to maintain resistance to *Tobacco mosaic virus*. *Front. Plant Sci.* 10: 1115.
- [39] Hegedűs K, Dallmann G, Balázs E (2004): The DNA form of a retroviroid-like element is involved in recombination events with itself and with the plant genome. *Virology* 325: 277-286.
- [40] Hegedűs K, Palkovics L, Tóth EK, Dallmann G, Balázs E (2001): The DNA form of a retroviroid-like element characterized in cultivated carnation species. *J. Gen. Virol.* 82: 687-691.

#### ***Fitoplazmák és baktériumok:***

- [41] Seemüller E, Süle S, Kube M, Jelkmann W, Schneider B (2013): The AAA+ ATPases and HflB/FtsH proteases of 'Candidatus *Phytoplasma mali*': Phylogenetic diversity, membrane topology, and relationship to strain virulence. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 26: 367-376.

- [42] Barna B, Fodor J, Harrach BD, Pogány M, Király Z (2012): The Janus face of reactive oxygen species in resistance and susceptibility of plants to necrotrophic and biotrophic pathogens. *Plant Physiol. Biochem.* 59: 37-43.
- [43] Bozsó Z, Maunoury N, Szatmári Á, Mergaert P, Ott PG, Zsíros LR, Szabó E, Kondorosi É, Klement Z (2009): Transcriptome analysis of bacterially induced basal and hypersensitive response of *Medicago truncatula*. *Plant Mol. Biol.* 70: 627-646.
- [44] Ott PG, Varga GJ, Szatmári Á, Bozsó Z, Klement É, Medzihradzky KF, Besenyei E, Czalleng A, Klement Z (2006): Novel extracellular chitinases rapidly and specifically induced by general bacterial elicitors and suppressed by virulent bacteria as a marker of early basal resistance in tobacco. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 19: 161-172.
- [45] Szabó E, Szatmári A, Hunyadi-Gulyás E, Besenyei E, Zsíros LR, Bozsó Z, Ott PG (2012): Changes in apoplast protein pattern suggest an early role of cell wall structure remodelling in flagellin-triggered basal immunity. *Biol. Plant.* 56: 551-559.
- [46] Szatmári Á, Zvara A, Móricz ÁM, Besenyei E, Szabó E, Ott PG, Puskás LG, Bozsó Z (2014): Pattern Triggered Immunity [PTI] in Tobacco: Isolation of activated genes suggests role of the phenylpropanoid pathway in inhibition of bacterial pathogens. *PLoS One* 9:e102869.
- [47] Barna B, Smigocki AC, Baker JC (2008): Transgenic production of cytokinin suppresses bacterial induced HR symptoms and increases antioxidative enzyme levels in *Nicotiana*. *Phytopathology* 98: 1242-1247.
- [48] Ádám A, Farkas T, Somlyai G, Hevesi M, Király Z (1989): Consequence of 02-generation during a bacterially induced hypersensitive reaction in tobacco: deterioration of membrane lipids. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 34: 13-26.
- [49] Barna B, Fodor J, Pogány M, Király Z (2003): Role of reactive oxygen species and antioxidants in plant disease resistance. *Pest Managem. Sci.* 59: 459-464.
- [50] Gullner G, Kőmíves T, Király L, Schröder P (2018): Glutathione S-transferase enzymes in plant-pathogen interactions. *Front. Plant Sci.* 9: 1836.
- [51] Kámán-Tóth E, Dankó T, Gullner G, Bozsó Z, Palkovics L, Pogány M (2019): Contribution of cell wall peroxidase- and NADPH oxidase-derived reactive oxygen species to *Alternaria brassicicola*-induced oxidative burst in *Arabidopsis*. *Mol. Plant Pathol.* 20: 485-499.
- [52] Klement Z, Bozsó Z, Kecskés ML, Besenyei E, Arnold C, Ott PG (2003): Local early induced resistance of plants as the first line of defence against bacteria. *Pest Managem. Sci.* 59: 465-474.
- [53] Móricz ÁM, Ott PG, Häbe T, Darcsi A, Böszörményi A, Alberti Á, Krüzselyi D, Csontos P, Béni S, Morlock GE (2016): Effect-directed discovery of bioactive compounds followed by highly targeted characterization, isolation and identification, exemplarily shown for *Solidago virgaurea*. *Anal. Chem.* 88: 8202-8209.
- [54] Móricz ÁM, Ott PG, Yüce I, Darcsi A, Béni S, Morlock GE (2018): Effect-directed analysis via hyphenated high-performance thin-layer chromatography for bioanalytical profiling of sunflower leaves. *J. Chromatogr.* 1533: 213-220.
- [55] Salplachta J, Kubesová A, Moravcová D, Vykydalová M, Süle S, Matoušková H, Horký J, Horká M (2013): Use of electrophoretic techniques and MALDI-TOF MS for rapid and



reliable characterization of bacteria: analysis of intact cells, cell lysates, and “washed pellets”. *Anal. Bioanal. Chem.* 405: 3165-3175.

