



GEORGICON
FOR
AGRICULTURE

A MULTIDISCIPLINARY
JOURNAL IN AGRICULTURAL
SCIENCES

SPECIAL ISSUE

Volume 26

2022

Number 1

The Journal **Georgikon for Agriculture** (briefly: G. Agric) is published twice a year by Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus. Articles of original research findings in all fields of agriculture and related topics are published in the Journal subsequent to critical review and approval by the Editorial Board.

Editorial Board

Editor-in-Chief: Rózsa L., PhD, Director of the Georgikon Campus

Editor: Anda A., DSc

Associate Editors: Talács A., PhD, Kormos É., PhD

Technical Editor: Kormos É., PhD

Reviewers: Budai P., Gáborjányi R., Hermann T., Kadlicskó S., Kazinczi G., Keresztes B., Kormos É., Marczali Zs., Pályi B., Pintér Cs., Pogány M., Szabó R., Takács A.

Georgikon is the predecessor of the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Georgikon Campus founded by Count Gy. Festetics in 1797. Georgikon was among the first regular agricultural colleges in Europe that time.

Responsible Publisher is the Director of the Georgikon Campus, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, KESZTHELY.

HU ISSN 0239 1260

A BURGONYA ALTERNATÍV ÉS HERBICIDES GYOMSZABÁLYOZÁSI TECHNOLÓGIÁINAK VIZSGÁLATA

*Dezső Dániel - Pásztor György**

MATE, Növényvédelmi Intézet Növényvédelmi Tanszék

*pasztor.gyorgy@uni-mate.hu

Összefoglalás

A kísérletünkben két szerves talajtakaró anyag (szalma és fűnyesedék) hatását hasonlítottuk össze házikertekben is engedélyezett herbicidekkel burgonya kultúrában, különös tekintettel a gyomosodásra és a termés mennyiségére, illetve minőségére gyakorolt hatására. A vegetáció elején a fűnyesedék és a szalma is kiváló gyomelnyomó hatást ért el (2-5%-os gyomborítottság), azonban a vegetáció végére ez a hatás csökkent, különösen a fűnyesedék esetén (46.9 - 65.6%), ennek következtében, önmagukban nem voltak kielégítő hatásúak a gyomnövények ellen (14.3 - 15.14 t/ha-os termésátlag). Ugyanakkor a preemergensen alkalmazott S-metolaklór és metribuzin hatóanyag kiváló hatást biztosított. A kísérletben alkalmazott pendimetalin hatóanyag önmagában nem elég hatékony, a vizsgált paraméterekben ugyanis nem különbözött a gyomos kontrolltól szignifikáns mértékben, továbbá különös, hogy a területen nagy tömegben megjelenő, magról kelő olaszperje ellen sem volt kielégítő a hatása, ami jelezheti a gyomfaj rezisztenciáját a hatóanyagra.

Kulcsszavak: burgonya, gyomszabályozás, mulcs, talajtakarás, szalma, fűnyesedék, metribuzin, pendimetalin

Abstract

In our experiment we compared the effect of organic mulch (wheat strew and grass mulch) on the weed cover, yield and quality of potatoes, with some herbicides. Early in the vegetation period the grass mulch and strew had very good weed suppression (2-5% weed cover), but lately in the end of the vegetation this suppression decreased, especially in the grass mulch (46.9 - 65.6% weed cover), so they had not good enough effect against the weeds (14.3 - 15.14 t/ha yield was occurred). However, preemergent applicated S-metolachlor and metribuzin gained good effect. The individually used pendimethalin did not had significant effect on weed cover, yield or other examined parameters compared to the weedy check, furthermore its effect on the weed *Lolium multiflorum* was very low, that can signal the resistance of the weed species on the pendimethalin.

Keywords: potato, weed control, mulch, strew, grass mulch, metribuzin, pendimethalin

Bevezetés

A burgonya gyomszabályozási technológiája rendkívül különleges a bakhátas termesztés miatt. A szekunder, vagy végleges bakhát után mechanikai gyomszabályozási műveletet végezni már nem tudunk (Doma, 2014). A nagyüzemekben elterjed módszer a kémiai gyomszabályozás, elegendő hatóanyag és készítmény áll rendelkezésre, azonban sok fajta érzékeny a herbicidekre, amit a kombinációk kiválasztásánál érdemes figyelembe venni (Doboczi, 2006; Kiss, 2018). Az ökológiai gazdaságokban ugyanakkor nem használhatók a herbicidek, továbbá a legtöbb nem szabadforgalmú, így a kiskerti termelők sem alkalmazhatják azokat. Több kutatás is

irányult alternatív gyomszabályozási technológiák kifejlesztésére és vizsgálatára külföldön és hazánkban egyaránt (El-Metwally and El-Wakeel, 2019; Yadav et al., 2015). Ezek közül a legnépszerűbbek a különböző szerves (szalma, fűnyesedék, avar stb.) és mesterséges talajtakaró (műanyag fólia) anyagok használata (Bhullar et al., 2015; Dvořák et al., 2012; Edwards et al., 2000; Döring et al., 2005; Sarangi et al., 2021; Shafiq and Kaur, 2021; Shehata et al., 2018; Wang and He, 2012). A felsorolt kutatásokban jelentős eredményeket értek el a talajtakarással. A mulcsanyagok fő hatása a talajra jutó fény gátlása nyomán alakul ki (Hunyadi et al., 2011). Szalma mellett karton pappírt is alkalmaztak eredményesen mulcsolásra (Kruták and Zalai, 2018). A gyomszabályozás mellett egyéb pozitív hatásai vannak a mulcsolásnak, többek között a talaj hőmérsékletét csökkenti, javítja a vízháztartást és csökkenti az eróziót (Döring et al., 2005; Dvořák et al., 2012; Goel et al., 2019; Kar and Kumar, 2007). Továbbá (Zehnder and Hough-Goldstein, 1990; Brust, 1993) szerint a burgonyabogár károsítását is csökkentheti a szalma mulcsolás, valamint a PVY fertőzést is gyengítheti (Saucke and Döring, 2004, Krichner, et al., 2014), továbbá egyéb károsítók elleni védekezésben is segítségünkre lehetnek a mulcsanyagok (Fehér et al., 2017).

Anyag és módszer

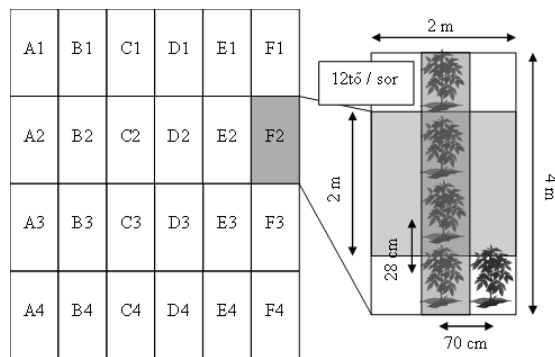
A kísérlet beállításra a Dezső családi gazdaságban, Nemespátróban került sor 2021-ben. A területen 6x4 parcellát alakítottunk ki (1. ábra), melyek 8 m² területűek voltak, 4 kezelést és 2 kontrollt alkalmaztunk, mindet 4 ismétlésben. Ezek a következők voltak:

A: gyomos kontroll (itt gyomszabályozási műveletet nem végeztünk); B: gyomlált kontroll (itt a tenyészidőszak során 2 kapálásra és 5 gyomlálásra került sor); C: szalma takarás (15 cm-es vastagságban kijuttatva); D: fűnyesedékes takarás (15 cm-es vastagságban, a gazdaság központjának udvaráról első kaszálás után gyűjtött nyesedék); E: Herbicid 1 (pendimetalin

hatóanyag önmagában – Stomp Aqua); F: Herbicid 2 (S-metolaklór és metribuzin kombináció - Dual Gold 960 EC és Sencor 960 SC).

A területen az elővetemény káposzta volt, majd télen szerves trágyázás és szántás történt, a tavaszi ültetőágy készítés talajmaróval végeztük, műtrágyázással egy menetben, majd az ültetésre április közepén került sor, automata ültetőgéppel, amely a végleges bakhátat is felhúzta. A talajtakaró anyagok és herbicidek kijuttatása 2021. május 4-5.-ig megtörtént

A gyomosodás vizsgálatára három gyomfelvételezést végeztünk Balázs-Ujvárosi módszer szerint, ezek időpontjai: 2021. 06.03., 07.09. és 08.31. A betakarításra szeptember 18.-án került sor, amikor vizsgáltuk a gumók mennyiségét és tömegét, egyedi átmérőjét és tömegét, továbbá a beteg, rágott és fiziológiailag károsodott (babásodás, csíragumó növekedés, zöldülés, torzulás stb.) gumók arányát.



1. ábra A kísérlet elrendezése és a termesztés paramétereit

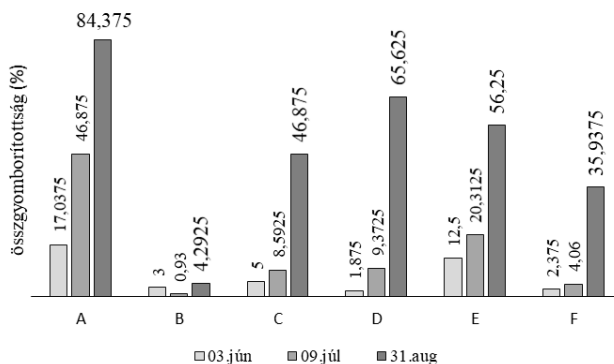
A statisztikai kiértékeléshez IBM SPSS 23 és Ms. Excel szoftvert használtunk, alkalmazott módszerek: ANOVA, Kruscal-Wallis teszt, post-hoc tesztek – Tukey HSD teszt.