[56] Palkovics L, Petróczy M, Kertész B, Németh J, Bársony Cs, Mike Zs, Hevesi M (2008): First report of bacterial fruit blotch of watermelon caused by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* in Hungary. *Plant Dis.* 92: 834.

[57] Puławska J, Willems A, De Meyer SE, Süle S (2012): *Rhizobium nepotum* sp. nov. isolated from tumors on different plant species. *Syst. Appl. Microbiol.* 35: 215-220.

[58] Végh A, Palkovics L (2013): First occurrence of fire blight on apricot [*Prunus armeniaca*] in Hungary. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 41: 1-6.

[59] Végh A, Némethy Zs, Hajagos L, Palkovics L (2012): First report of *Erwinia amylovora* on plum [*Prunus domestica* L.] in Hungary. *Plant Dis.* 96: 759.

[60] Kolozsváriné Nagy J, Schwarczinger I, Künstler A, Pogány M, Király L (2015): Penetration and translocation of *Erwinia amylovora*-specific bacteriophages in apple - a possibility of enhanced control of fire blight. *Eur. J. Plant Pathol.* 142: 815–827.

#### **Növénykórokozó gombák és gombaszerű szervezetek:**

[61] Jankovics T, Bai Y, Kovács GM, Bardin M, Nicot PC, Toyoda H, Matsuda Y, Niks RE, Kiss L (2008): *Oidium neolycopersici*: Intra-specific variability inferred from AFLP analysis and relationship with closely related powdery mildew fungi infecting various plant species. *Phytopathology* 98: 529-540.

[62] Nechwatal J, Bakonyi J, Cacciola SO, Cooke DEL, Jung T, Nagy ZÁ, Vannini A, Vettraino AM, Brasier CM (2013): The morphology, behaviour and molecular phylogeny of *Phytophthora* taxon Salixsoil and its redesignation as *Phytophthora lacustris* sp. nov. *Plant Pathol.* 62: 355-369.

[63] Bakonyi J, Nagy ZÁ, Érsek T (2006): PCR-based DNA markers for identifying hybrids within *Phytophthora alni*. *J. Phytopathol.* 154: 168-177.

[64] English JT, Ládai M, Bakonyi J, Schoelz JE, Érsek T (1999): Phenotypic and molecular characterization of species hybrids derived from induced fusion of zoospores of *Phytophthora capsici* and *Phytophthora nicotianae*. *Mycol. Res.* 103: 1003-1008.

[65] Jankovics T, Komáromi J, Fábrián A, Jäger K, Vida Gy, Kiss L (2015): New insights into the life cycle of the wheat powdery mildew: direct observation of ascosporic infection in *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*. *Phytopathology* 105: 797-804.

[66] Mulé G, Gonzales-Jaen MT, Hornok L, Nicholson P, Waalwijk C (2005): Advances in molecular diagnosis of toxigenic *Fusarium* species: A review. *Food Addit. Contam.* 22: 316-323.

[67] Szécsi Á, Bartók T, Varga M, Magyar D, Mesterházy Á (2005): Determination of trichothecene chemotypes of *Fusarium graminearum* strains isolated in Hungary. *J. Phytopathol.* 153: 445-448.

[68] Hornok L, Waalwijk C, Leslie JF (2007): Genetic factors affecting sexual reproduction in toxigenic *Fusarium* species. *Internat. J. Food Microbiol.* 119: 54-58.

[69] Xu X, Madden LV, Edwards SG, Doohan FM, Moretti A, Hornok L, Nicholson P, Ritieni A (2013): Developing logistic models to relate the accumulation of DON associated with *Fusarium* head blight to climatic conditions in Europe. *Eur. J. Plant Pathol.* 137: 689-706.