Eredmények

A gyomfelvételezések eredményei

A domináns gyomfajok a burgonyára jellemző T4-es gyomfajok közül kerültek ki (*Chenopodium spp* - libatopfélék; *Amaranthus spp* - disznóparéjfélék; *Ambrosia artemisiifolia* - parlagfű, *Echinochloa crus-gali* - kakaslábű, *Setaria glauca* – fakó muhar), ugyanakkor a tenyészdőszak végére nagy arányban terjed el az apró szulák (*Convolvulus arvensis*) is. Szinte minden parcellán domináns volt továbbá a magról kelő olaszperje (*Lolium multiflorum*), mely valószínűleg a szerves trágyával került be. A tenyészdő alatt végzett felmérések a 2. ábrán láthatóak. A legnagyobb gyomborítást a három felvételezés folyamán, a gyomos kontrollban tapasztaltuk, ezt a gyomborítást minden kezelés csökkentette kisebb - nagyobb mértékben.

A „D” kezelés esetében a kezdeti kiváló hatás után a fűnyesedék bomlásával a takaróanyag gyomelnyomó képessége nagymértékben csökkent, a „C” kezelésben is hasonló volt a helyzet, habár itt ez nem volt olyan kifejezett. A „E” kezelés nem szerepelt jól a takaróanyagokhoz képest, különösen az első két felvételezésnél. Ugyanakkor az „F” kezelés a rendkívül jó hatást ért el, a vegetáció végére is csak az élől apró szulák terjedése miatt tapasztalhattunk ilyen mértékű gyomborítást. A harmadik felvételezésre szignifikánsan csökkent a fajok száma a herbicides kezelésekben a többi kezeléshez képest ($P < 0,001$).

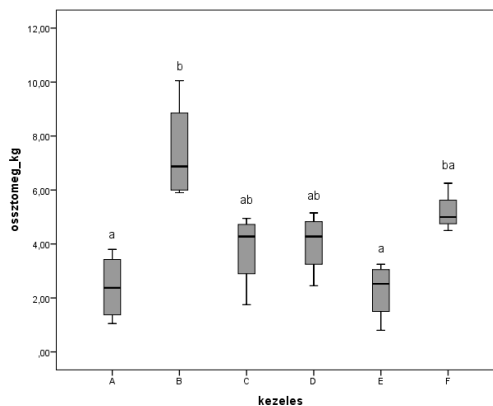


2. ábra A gyomfelvételezésekkor tapasztalt átlagos gyomborítottóságok (%)

Termésmennyiségi és minőségi eredmények

A vizsgált paraméterek közül az egyedi átlagos gumóátmérő és gumótömeg esetén nem volt szignifikáns különbség, ugyanakkor a gumók számában és a terméstömegben igen. A gyomos kontrollban a számított termésátlag 9 t/ha, a gyomlált kontrollban 27,8 t/ha volt, ami háromszoros növekedés, ez szignifikáns különbséget jelentett ($P=0,001$). A „C” kezelésben 14,3 t/ha, a „D” kezelésben 15,14 t/ha volt, míg az „E” kezelésben 8,53 t/ha, az „F” kezelésben pedig 19,69 t/ha a számított termésátlag. A gyomos kontrolltól szignifikánsan az „E” kezelés nem különbözött, de a gyomlált kontrolltól igen ($P=0,001$). A többi kezelés sem gyomos, sem a gyomlált kontrolltól nem különbözött szignifikáns mértékben, ugyanakkor az „F” kezelés jóval nagyobb termést eredményezett, mint a takart kezelések.

A beteg gumók arányában nem volt szignifikáns különbség, a rágott gumók arányában azonban igen, az „C”, „D” és „E” kezeléseknél csökkent arányuk. A fiziológiailag károsodott gumók aránya rendkívül magas volt minden kezelésben, ami valószínűleg a rendkívül szélsőséges időjárás miatt alakult ki, a két kontrollban 4-20,6% os volt, a „C” kezelésben 46,6%, a „D” kezelésben 37,6%, a herbicides kezeléseknél 50% feletti, ami lehet fitotoxikus hatás következménye is.



3. ábra A betakarított gumótömegek (kg) alakulása a különböző kezeléseknél

Eredmények értékelése

Az alkalmazott takaróanyagok nem csökkentették elég hatékonyan a gyomborítást és növelni a termésmennyiséget, így önmagukban nem alkalmasak a gyomszabályozásra. Ugyanakkor, érdemes lenne másik évben megvizsgálni hatásukat a kedvezőtlen körülmények miatt, további esetleges osztott kijuttatással és más technológiákkal való kombinációikat is tanulmányozni. Érdekes eredmény emellett, hogy a pendimetalin nem volt hatásos az olaszperjére, ami mutathatja a rezisztenciáját erre az egyszikű-irtó hatóanyagra.

Köszönetnyilvánítás

A kísérletben való segítségét köszönjük a Dezső családi gazdaság tagjainak és Molnár Katalinnak, továbbá az adatok statisztikai kiértékeléséhez nyújtott tanácsait Dr. Menyhárt Lászlónak.

Irodalom

- Bhullar, M. S., Kaur, S., Kaur, T., and Jahla, A. J. 2015. Integrated weed Management in Potato using Straw mulch and atrazin. *Hort Technology*. **25**(3). 335-339.
- Brust, G. E. 1993. Natural enemies in straw-mulch reduce colorado potato beetle populations and damage in potato. *Biological Control*. **4**. 163-169.
- Doboczi M. 2006. A burgonya gyomnövényei, gyomirtása és a burgonya fajták herbicidérzékenységének vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés. Keszthely, Georgikon Kar
- Doma Cs. 2014. A burgonya gyomirtása. *Növényvédelem*. **5**. 247-253.
- Döring, T. F., Brandt, M., Heß, J., Finckh, M. R., and Saucke, H. 2005. Effect of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes. *Field Crops Research*. **94**. 238-249.

- Dvořák, P., Tomášek, J., Kuchtová, P., Hamouz, K., Hajšlová, J., and Schulzová, V. 2012. Effect of mulching materials on potato production in different soil-climatic condition. *Romanian Agricultural research*. **29**. 201-209.
- Edwards, L. M., Volk, A., and Burney, J. R. 2000. Mulching Potatoes: Aspect of mulch. *American Journal of potato research*. **77**. 225-232.
- El-Metwally, I. M. and El-Wakeel, M. A. 2019. Comparison of safe weed control methods with chemical herbicide in potato field. *Bulletin of the National Research center*.
- Fehér A., Mészárosné P. A., Turóczi G. és Tóth F. 2017. Különböző szerves talajtakaró anyagok hatása a burgonya ép gumókihozatalára, valamint károsító és nem károsító eredetű minőségromlására. *Növényvédelem*. **78**. 399-404.
- Goel, L., Shankar, V. and Sharma, R. K. 2019. Investigation on effectiveness of wheat and rice straw mulches on moisture retention in potato crop. *International Journal of Recycling of Organic Waste of Agriculture*. **8**. 345-346.
- Hunyadi Károly, Béres Imre és Kazinczi Gabriella. 2011. Gyomnövények, gyombiológia, gyomirtás. Második szerk. Mezőgazda Kiadó. Budapest
- Kar, G. and Kumar, A. 2007. Effect of irrigation and straw mulch on water use and tuber yield of potato in Eastern India. *Agricultural Water Management*. **94**. 109-116.
- Kiss E. 2018. Burgonyafajták gyomirtószer érzékenységi vizsgálata. *Burgonya Világ*. **2**. 19-22.
- Krichner, S., Hiltunen, L., Santala, J., Döring, T., Ketola, J., Kankaala, A. and Valkonen, J. 2014. Comparison of straw mulch, insecticides, mineral oil, and birch extract for control of transmission of potato virus Y in seed potato crops. *Potato research*. **57**. 59-75.
- Kruták S. V. és Zalai M. 2018. Talajtakarási lehetőségek a burgonya termesztésében. *Agrofórum*. **8**. 152-153.

- Saranghi, S. K., Maji, B., Sharma, P. C., Digar, S., Mahanta, K. K., Burman, D. and Mainuddin, M. 2021. Potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivation by zero tillage and paddy straw mulching in saline soils of Ganges delta. *Potato Research*. **64**. 277-305.
- Saucke, H. and Döring, T. 2004. Potato virus Y reduction by straw mulch in organic potatoes. *Annals of Applied Biology*. **144**. 347-355.
- Shafiq, M. and Kaur, S. 2021. Weed control using paddy straw mulch in integration with herbicides in autumn potato in North-west India. *Potato research*.
- Shehata, S. A., Abouzienna, H. F., Abdelgawad, K. F. and Elkhawaga, F. A. 2018. Weed control efficacy, growth and yields of potato (*Solanum tuberosum* L.) as affected by alternative weed control methods. *Potato Research*. **62**. 139-155.
- Wang, F. and He, Z. 2012. Effects of plastic mulch on potato growth. In Sustainable Potato production: Global case studies. *Springer*. 359-372.
- Yadav, S., Lal, S., Srivastava, A., Bag, T. and Spingh, B. 2015. Efficiency of chemical and non chemical methods of weed management in rainfed potato. *Indian Journal of Agricultural Science*. **3**. 382-386.
- Zehnder, G. W. and Hough-Goldstein, J. 1990. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) population development and effects on yield of potatoes with or without straw mulch. *Journal of Economic Entomology*. **83**. 1982-1987.

A NAPRAFORGÓ GYOMSZABÁLYOZÁSI TECHNOLÓGIÁJÁNAK ÉS HERBICID ÉRZÉKENYSÉGÉNEK TANULMÁNYOZÁSA

Pásztor György - Bakocs Marcell*

MATE, Növényvédelmi Intézet Növényvédelmi Tanszék

*pasztor.gyorgy@uni-mate.hu

Összefoglalás

Magyarországon 2019-ben kapott szükséghelyzeti engedélyt a halauxifen-metil hatóanyag-tartalmú Viballa készítmény, amely a gyártó szerint eredményesen alkalmazható parlagfű ellen, még annak túlféjlett állapotában is. Bár a készítmény hatásspektruma meglehetősen szűk, mégis nagyon hatékony eszköz lehet a napraforgó gyomszabályozásában.

Kutatómunkánk során egy gyomszabályozási kísérlet került kivitelezésre, melyben különböző időzítések mellett vizsgáltuk a halauxifen-metil hatóanyag gyomszabályozási technológiába illeszthetőségét.

Összességében elmondható, hogy a gyomszabályozási kísérlet alátámasztotta a hatóanyag megfelelő hatásfokát.

Kulcsszavak: napraforgó, imazamox, halauxifen-metil, gyomszabályozás

Abstract

For the first time in Hungary, the active substance halauxifen-methyl was granted an emergency permit in 2019, which according to the manufacturer is effective against ragweed, which determines the control, even in its overdeveloped state. Although the spectrum of the herbicide is quite narrow, it can still be a very effective tool in the weed control of the sunflower. Overall, the weed control experiment confirmed the appropriate effectiveness of the active substance. In the weed control of sunflower, the introduction of the halauxifen-methyl active substance is considered a milestone.

Keywords: sunflower, imazamox, halauxifen-methyl, weed control

Bevezetés

A napraforgó Magyarország legnagyobb területen termesztett ipari növénye (Horváth et al., 2005), így a minél jobb termésmennyiség és az ennek elérésére szolgáló gyomszabályozási technológiák kiemelkedő jelentőséggel bírnak a magyar gazdák számára (Hoffmann, 2011). Sokáig nem volt lehetőség a napraforgó állományok megfelelő hatékonyságú posztemergens (Kádár, 2019; Hidvégi, 2007) gyomszabályozására, ami a 2000-es évek közepén változott meg a herbicid toleráns napraforgó hibridek megjelenésével. Ez lehetővé tette azt, hogy a napraforgóban posztemergensen lehessen használni – az adott hibridtől függően - az imazamox, valamint a tribenuron-metil hatóanyagokat (Miller-Al Khatib, 2002). Mindkét molekula jó hatással bír a napraforgót leginkább veszélyeztető kétszikű gyomok, így a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*) ellen is (Tarjányi, 1990).

Kutatásunkban egy gyomszabályozási kísérlet került kivitelezésre, melynek során különböző időpontokban történő kijuttatás mellett vizsgáltuk a halauxifen-metil gyomirtási technológiába illeszthetőségét. A vizsgálat részeként két különböző időzítésben összehasonlítottuk a

készítményt az imazamox különböző dózisaival, a gyomirtó- és a fitotoxikus hatást egyaránt figyelembe véve.

Anyag és módszer

A kísérlet keretein belül vizsgáltuk, hogy a gyomirtó szer kínálatban újonnan megjelent halauxifen-metil hatóanyagú Viballa készítmény miként illeszhető be a napraforgó posztemergens gyomszabályozási technológiába. A kísérlet kivitelezése során fontos szempont volt minél több üzemi helyzet modellezése. Ennek érdekében a parcellák úgy kerültek kialakításra, hogy lehetőség legyen preemergens gyomszabályozás mellett és anélkül, valamint az optimális időben történő és megkésétt kezelés esetén is vizsgálni a különböző technológiai megoldások hatásosságát. A preemergens kezeléseket a dimetenamid-p hatóanyagú Spectrum gyomirtó szer 1 liter/hektáros dóziséval végeztük. A Viballa készítmény mellett az imazamox 25 gramm/liter koncentrációját tartalmazó Pulsar Plust vizsgáltuk a posztemergens kezelések során.

A kísérlet során összesen 14 parcella került kialakításra. Alapkezelésben az 1., 2., 3., 4., 5., 6., valamint a 9. számú parcella részesült, a 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16. számú parcellákon pedig alapkezelés nélkül történt a vizsgálat (1. táblázat).

1. táblázat Az elvégzett gyomszabályozó kezelések összefoglaló táblázata

Parcellaszám	Alapkezelés időpontja	Posztemergens kezelés időpontja	Preemergens gyomirtó szer	Posztemergens gyomirtó szer
1.	2020.04.16.	2020.05.15.	Spectrum 1 l/ha	Pulsar Plus 1,5 l/ha
2.	2020.04.16.	2020.05.15.	Spectrum 1 l/ha	Pulsar Plus 2 l/ha
3.	2020.04.16.	2020.05.15.	Spectrum 1 l/ha	Viballa 1 l/ha
4.	2020.04.16.	2020.06.03.	Spectrum 1 l/ha	Pulsar Plus 1,5 l/ha
5.	2020.04.16.	2020.06.03.	Spectrum 1 l/ha	Pulsar Plus 2 l/ha
6.	2020.04.16.	2020.06.03.	Spectrum 1 l/ha	Viballa 1 l/ha
9.	2020.04.16.	-	Spectrum 1 l/ha	-
10.	-	2020.05.15.	-	Pulsar Plus 1,5 l/ha
11.	-	2020.05.15.	-	Pulsar Plus 2 l/ha
12.	-	2020.05.15.	-	Viballa 1 l/ha
13.	-	2020.06.03.	-	Pulsar Plus 1,5 l/ha
14.	-	2020.06.03.	-	Pulsar Plus 2 l/ha
15.	-	2020.06.03.	-	Viballa 1 l/ha
16.	-	-	-	-

A kísérletterv szerint a posztemergens kezeléseket két különböző időpontban végeztük. A posztemergens kezeléseket a gyomosító parlagfű egyedek átlagos fejlettségéhez időzítettük.

Eredmények

Az első gyomfelvételezést 2020.05.15-én, az első posztemergens gyomszabályozás napján végeztük el (2. táblázat).

2. táblázat Az első gyomfelvételezés során (2020.05.15.) megállapított átlagos gyomnövény darabszámok felvételezési területenként

Parcellaszám	ABUTH	AMBEL	CHEAL	ECHCG	AMABL	POLPE
1.	0	6	5	2	0	2
2.	1	12	3	1	2	1
3.	3	4	1	0	1	0
4.	2	15	3	0	1	0
5.	2	16	2	1	2	1
6.	4	12	3	1	0	1
9.	5	14	1	1	1	2
10.	5	16	2	7	2	1
11.	8	32	2	10	3	2
12.	15	20	4	15	2	1
13.	13	10	1	10	3	0
14.	11	8	2	16	0	0
15.	8	14	3	12	1	1
16.	10	17	1	9	4	0

Magyarázat: ABUTH – selyemmályva, AMBEL – parlagfű, CHEAL – fehér libatop, ECHCG – kakaslábú, AMABL – henyé disznóparéj, POLPE – baracklevelű keserűfű

Ebben az időpontban a kísérlet keretében csak kétféle terület volt elkülöníthető. Azok a parcellák, amelyek részesültek alapkezelésben (1-9-ig) és azok, amelyek nem (10-16-ig). Mivel a kísérleti terület viszonylag nagy volt – összesen mintegy 3000 m² – ezért annak ellenére, hogy a parcellák egy táblán belül helyezkedtek el, a gyomosodási viszonyokban különbség volt megfigyelhető. Mivel ebben az időpontban a gyomok jellemzően 2-6 leveles fejlettségi állapotban voltak jelen a területen, ezért az adott gyomok előfordulási darabszámát rögzítettük és a három felvételezési terület viszonylatában az adott parcellára átlagot számítottunk.

Megállapítottuk a kísérlet során, hogy a Spectrummal alapkezelt területen a kakaslábű alacsonyabb egyedszámmal volt jelen. Annak ellenére, hogy az első csapadék csak 12 nappal az alapkezelés elvégzését követően esett, a dimetenamid-p szemmel látható hatást fejtett ki a kakaslábű ellen, minimálisra csökkentve előfordulását a kezelt területen. A preemergens gyomszabályozásban részesülő parcellákon a kakaslábű átlagos egyedszáma mintavételezési területenként 1 darab volt, míg a kezeletlen területen 11 darab. A parlagfű egyedszáma szintén eltérést mutat, a dimetenamid-p hatóanyaggal kezelt területen az átlagos előfordulása 11 darab, míg a kezeletlen területen 17 darab volt. Mivel a parlagfű a területen közönséges gyomnak számít, ezért feltételezhető, hogy az eltérés az alapkezelés gyérítő hatásából származik. A második gyomfelvételezést 2020.06.02-án, egy nappal a második posztemergens gyomirtó szeres kezelést megelőzően végeztük el (3. táblázat).

3. táblázat A második gyomfelvételezés során (2020.06.02.) megállapított átlagos gyomnövény darabszámok felvételezési területenként

Parcellaszám	ABUTH	AMBEL	CHEAL	ECHCG	AMABL	POLPE
1.	0	0	0	1	0	0
2.	0	1	0	0	0	0
3.	0	1	0	0	1	0
4.	5	20	6	1	2	0
5.	7	23	4	1	2	2
6.	6	16	1	2	2	1
9.	6	16	3	1	1	3
10.	2	3	0	4	0	0
11.	2	3	0	3	0	0
12.	3	6	0	18	2	1
13.	16	14	3	14	4	0
14.	14	12	3	22	2	0

15.	12	21	5	17	3	1
16.	14	22	3	15	5	2

Magyarázat: ABUTH - selyemmályva, AMBEL - parlagfű, CHEAL - fehér libatop, ECHCG - kakaslábú, AMABL - henye disznóparéj, POLPE - baracklevelű keserűfű

A második gyomfelvételezés eredménye volt lényeges gyakorlati szempontból. Ez abból adódik, hogy az első posztemergens kezelés időzítése tulajdonképpen megfelelt egy átlagosnak mondható üzemi kezelés időzítésével, tehát, ha más körülmények nem korlátozzák a gyomszabályozás elvégzését, akkor a gyakorlatban is ennél a 2-6 leveles gyom-fejlettségi állapotnál végzik el a gyomszabályozást.