- [70] Gulya TJ, Sackston WE, Virányi F, Masirevic S, Rashid KY (1991) New races of the sunflower downy mildew pathogen [*Plasmopara halstedii*] in Europe and North and South America. *J. Phytopathol.* 132: 303-311.
- [71] Virányi F, Gulya TJ [1995]: Inter-isolate variation for virulence in *Plasmopara halstedii* [sunflower downy mildew] from Hungary. *Plant Pathol.* 44: 619-624.
- [72] Pintye A, Bereczky Z, Kovács GM, Nagy LG, Xu X, Legler SE, Váczy Z, Váczy KZ, Caffi T, Rossi V, Kiss L (2012): No indication of strict host associations in a widespread mycoparasite: Grapevine powdery mildew [*Erysiphe necator*] is attacked by phylogenetically distant *Ampelomyces* strains in the field. *Phytopathology* 102: 707-716.
- [73] Legler SE, Pintye A, Caffi T, Gulyás S, Bohár G, Rossi V, Kiss L (2016): Sporulation rate in culture and mycoparasitic activity, but not mycohost specificity, are the key factors for selecting *Ampelomyces* strains for biocontrol of grapevine powdery mildew [*Erysiphe necator*]. *Eur. J. Plant Pathol.* 144: 723-736.
- [74] Kiss L, Kovács GM, Bóka K, Bohár G, Varga Bohárné K, Németh MZ, Takamatsu S, Shin HD, Hayova V, Nischwitz C, Seier MK, Evans HC, Cannon PF, Ash GJ, Shivas RG, Müller-Schärer H (2018) Deciphering the biology of *Cryptophyllachora eurasiatica* gen. et sp. nov., an often cryptic fungal pathogen of an allergenic weed, *Ambrosia artemisiifolia*. *Scientific Reports* 8:10806.
- [75] Petróczy M, Palkovics L (2006): First report of brown rot caused by *Monilinia fructicola* on imported peach in Hungary. *Plant Dis.* 90: 375.
- [76] Petróczy M, Palkovics L (2009): First report of *Monilia polystroma* on apple in Hungary. *Eur. J. Plant Pathol.* 125: 343-347.
- [77] Barna B, Ádám A, Király Z (1993): Juvenility and resistance of a superoxide-tolerant plant to disease and other stresses. *Naturwissenschaften* 80: 420-422.
- [78] El-Zahaby HM, Gullner G, Király Z (1995): Effects of powdery mildew infection of barley on the ascorbate-glutathione cycle and other antioxidants in different host-pathogen interactions. *Phytopathology* 85: 1225-1230.
- [79] Kámán-Tóth E, Dankó T, Gullner G, Bozsó Z, Palkovics L, Pogány M (2019): Contribution of cell wall peroxidase- and NADPH oxidase-derived reactive oxygen species to *Alternaria brassicicola*-induced oxidative burst in *Arabidopsis*. *Mol. Plant Pathol.* 20: 485-499.
- [80] Pogány M, vonRad U, Grün S, Dongó A, Pintye A, Simoneau P, Bahnweg G, Kiss L, Barna B, Durner J (2009): Dual roles of reactive oxygen species and NADPH oxidase RBOHD in an *Arabidopsis*-*Alternaria* pathosystem. *Plant Physiol.* 151: 1459-1475.
- [81] Gullner G, Juhász Cs, Németh A, Barna B (2017): Reactions of tobacco genotypes with different antioxidant capacities to powdery mildew and *Tobacco mosaic virus* infections. *Plant Physiol. Biochem.* 119: 232-239.
- [82] Deák M, Horváth GV, Davletova S, Török K, Sass L, Vass I, Barna B, Király Z, Dudits D (1999): Plants ectopically expressing the iron-binding protein, ferritin, are tolerant to oxidative damage and pathogens. *Nat. Biotechnol.* 17: 192-196.
- [83] Künstler A, Bacsó R, Albert R, Barna B, Király Z, Hafez YM, Fodor J, Schwarczinger, I, Király, L. (2018): Superoxide [O<sub>2</sub><sup>-</sup>] accumulation contributes to symptomless [type I] nonhost resistance of plants to biotrophic pathogens. *Plant Physiol. Biochem.* 128: 115-125.