A második gyomfelvételezés eredményeiből (3. táblázat) több következtetés is levonható. Gyakorlati szempontból az egyik leghasznosabb az, hogy az adott körülmények között a Pulsar Plus 1,5 liter/hektáros és a Pulsar Plus 2 liter/hektáros dózisának alkalmazása (1. kontra 2., valamint 10. kontra 11. parcella) is egyaránt eredményes volt.

Azokon a parcellákon, amelyek az első körben kaptak posztemergens kezelést (1., 2., 3., 10., 11., 12.), csak elvétve akadt olyan gyomfaj, amely túlélte volna a gyomszabályozást, a 3. táblázatban szereplő gyomok jelentős része újonnan kikelt gyomnövény volt.

A 3. táblázat adatait vizsgálva tehát látható, hogy a Pulsar Plus 1,5 liter/hektáros és 2 liter/hektáros dózisa közel azonos hatékonysággal pusztította el a jelenlévő parlagfű egyedeket. A kakaslábú elleni hatékonyságot tekintve már érzékelhetően jobban működött a magasabb dózis, annak köszönhetően, hogy a kakaslábú a kezelés idején már a gyökérváltás szakaszában volt fenológiai szempontból.

A halauxifen-metil hatóanyagú Viballa, az irodalmi forrásoknak és a gyártói ajánlásoknak megfelelően 90% fölötti hatékonysággal működött a parlagfű, a selyemmályva és a fehér libatop ellen. A többi kétszikű gyomfajon hervadásos tünet jelentkezett, de akárcsak a kultúrnövény, ezt komolyabb károsodás nélkül kiheverték.

A harmadik gyomfelvételezésre 2020.07.08-án került sor. A tábla képe az utolsó két gyomfelvételezés között jelentősen megváltozott. A napraforgó állomány már elérte 170 centiméter körüli végleges magasságát és a virágzás is megkezdődött. A kontroll parcellákat leszámítva a sorok teljes mértékben összezáródtak, árnyékba borítva a sorközöket és a gyomokat. Általánosan megállapítható, hogy a kultúrnövények az abiotikus elemekért folytatott kompetícióból nyertesek kerültek ki. A kísérleti területnek választott tábla optimális környezetnek bizonyult a napraforgó számára. Szemrevételezéssel felmérve a gyomosodás mértékét, szinte mindegyik parcella elfogadhatónak bizonyult volna üzemi körülmények között is. A kezelések különbözősége, és a felhasznált herbicidek hatásspektruma okozta különbségek megfigyelhetőek voltak a parcellák között, azonban gazdaságilag számottevő termés kiesést nem okoztak.

4. táblázat A harmadik gyomfelvételezés során (2020.07.08.) megállapított átlagos gyomnövény darabszámok felvételezési területenként

Parcellaszám	ABUTH	AMBEL	CHEAL	ECHCG	AMABL	POLPE
1.	0	1	0	1	0	0
2.	0	2	0	0	0	0
3.	1	3	0	3	1	0
4.	2	15	3	2	2	0
5.	2	10	1	1	0	0
6.	1	1	0	2	0	1
9.	8	19	5	3	2	3
10.	3	2	0	4	0	0
11.	3	3	0	3	0	0
12.	4	4	1	18	2	1
13.	4	9	3	12	4	0
14.	3	5	3	13	2	0

15.	1	3	1	17	3	1
16.	14	22	3	15	5	2

Magyarázat: ABUTH - selyemmályva, AMBEL - parlagfű, CHEAL - fehér libatop, ECHCG - kakaslábű, AMABL - henyé disznóparéj, POLPE - baracklevelű keserűfű

A harmadik, egyúttal utolsó gyomfelvételezés eredményeit felhasználva (4. táblázat) több következtetés is levonható. A szürkével színezett sorokban a gyomfajok egyedszámait azok nagyobb méretéből adódóan már csak becsléssel lehetett meghatározni.

Azoknak a területeknek volt legkisebb mértékű a gyomokkal való borítottsága – szám szerint az 1., 2. és 3. parcella - a vegetációs időszak végén, amelyek alapkezelésben részesültek, majd a posztemergens kezelést időben megkapták. Ezeken a parcellákon a gyomnövényekkel való verseny gyakorlatilag ki sem alakult, mivel a gyomkonkurencia már azelőtt ki lett kapcsolva, hogy megerősödött volna és számottevő mennyiségű vizet, vagy tápanyagot vehetett volna el a napraforgó elől.

A Viballa herbicid valóban hatékony volt a 30 centiméteres parlagfű és a hatásspektrumába tartozó többi, túlfejlett gyomnövényvel szemben is. Alkalmazásának időzítésekor két fontos tényezőt figyelembe kell venni: Mivel a herbicid tartamhatással nem rendelkezik, ezért korai kijuttatásakor, nem megfelelő fejlettségű vagy heterogén napraforgó állomány esetén, a kezelést követően a tábla ismét kigyomosodhat. Az általunk végzett kísérletből látható, hogy a Viballa gyomirtó szer a túlfejlett gyomok ellen is hatékony, azonban túl sokáig várakozni sem érdemes az alkalmazásával. Ebben az esetben a kezelést megelőző időszak alatt a gyomnövények túl sok tápanyagot és vizet vonnak el a napraforgótól.

A 4. táblázat adataiból látható, hogy az elkésztett időzítés ellenére a Pulsar Plus is gyérítette a területen lévő gyomokat. A parlagfű és a kakaslábű esetében jelentős különbség volt tapasztalható a 1,5 liter/hektáros és a 2 liter/hektáros dózis között. Az elpusztított gyomok azonban nem a legfejlettebb egyedek közül kerültek ki, hanem egy későbbi kelési hullám során

jelentek meg a területen. Ennek ellenére az elkésett kezelés esetében érdemes az engedélyezett legmagasabb dózist használni. A készítménynek van hatása a túlfejlett gyomokra is, azonban inkább csak lelassítani tudja a növekedésüket, elpusztításukra kevésbé alkalmas.

Eredmények értékelése

Az elvégzett gyomszabályozási kísérletben különböző időzítésekben vizsgáltuk a Pulsar Plus és a Viballa készítmények hatását napraforgóban, alapkezelés mellett, illetve anélkül is. A gyomnövények fenológiai állapota a poszt kezelések esetén, a herbicidek kijuttatásakor optimális esetben 2-6 leveles fejlettség közé esik, mivel általában ilyenkor már a később kelő gyomnövény egyedek is találkoznak a herbicidekkel.

A vizsgálat eredményei alapján elmondható, hogy a kétszikű gyomok 2-6 leveles állapotában elvégzett Pulsar Plus a közepes, 1,5 liter/hektáros dózissal is jó eredményt adott. Azon a táblán, amelyen belül a kísérlet beállításra került, az üzemi technológiában 2 liter/hektáros dózisban használták a Pulsar Plust. Így ez a megfigyelés költségcsökkentés szempontjából hasznos lehet a kísérletnek helyt adó gazdaság számára.

A kísérlet elvégzésének évében Magyarországon még csak szükséghelyzeti engedéllyel rendelkező, halauxifen-metil hatóanyag-tartalmú Viballa gyomirtó szer jól szerepelt a kísérletekben. A hatásspektrumába tartozó parlagfű, fehér libatop, valamint selyemmályva gyomfajok ellen rendkívül magas hatékonyságot produkált még azok túlfejlett, 30 centiméteres állapotában is. A készítménynek egyedi tulajdonságai miatt biztos helye lehet a növényvédelmi szakemberek eszköztárában. A készítmény hátránya, hogy nem keverhető más készítményekkel, tartamhatással nem rendelkezik és viszonylag szűk a hatásspektruma. Mindezek ellenére, bizonyos helyzetekben –akár a közleményben ismertetett gyomviszonyok között is -, ez lehet a legalkalmasabb készítmény a napraforgó állományok felülkezelésére. Jelentőségét tovább növeli az a tény, hogy ha a növényvédelmi technológiában imazamox vagy tribenuron-metil

kezelést alkalmaznak, akkor ennek időzítése sokkal kevésbé kritikus, mint korábban volt, hiszen amennyiben az ilyen típusú hatóanyagokat tartalmazó készítményeket nem sikerül megfelelő időben kijuttatni, halauxifen-metil hatóanyagú herbiciddel ebben az esetben is tisztán lehet tartani a területet.

Összességében elmondható, hogy a gyomszabályozási kísérlet alátámasztotta a halauxifen-metil hatóanyag hatásosságát. A napraforgó gyomszabályozásában a hatóanyag bevezetése - ha nem is akkora jelentőségű, mint korábban a herbicid rezisztens hibridekre alapuló technológiák megjelenése – mérföldkőnek tekinthető.

Irodalom

Hidvégi Sz. 2007. Növénytermesztés. Debreceni Egyetem, Debrecen.

Hoffmann S. 2011. Ipari- és takarmánynövények termesztés. Debreceni Egyetem, Nyugat-magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem, Magyarország.

Horváth Z., Békési P. és Virányi F. 2005. A napraforgó védelme. *Növényvédelem*. **41**(7). 307-331.

Kádár A. 2019. Vegyszeres Gyomirtás és Termésszabályozás. Magánkiadás a szerzőtől, 68-80.

Miller, J. F. and Al-Khatib, K. 2002. Registration of imidazolinone herbicide-resistant sunflower maintainer (HA 425) and fertility restorer (RHA 426 and RHA 427) germplasms. *Crop Science*. **42**. 988-989.

Tarjányi J. 1990. Biztonságos védekezés az egyéves egy- és kétszikű gyomok ellen egy új gyomirtószer családdal. *Növényvédelem*. **26**(7). 313-314.

A FAJTAVÁLASZTÁS JELENTŐSÉGE A TERMŐHELYHEZ IGAZÍTOTT TÁPANYAG-UTÁNPÓTLÁSI SZAKTANÁCSADÁS SZEMPONTJÁBÓL

Kállai Mónika - Szabó Balázs*

Dr. Szabó Agrokémiai Kft, Zalaszentgrót

*tanacsadas@jogazdaprogram.hu

Összefoglalás

A fajtaválasztás kérdése manapság egyre nehezebb és bonyolultabb. Megtalálni azt a fajtát, ami jó termőképességű, jól alkalmazkodik a szélsőséges időjáráshoz kísérletek nélkül szinte lehetetlen. Az országban több helyen is állítanak be fajtasorokat, de ezek nem ugyanazon technológiával vannak kezelve, így nehéz eldönteni, hogy más termőhelyen milyen eredményt hoz egy-egy fajta. Erre kerestük a választ, hogy a saját előállítású hidegen kevert műtrágyát felhasználó technológiánkkal a búza fajták Dunántúl több megyéjében, hogyan reagálnak. Az adatok segítségével próbálunk a szaktanácsadási rendszerünket felhasználó termelők számára értékes információt szolgáltatni a helyes fajta kiválasztásához.

Kulcsszavak: fajtaválasztás, tápanyag- felvétel, szaktanácsadás, mikroelemes műtrágya

Abstract

The issue of variety selection is becoming more and more difficult these days. It is almost impossible to find a variety that has good productivity and adapts well to extreme weather

without experimentation. Variety lines are set up in several places in the country, but they are not treated with the same technology, so it is difficult to decide what results a variety will produce in another place. We were looking for the answer to this, how the wheat varieties in several counties of Dunántúl react with our technology using our own cold-mixed fertilizer. With the help of the data, we try to provide valuable information to the producers who use our expert advisory system to choose the right variety.

Keywords: variety selection, nutrient uptake, expert advice, microelement fertilizer

Bevezetés

A fajtában rejlő lehetőségek kihasználásának mértéke az adott termesztési körülményektől függ. A fajta csak akkor képes genetikai teljesítőképessége elérésére, ha a termőhelyi adottságok és a termesztési feltételek a fajta igényeit kielégítik (Bocz, 1992). Ha megvizsgáljuk, hogy az elmúlt évek során mennyi új fajta jelent meg és mennyi fajta tűnt el a termesztési szortimentből azt gondolom elég meglepő eredményt kapnánk. A minél magasabb hozamok elérése érdekében a termelők mindig új, magasabb termőképességű, jobb genetikájú fajtákat keresnek. Mivel az igény óriási, ezért a fajták között is nagy a rotáció. Egy fajta sem képes arra, hogy az ország eltérő talajadottságaihoz igazodva egyformán stabil, magas termést biztosítson. A termőhelyhez igazodó gazdálkodás a környezeti igényeket figyelembe vevő, a fenntartható gazdálkodás igényeit kielégítő gazdálkodási forma. Ehhez a termőhelyi sajátosságokat jól kihasználó technológiai rendszerre van szükség. Ehhez nyújtanak segítséget a szaktanácsadó szervezetek, cégek. Ezen szaktanácsadók közül is csak azok lehetnek sikeresek, aki megfelelő adatbázissal rendelkeznek ehhez a rendszerhez. Mivel a termőhelyhez igazodó gazdálkodás legsikeresebb része a tápanyag-gazdálkodás, ezért szükséges olyan adatbázis megléte hosszú évekre vonatkoztatva, amely adatot szolgáltat a jó fajta választáshoz, a fajtához megfelelő

műtrágya és technológia kiválasztásához. Ehhez nem csak a fajták ismerete szükséges, hanem a fajták tápanyag felvételének és hasznosításának ismerete is. Erre nem áll rendelkezésre országos adatbázis. Ami van is kevés fajta bevonásával, csak makroelemre vonatkoztatva. A talajok tápanyag-utánpótlását talajvizsgálatokon alapuló számítások alapján kell elvégezni, mely során figyelembe kell venni a természetendő növény tápanyagigényét, a talaj tápanyag ellátottságát, valamint az adott évben felhalmozott tápanyagokat. Amennyiben a talaj tápanyag tartalma alacsonyabb, mint a természeteni kívánt növény igénye, a hiányt megfelelő mennyiségű műtrágyákkal pótoljuk. Így van ez a precíziós tápanyag gazdálkodás során is, ugyanakkor itt már a táblákon belül homogén termőzónákat különítünk el, így ezen műtrágyák mennyisége sokkal pontosabban tud igazodni a kívánt igényekhez a zónánként kijuttatott eltérő dózissal. Az intenzív műtrágyázás befolyásolja továbbá a mikrotápelemek felvételét is; szinergikus vagy antagonisztikus hatások fellépése gyakoribbá válhat, így ezeknek a hatásoknak a tanulmányozása is fontossá válik, és a mikroelemtrágyázási igény fokozódását is jelenti (Győri, 1984). A megfelelő, harmonikus tápanyag-ellátottság mellett a növény is egészségesebb. A mikroelemek pótlására is kiterjedő arányos tápelem ellátással biztosíthatjuk növényeink kiváló minőségét és hozamát. Nem mindegy, hogy az ország mely agroökológiai körzetében szeretnénk termeszteni. Mások lesznek a talajtani adottságok a klimatikus tényezők. Ezért kutatásaink során választ keresünk arra, hogy Magyarország különböző termő területein a különböző fajták, hogyan reagálnak az általunk tervezett és már előzetesen vizsgált mikroelem tartalmú műtrágyákra a javasolt technológiákkal.

Anyag és módszer

A 2020/2021-es gazdasági évben a Dunántúlon 6 helyszínen: Vas, Tolna, Zala, Baranya, Győr-Moson- Sopron és Fejér megyékbe állítottunk be kísérletet. A központi kísérleti területünk Zalaszentgróton található, ahol már 13 éve végzünk fajta és tápanyagreakciós, valamint

technológiai kísérleteket hidegen kevert mikroelem tartalmú egyedi műtrágyákkal. A kihelyezett kísérletek fajta anyagát mindig a központi helyen elvégzett több éves fajtasori kísérletekre alapozzuk. A különböző műtrágyákat több fajta esetében is kipróbáljuk. Minden felhasznált műtrágya egyedileg, talaj és növény specifikusan tervezett. A kísérleteknél 4 búzafajtát választottunk ki, amelyek az előzetes kísérletek alapján jól reagáltak a műtrágyáinkra. Az ötödik fajta mindig az adott termelő üzemi fajtája. Egy-egy fajta esetében 2000 m² –es parcellákat alkalmazunk. A vetés 200 kg/ha dózissal történt meg. A talaj alaptrágyázása MAP és Kálisó segítségével valósult meg. Fejtrágyaként ősszel Sileno N micro Kalászos S SZL 11:10:5:16-os mikroelemes nitrogén műtrágya 200 kg/ha dózissal, majd tavasszal Sileno N micro kalászos S SZL 16:5:5:22-es kénes magnéziumos műtrágya 200 kg/ha-al került kijuttatásra. A fentmaradó szükséges N szintet Pétisóval állították be. A kísérleteket folyamatosan ellenőrizzük és felvételezéseket végeztünk. A betakarítás során a búzafajtákat külön mobil járműmérleg segítségével mértük a helyszínen és minden esetben mintát vettünk a nedvesség-, fehérje-, sikértartalom, valamint az ezermagtömeg (EMT) meghatározásához.

Eredmények

1. táblázat A Vas megyei őszi búza betakarításának eredményei

FAJTA/HIBRID	Vas megye				
	hozam t/ha	nedvesség	fehérje	sikér	EMT
A	9,35	14,2	12,39	28,6	39
B	9,75	13,9	11,74	26,5	41
C	9,35	13,9	11,08	23,5	43
D	7,3	14,3	12,51	29	37
E	7,65	13,7	11,86	27	34
átlag	8,68	14	11,916	26,92	39

A Vas megyei területen, barna erdőtalajon július közepi betakarítással nagyon szép hozamok mutatkoztak. A kihelyezett fajták között három is nagyon magas hozammal rendelkezett, de ezek közül két olyan is volt, ami magasabb sikértartalommal is.

2. táblázat A Tolna megyei őszi búza betakarításának eredményei

Tolna megye					
FAJTA/HIBRID	hozam t/ha	nedvesség	fehérje	sikér	EMT
A	10,0	12,9	11	24,9	42
B	6,9	12,6	11,71	26,6	40
C	10,9	12,9	11,94	27,8	39
D	9,8	12,9	11,9	27,7	44
E	8,1	12,5	12,54	29,5	44
átlag	9,1	12,76	11,8	27,3	42

A Tolna megyei területen egy nagyon jó vízellátású helyen, a Kapos partján került beállításra a kísérlet, ami a hozamokon is meglátszik. Itt majdnem az összes fajta magasabb sikértartalommal rendelkezett a magas termésszint mellett is. Jól látszik, hogy a víz folyamatosan rendelkezésre állt, szinte nem volt korlátozó tényező a terméshez.

3. táblázat A Zala megyei őszi búza betakarításának eredményei

Zala megye					
FAJTA/HIBRID	hozam t/ha	nedvesség	fehérje	sikér	EMT
A	9,4	13,9	10,54	24,7	49
B	6,7	13,7	10,55	24,8	43
C	8,6	14,1	11,82	28,4	42
D	8,4	13,9	10,32	23,4	52
E	8,0	14	11,09	27,4	37
átlag	8,2	13,92	10,864	25,74	45

A kísérlet Zala megye észak- nyugati csücskében lett beállítva homokos vályogtalajon. Egy kissé aszályosabb idő volt jellemző a vegetáció alatt a területen, így a magas hozamok mellett alacsonyabb fehérje és sikértartalom alakult ki.