[84] Albert R, Künstler A, Lantos F, Ádám AL, Király L (2017): Graft-transmissible resistance of cherry pepper [*Capsicum annuum* var. *cerasiforme*] to powdery mildew [*Leveillula taurica*] is associated with elevated superoxide accumulation, NADPH oxidase activity and pathogenesis-related gene expression. *Acta Physiol. Plant.* 39: 53.

[85] Bartók T, Tölgyesi L, Szekeres A, Varga M, Bartha R, Szécsi Á, Bartók M, Mesterházy Á (2010): Detection and characterization of twenty-eight isomers of fumonisin B1 [FB1] mycotoxin in a solid rice culture infected with *Fusarium verticillioides* by reversed-phase high-performance liquid chromatography/electrospray ionization time-of-flight and ion trap mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 24: 35-42.

### **Herbológia:**

[86] [Béres I](#), [Kazinczi G](#) (2000): [Allelopathic effects of shoot extracts and residues of weeds on field crops](#). *Allelopathy J.* 7:93-98.

[87] [Kazinczi G](#), [Gáspár L](#), [Nyitrai P](#), [Gáborjányi R](#), [Sárvári É](#), [Takács A](#), [Horváth J](#) (2006): [Herbicide-affected plant metabolism reduces virus propagation](#). *Zeitsch. Naturforsch.* 61: 692-698.

[88] [Kazinczi G](#), Horváth J, [Takács A](#) (2007): [Tospoviruses on ornamentals](#). *Plant Viruses* 1: 142-162.

[89] [Kazinczi G](#), [Mikulás J](#), Hunyadi K, [Horváth J](#) (1997): [Allelopathic effects of weeds on growth of wheat, sugarbeet and \*Brassica napus\*](#). *Allelopathy J.* 4: 335-340.

[90] Pinke Gy, Blazsek K, Magyar L, Nagy K, Karácsony P, Czucz B, Botta-Dukát Z (2016): Weed species composition of conventional soyabean crops in Hungary is determined by environmental, cultural, weed management and site variables. *Weed Res.* 56: 470-481.

[91] [Radics L](#), Glemnitz M, Mackensen K (2006): [Sotatus quo of weed management in organic farming in the new EU member states and the acceding countries](#). *J. Plant Dis. Protect.* 20: 627-634.

[92] [Zalai M](#), Dorner Z, Keresztes Zs (2014): [Seasonal weed structure of maize in the light of farming systems](#). *Appl. Ecol. Environ. Res.* 12: 765-776.

[93] Taller J, Decsi K, Farkas E, Nagy E, Mátyás KK, Kolics B, Kutasy B, Virág E (2016): De novo transcriptome sequencing based identification of Amb a 3-like pollen allergen in common ragweed [*Ambrosia artemisiifolia*]. *J. Bot. Sci.* 5: 12-16.

[94] Mátyás KK, Taller J, Cseh A, Poczai P, Cernák I (2011): Development of a simple PCR-based assay for the identification of triazine resistance in the noxious plant common ragweed [*Ambrosia artemisiifolia*] and its applicability in higher plants. *Biotechnol. Lett.* 33: 2509-2515.

[95] Borsiczky I, Enzsöl E, Farkas B, Reisinger P (2015): Study of the use of N sensor in weed covered fields of winter wheat. *Herbologia* 15: 99-110.

[96] [Reisinger P](#), Pecze Zs, Kiss B (2008): [Precision developments in the preemergent weed control of sunflower](#). *J. Plant Dis. Protect.* Special Issue 21: 177-180.

[97] [Takács-György K](#), [Reisinger P](#), Takács E, [Takács I](#) (2008): [Economic analysis of precision plant protection by stochastic simulation based on finite elements method](#). *J. Plant Dis. Protect.* Special Issue 21: 181-186.

[98] [Kukorelli G](#), [Reisinger P](#), [Pinke Gy](#) (2013): [ACCase inhibitor herbicides – selectivity, weed resistance and fitness cost: a review](#). *Internat. J. Pest Managem.* 59: 165-173.

[99] Pinke Gy, Csiky J, Mesterházy Á, Tari L, Pál R, Botta-Dukát Z, Czucz B (2014): The impact of management on weeds and aquatic plant communities in Hungarian rice crops. *Weed Res.*54: 388-397.

[100] [Kukorelli G](#), [Reisinger P](#), [Kazinczi G](#)(2012): [Results of the study of cross-resistance and effect of herbicide on crops in the production of cycloxydim-tolerant maize \[\*Zea mays\* L.\]](#). *Maydica* 57: 188-193.