4. táblázat A Baranya megyei őszi búza betakarításának eredményei

Baranya megye					
FAJTA/HIBRID	hozam t/ha	nedvesség	fehérje	sikér	EMT
A	5,3	11,6	10,05	20,7	39
B	5,0	12	10,42	22,6	35
C	4,4	11,6	10,73	22,3	34
D	4,2	12,1	10,21	21,3	38
E	5,1	12,4	10,6	20,8	33
átlag	4,8	11,94	10,402	21,54	36

Baranya megyében homokos vályogtalajon lett beállítva a kísérlet. Itt már júniusban megtörtént a betakarítás, mert annyira aszályos, csapadékmentes idő jellemezte a tenyészidőszakot. Az alacsony hozam szintek is mutatják, hogy a víz a limitáló tényező volt a területen.

5. táblázat A Győr- Moson -Sopron megyei őszi búza betakarításának eredményei

Győr-Moson-Sopron megye					
FAJTA/HIBRID	hozam t/ha	nedvesség	fehérje	sikér	EMT
A	10,6	13,6	10,88	25,1	45,2
B	9,8	14	10,45	22,8	42,5
C	9,8	13,9	11,11	25,1	41,1
D	9,8	14,1	10,29	22,3	42
E	10,9	14,2	9,93	21,3	44,6
átlag	10,2	13,96	10,532	23,32	43,08

A Győr-Moson-Sopron megyei kísérlet agyagos- vályog talajon lett beállítva. Egyetlen csapadékeloszlás jellemezte a vegetációt. A magas hozamok nem túl magas sikérral párosultak.

6. táblázat A Fejér megyei őszi búza betakarításának eredményei

Fejér megye					
FAJTA/HIBRID	hozam t/ha	nedvesség	fehérje	sikér	EMT
A	6,08	10,7	12,2	27,5	33
B	5,8	10,8	12,83	29,7	32
C	5,63	11	12,43	29,5	36
D	6,35	10,4	12,07	27,1	33
E	5,85	11	11,88	26,4	35
átlag	5,9	10,78	12,28	28,1	34

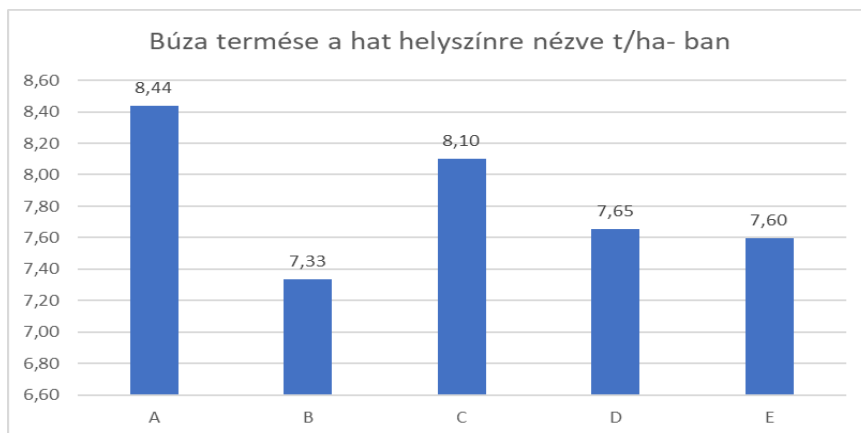
Fejér megyében alacsony csapadékmennyiség mellett nagy aszály jellemezte a területet. A hozamok nem lettek magasak. Az alacsonyabb termés magasabb sikértartalommal párosult.

7. táblázat A vizsgált hat megyei őszi búza betakarításának összegzett eredményei

FAJTA/HIBRID	t/ha	Átlag %	Összesített adatok					Eszem/m ²
			Fehérje	Sikér	EMT	feh kg/ha	Sikér kg/ha	
A	8,436	107,878	11,177	25,250	41,110	942,872	2130,109	20,521
B	7,335	93,792	11,283	25,500	38,845	827,582	1870,311	18,882
C	8,101	103,590	11,518	26,100	39,177	933,074	2114,302	20,678
D	7,653	97,865	11,217	25,133	41,017	858,415	1923,462	18,658
E	7,597	97,147	11,317	25,400	37,918	859,716	1929,614	20,035
átlag	7,820		11,300	25,500	40,000	883,660	1994,100	19,550

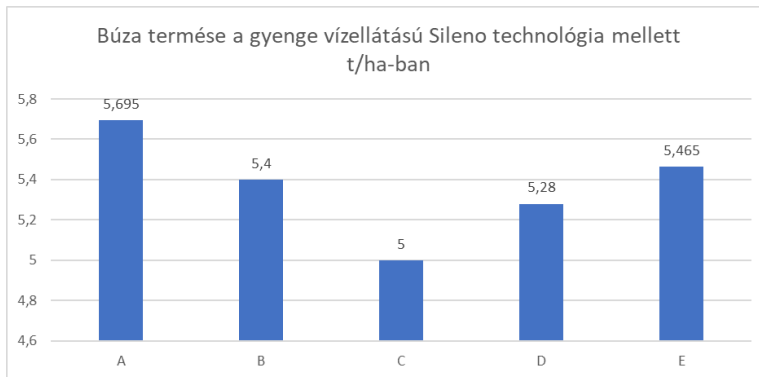
Eredmények értékelése

A búza hozamokat vizsgálva a hat helyszín tükrében látható, hogy az A és a C fajta kiemelkedett a többi búza fajta közül.



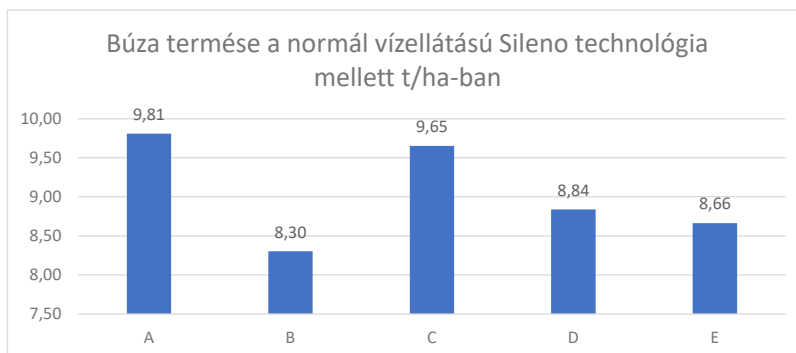
1. ábra Búza termése a hat helyszínrre nézve t/ha- ban

A Baranya megyei és Fejér megyei kísérletet nagyon aszályosnak, gyenge vízellátásúnak tekinthetjük ebben a 2020-2021-es gazdasági évben, mégis hozott a harmonikus tápanyag ellátásnak köszönhetően akkora hozamot, hogy ez gazdaságilag megérte a termelőnek.



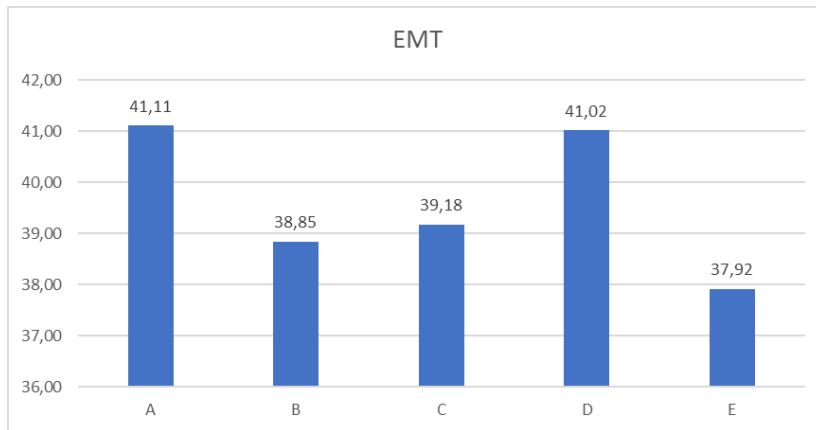
2. ábra Búza termése a gyenge vízellátású Sileno technológia mellett t/ha-ban

A gyenge vízellátás mellett a C és a D fajta teljesített gyengébben, ezért ők az aszályosabb időszakokba harmonikus tápanyag-ellátás mellett sem tudnak magasabb hozamot biztosítani. Az A fajta vízhiány esetén is képes jobb hozamot produkálni ezért sokkal jobban alkalmas a gyenge vízmegtartó képességű területekre vetésre.



3. ábra Búza termése a normál vízellátású Sileno technológia mellett t/ha-ban

A normál vízellátású területek esetében az A és a C búzafajta hozott kiemelkedő hozamot. A többi másik fajták is meghálálták a megfelelő szintű műtrágya kijuttatást.



4. ábra Az ezermagtömeg alakulás a vizsgált búza fajtáknál

Az A fajta minden esetben magasabb hozamot hozott, magas ezermagtömeg mellett. A D fajtának is magas lett az ezermagtömege, viszont nem volt képes magas hozamot produkálni hozzá.

Az eredményekből jól látszik, hogy a különböző termő területeken a különböző fajták eltérően viselkednek. A termőhelyhez igazodó gazdálkodáshoz olyan fajtákat kell választani, amely az adott területen, megfelelő tápanyag utánpótlás mellett stabil hozamot képes biztosítani, még szélsőséges körülmények között. Ilyen volt esetünkben az A fajta, amely szinte mindenhol nagyon jól teljesített. Ha megfelelő nagyságú adatbázissal rendelkezünk, azaz több éven keresztül az ország több pontján folyamatosan végzünk kísérleteket, pontosabban tudjuk a termőterülethez jobban illeszkedő, jó tápanyag felvételű fajtát kiválasztani. A homogén termőzónánkénti műtrágya adagolással törekszünk a fajta maximális genetikai potenciálját

kihasználni. Ha olyan fajtát választunk, ami az adott termőterületen még az optimális körülmények között sem képes a maximumát elérni, azzal a fajtával az adott termőterületen nem érdemes próbálkozni. Az évjárat hatást szinte lehetetlen kiküszöbölni, csak a kielégítő tápanyag- ellátással tudjuk biztosítani a fajták számára az optimálishoz közeli állapotot. Nem elég jó fajtát választanunk, technológiai is kell hozzá, amivel jól működik a rendszerünk. A makro elemek mellett és mez- és mikroelem adagolásról is gondoskodnunk kell, hogy ne legyen limitáló tényező a jó fajta számára. Ezekre a kísérletekre a termelésben dolgozó növénytermesztők, növényvédős embereknek sem ideje, sem energiája nincs, miközben a csökkenő növényvédőszerrel és minimalizált műtrágya felhasználással kellene magas hozamot elérniük. Ilyen esetben célszerű a szaktanácsadó cégekkel együtt dolgozni, hogy a kutatás és a termelés találkozzon.

Irodalom

Bocz E. 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest, 240.

Dr. Győri D. 1984. A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 220.

A MELEG VIZŰ VÍZFOLYÁSOK HATÁSA A PETTYESSZÁRNYÚ MUSLICA ÉVES FENOLÓGIÁJÁRA

Deutsch Ferenc^{1,2} - Kiss Balázs¹*

¹ATK Növényvédelmi Intézet

²MATE, Növényvédelmi Intézet

*deutsch.ferenc@atk.hu

Összefoglalás

A pettyesszárnyú muslica Magyarországon közel tíz éve jelen lévő idegenhonos, invazív gyümölcskártévő, ennek ellenére a faj hazai áttelelési képessége nem tisztázott. Vizsgálatunkban arra kerestük a választ, hogy az általunk csapdázott meleg vízfolyások környezete mennyiben jelent kedvező áttelelési helyet, illetve felszaporodási gócot a kártevő számára. A muslica imágókat két meleg vizű vízfolyás (Tapolca-patak, Hévíz-patak) mentén a kifolyóktól távolodva márciustól októberig, 18 helyszínen csapdáztuk. Ellentétben az egyéb élőhelyekről származó hazai adatokkal, a faj kis egyedszámokban a vizsgálat kezdetétől folyamatosan fogható volt. A tavaszi hónapokban a téli alakok jelenléte is a sikeres áttelelést bizonyítja. A két kifolyótól, a legmelegebb vízhőmérsékletű pontoktól, való távolság szignifikáns negatív összefüggést mutatott a csapdázott imágók számával. Eredményeink alátámasztják, hogy a hőforrások elősegítik a kártevő áttelelését, illetve a populációk hazai éghajlaton történő fennmaradását.

Kulcsszavak: pettyesszárnyú muslica, áttelelés, állománydinamika

Abstract

Although the invasive fruit pest, spotted wing drosophila (SWD - *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931)), has been present in Hungary for nearly ten years, its overwintering strategy hasn't been fully understood yet. We investigated the role of the surrounding habitats of warm watercourses as shelters for the overwintering SWD imagoes. We conducted a trapping survey along two warm creeks (Tapolca and Hévíz) from March to October of 2021, at 18 locations. In contrast with the general phenological pattern of the pest, observed previously in other habitats in Hungary, we were able to catch SWD imagoes in the spring and early summer months of the experiment. The winter morphs of SWD in the traps in spring showed that the overwintering was successful in these locations. The number of SWD-s in the traps has shown a negative correlation with the distance from the warmest point of the creeks. Our results confirm that thermal creeks may contribute to the overwintering of SWD populations in Hungary.

Keywords: spotted wing drosophila, SWD, overwintering, population dynamics

Bevezetés

A pettyesszárnyú muslica (*Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931)) kelet-ázsiai eredetű inváziós, polifág gyümölcskártevő, amely 2016. óta rendszeresen okoz gazdasági károkat hazánkban. A fajnak egy év alatt számos generációja fejlődhet ki, optimális körülmények között (25°C), a teljes fejlődési ciklus akár két hét alatt végbemegy. Magyarországon az állománydinamikára egyetlen őszi felszaporodási csúcs jellemző, ellentétben a mediterrán országokkal, ahol már a tavaszi felszaporodás is kártételhez vezet a nyár eleji gyümölcsfélékben (Calabria et al., 2012). A faj hidegtűrése gyenge, a 0°C-nak kitett imágók 50%-a elpusztul 24 órán belül (Kimura, 2004). A preimaginális alakokat érő hideghatásra sötétebb, nagyobb méretű

imágók, ún. téli alakok fejlődnek ki, melyek az imágó állapot kezdetén reproduktív diapauzában vannak. Az állat általában ebben az alakban telél át (Stockton et al., 2018).

A kártevő a magyarországi gyümölcsösökben július előtt alig mutatható ki a csapdákbán. Nem tudjuk, hogy a nyári felszaporodásában az évről évre délről bevándorló állatoknak, vagy a hazánkban áttelelő, és júliusig alacsony szinten fennmaradó állományoknak van-e meghatározó szerepe. Munkánkban azt vizsgáltuk, hogy a meleg vizes hőforrások környékén a magasabb hőmérséklet és páratartalom révén sikeresebb-e a kártevő áttelelése, és jelenthetnek-e ezek az élőhelyek felszaporodási gócot a faj számára.

Anyag és módszer

A vizsgálatot két, egész télen fagymentes vízfolyás, a Tapolca- és a Hévíz-patak környezetében végeztük 2021 márciusától novemberéig. A kifolyási ponttól (Tapolca – Malom tó, Hévízi zsilip) távolodva, folyásirányban a Tapolca-patak mentén 5 helyszínt jelöltünk ki 8,1 km hosszan, Hévízen 6 helyszínt 9,4 km hosszan. A kiindulási helyszíntől oldalirányban távolodva is jelöltünk ki csapdázási helyeket (Tapolcán 3,5 km, Hévízen 2,2 km távolságig 4 illetve 3 helyszínt). Helyszínenként 5–5 csapda üzemelt. A csapdákat havonta cseréltük és értékeltük. A csapdák 500 ml-es átlátszó PET palackok voltak, melyekre 16 db 3 mm-es átmérőjű lyukat fűrtünk. Csalogató- és ölüanyagként 1,5 dl 5%-os almaecetet alkalmaztunk. A csapdák tartalmát sztereomikroszkóp alatt értékeltük. A mintákban meghatároztuk ivar és alak (téli/nyári) szerint elkülönítve a pettyesszárnyú muslicák egyedszámát, valamint az egyéb Drosophilidae egyedek összes számát.

A *Statistica 8.0* programcsomag GLM paneljével vizsgáltuk a csapdázási hónap, illetve a kifolyási pontoktól való távolság, valamint a két patak (Tapolca, Hévíz), és ezek interakciójának hatását a pettyesszárnyú muslica egyedszámára, valamint a Drosophilidae-n

belüli arányára. Az elemzéseket az áttelelést tükröző március–június közötti időszakra végeztük el.

Eredmények

A vizsgálat során, 768 mintában összesen 19086 *Drosophila suzukii* példányt és 28400 egyéb Drosophilidae családba tartozó példányt fogtunk. A pettyesszárnyú muslicákon belül 10085 nőstény és 9001 hím egyed volt. Ez a közel 50%-os ivararány nem változott jelentős mértékben a vizsgálat során. A fogási adatokat havi bontásban az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat Havi muslica fogások

	március	április	május	június	július	augusztus	szeptember	október
Hévíz								
<i>D.suzukii</i>	14	53	26	54	129	337	3069	4649
Drosophilidae	444	1347	2060	2240	1906	779	1543	1658
Tapolca								
<i>D.suzukii</i>	12	20	7	1	23	336	1561	7686
Drosophilidae	1943	2365	2571	1681	2223	598	1020	2941

A vizsgált időszakban folyamatosan jelen volt a faj a csapdákbán. A tavaszi, nyár eleji alacsony egyedszámok az általánosnak tekinthető hazai fenológiai mintázatnak megfelelően őszre jelentősen, több nagyságrenddel megnöttek.

Téli alakok jelenléte

A vizsgálat alatt összesen 1916 db téli és 17170 db nyári alak került a csapdádba. A tavaszi hónapokban a téli alakok túlsúlya volt jellemző (132 példányból 91 db). Az idő melegedésével a téli alakok eltűntek a csapdákból és csak az őszi lehűléskor jelentek meg ismét.

A pettyesszárnyú muslica fogásait befolyásoló tényezők

A március-június közötti fogásszámok kapcsán elvégzett elemzés eredménye alapján, a kifolyókhoz közelebbi csapdázási helyszíneken szignifikánsan több pettyesszárnyú muslica került a csapdába ($F=18,54$, $p<0,0001$), a csapdázási hónap hatása ugyanakkor nem volt szignifikáns ($F=1,94$, $p=0,1226$). A hévízi csapdázási körzetben, szignifikánsan több egyed került a csapdába, mint a tapolcaiban ($F=10,99$, $p<0,0001$), a két körzet és a fogási időszak interakciója nem volt szignifikáns ($F=1,90$, $p=0,1278$). Összességében a fenti tényezők a fogások varianciájának viszonylag kis részét magyarázták (teljes modell: $r^2=0,11$ $F=5,27$ $p<0,001$).

A pettyesszárnyú muslica aránya Drosophilidae fajokon belül

A pettyesszárnyú muslica és az egyéb Drosophilidae-k fogási aránya a kifolyókhoz közelebb nagyobb volt ($F=19,09$, $p<0,001$), illetve a hévízi csapdakörzetben is nagyobb volt, mint a tapolcaiban ($F=15,84$, $p<0,001$). A csapdázási hónap nem befolyásolta szignifikánsan ezt az arányt ($F=2,59$, $p=0,053$), illetve a hónap és a patak interakciója sem bizonyult szignifikánsnak ($F=0,73$, $p=0,54$). Összességében a fenti tényezők a varianciának viszonylag kis részét magyarázták (teljes modell: $r^2=0,12$ $F=5,67$ $p<0,001$).

Eredmények értékelése

Ellentétben az egyéb élőhelyekről származó hazai adatok többségével, a meleg vizű vízfolyások közelében a kártevő kis egyedszámokban márciustól folyamatosan csapdázható. A tavaszi hónapokban megjelenő téli alakok a sikeres áttelelést bizonyítják. A vízfolyások temperáló szerepét támasztja alá az, hogy a tavaszi hónapokban a két kifolyótól, azaz a legmelegebb vízhőmérsékletű pontoktól távolabb kevesebb pettyesszárnyú muslicát fogtak a csapdák, illetve, hogy csökkent a kártevő aránya az összes egyéb muslicafaj fogásszámához képest. A fogások őszi több nagyságrendnyi felfutása megfelel a faj ismert hazai fenológiájának. Eredményeink alátámasztják, hogy a meleg vizű hőforrások elősegítik a kártevő áttelelését,

illetve a populációk hazai éghajlaton történő fennmaradását, ugyanakkor változatlanul kérdés, hogy ez mennyiben járul hozzá a kártételi egyedszámok kialakulásához.

Köszönetnyilvánítás

A munkát a K119844-es számú NKFIH kutatási pályázat támogatásával végeztük.

Irodalom

Calabria, G., Máca, J., Bächli, G., Serra, L. and Pascual, M. 2012. First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe. *Journal of Applied Entomology*. **136**. 139-147.

Kimura, M.T. 2004. Cold and heat tolerance of drosophilid flies with reference to their latitudinal distributions. *Oecologia*. **140**(3). 442-449.

Stockton, G.D., Wallingford, K.A. and Loeb, M.G. 2018. Phenotypic Plasticity Promotes Overwintering Survival in a Globally Invasive Crop Pest *Drosophila suzukii*. *Insects*. **9**(3).

StatSoft, Inc. 2007. STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.

**ZALA MEGYEI INTENZÍV ÉS FELHAGYOTT
ALMAÜLTETVÉNYEK PÓKFAUNÁJÁNAK
ÖSSZEHASONLÍTÁSA 2006-OS TALAJCSAPDÁS
GYŰJTÉSEK ALAPJÁN**

Körtélyesi Réka - Keresztes Balázs*

MATE, Növényvédelmi Intézet Növényvédelmi Tanszék

*reka.kortelyesi@gmail.com

Összefoglalás

Zala megyében, két vizsgálati helyszínen (Zalaszentgrót, Túrje), két különböző típusú almaültetvény (intenzív vagy hagyományos és felhagyott) talajszintű pók együtteseinek összehasonlítását végeztük. A munka során a 2006. évi gyűjtési adatok kerültek feldolgozásra. Célunk, a faunisztikai felmérésen kívül az volt, hogy megtudjuk, milyen hasonlóságok és különbségek mutatkoznak a különböző típusú ültetvényekben az egyedszám, a fajszaám, a faji összetétel és az egyes pókcsaládok között. Vizsgálataink alapján, a türjei, felhagyott almaültetvény talajszintű pókegyüttese diverzitás és egyedszám szempontjából egyaránt felülmúlta a zalaszentgróti, intenzív almaültetvényét, ahol 18 pókcsalád, 63 fajának összesen 757 egyedét azonosítottuk. Itt egyedszám szempontjából a két legjelentősebb család a farkaspókok (Lycosidae) és a vitorlaspókok (Linyphiidae) voltak. A farkaspókok adták a gyűjtött egyedek több mint 31%-át (238 egyed), míg a vitorlaspókok a 30%-át (227 egyed) tették ki. Jelentősebb családok voltak még a karolópókok (Thomisidae), törpepókok (Theridiidae) és a kövipókok (Gnaphosidae). Domináns faj az *Alopecosa pulverulenta*

farkaspók volt, jelentősebb fajok voltak még a *Trochosa ruricola* (Lycosidae), *Erigone dentipalpis*, *Agyneta rurestris*, *Oedothorax apicatus*, *Tenuiphantes tenuis*, *Bathyphantes gracilis*, *Centromerus sylvaticus*, *Diplostyla concolor* (Linyphiidae), valamint az *Ozyptila praticola* (Thomisidae). Ezzel szemben Türjén 22 pókcsalád, 90 fajának 3492 egyedét találtuk meg. Egyedszám szempontjából szuperdomináns családnak a farkaspók (Lycosidae) bizonyultak, a teljes egyedszám több mint 65%-át, közel 2300 egyedét számlálva. Második számú családként a vitorlaspók (Linyphiidae) említhető, valamivel több, mint 600 példányuk (17,5%) került elő a gyűjtési időszakban. Jelentősebb családok még a kövipók (Gnaphosidae), a velük rokon Phrurolithidae és Liocranidae családok, valamint a karolópók (Thomisidae). Domináns faj itt is az *Alopecosa pulverulenta* farkaspók volt, azonban jóval nagyobb egyedszámban. Jelentősebb fajokból is több volt: *Trochosa terricola*, *Pardosa alacris*, *Pardosa paludicola*, *Pardosa riparia*, *Aulonia albimana* (Lycosidae); *Centromerus sylvaticus*, *Stemonyphantes lineatus*, *Diplostyla concolor*, *Micrargus subaequalis*, *Agyneta affinis* (Linyphiidae); *Zelotes electus*, *Zelotes latreillei*, *Zelotes apricorum* (Gnaphosidae).

Kulcsszavak: intenzív és felhagyott almaültetvények, pókok, talajcsapda

Abstract

Ground-dwelling spider assemblages of two different types of apple orchards (intensive or conventional and abandoned) have been compared at two study sites (Zalaszentgrót, Túrje) in Zala county, Hungary. The work involved the species identification of individuals collected in 2006 and the processing of data. In addition to the faunistic survey, our aim was to find out the similarities and differences among the number of individuals, the number of species, the species composition, and the individual spider families in different types of orchards. Based on the studies, the ground-dwelling spider communities of the abandoned apple orchard in Túrje

surpassed the intensive apple orchard in Zalaszentgrót in terms of both diversity and number of individuals, where a total of 757 specimens of 18 spider families and 63 species were found. Here, the most significant family in terms of number of individuals were wolf spiders (Lycosidae), which accounted for more than 31% of the total number (238 individuals), but essentially dwarf spiders (Linyphiidae) also represented a similar proportion (30%, 227 specimens). Other significant families were the crab spiders (Thomisidae), cobweb spiders (Theridiidae) and ground spiders (Gnaphosidae). The dominant species was *Alopecosa pulverulenta* wolf spider, but also there were some major species like *Trochosa ruricola* (Lycosidae), *Erigone dentipalpis*, *Agyneta rurestris*, *Oedothorax apicatus*, *Tenuiphantes tenuis*, *Bathyphantes gracilis*, *Centromerus sylvaticus*, *Diplostyla concolor* (Linyphiidae), and *Ozyptila praticola* (Thomisidae). In contrast, 3492 specimens of 22 spider families and 90 species were found in Túrje. The wolf spiders (Lycosidae) proved to be super-dominant families in terms of the number of individuals, providing more than 65% of the total number, with nearly 2300 specimens. Dwarf spiders (Linyphiidae) can also be ranked number two in this habitat, with slightly more than 600 specimens (17.5%) caught. Other important families are the ground spiders (Gnaphosidae), their related families Phrurolithidae and Liocranidae, and the crab spiders (Thomisidae). The dominant species in Túrje was the *Alopecosa pulverulenta* wolf spider as well, but in much larger numbers. There were also several major species like *Trochosa terricola*, *Pardosa alacris*, *Pardosa paludicola*, *Pardosa riparia*, *Aulonia albimana* (Lycosidae); *Centromerus sylvaticus*, *Stemonyphantes lineatus*, *Diplostyla concolor*, *Micrargus subaequalis*, *Agyneta affinis* (Linyphiidae); *Zelotes electus*, *Zelotes latreillei*, *Zelotes apricorum* (Gnaphosidae).

Keywords: conventional and abandoned apple orchards, spiders, pitfall traps

Bevezetés

A pókok növényvédelmi szerepéről napjainkig viszonylag kevés információ áll rendelkezésünkre. Szélsőséges tűrőképességüknek köszönhetően, a világ minden táján előfordulnak (Turnbull, 1973). Marc és munkatársai (1999) szerint ennek köszönhető, hogy képesek gyorsan benépesíteni zavarásnak kitett, akár rendszeres növényvédelemben részesített mezőgazdasági területeket is. A trópusi agrárterületeken a legfontosabb természetes ellenségként tartják nyilván őket (Bogya, 1998). Almatermésű gyümölcstetvényekben a talajsinten élő pókok a hasznos fauna 10–13 %-át (Loomans, 1978; Zhao et al., 1993), míg a lombkorona szintben élők 40–95 %-át adják (Specht és Dondale, 1960; Olszak et al., 1992). Fajgazdagságuk kultúrnövényfüggő, a fajsám 52–308 között alakulhat (Young és Edwards, 1990). Az egyes populációk nagysága 1 egyed/m²-től akár 1000 egyed/m²-ig is terjedhet (Nyffeler, 1982; Nyffeler és Benz, 1987). A pókok jelentős ragadozók, melyeket a biológiai védekezésben is fel lehet használni. Közép-Európai kutatások alapján a közönséges karolópók (*Xysticus kochi*) az egyik leggyakoribb talajfelszínen élő pókfaj (Szymkowiak et al., 1998; Bogya és Markó, 1999; Tóth és Kiss, 1999; Samu és Szinetár, 2002). Nagyszámú előfordulásának és sikeres vadász-stratégiájának eredményeként kezdték szaporítani és üvegházakban nyugati virágtripsz (*Frankliniella occidentalis*) ellen alkalmazni (Zrubecz et al., 2004; Nagy et al., 2007). Egy élőhely természetes pókszaporulatával hatékonyabb és olcsóbb növényvédelmet tesz lehetővé, ezért is fontos az integrált termesztésben szerepüket figyelembe venni és akár a széles hatásspektrumú inszekticidek mellőzése révén elősegíteni a pókok gyors felszaporodását (Bogya és Mols, 1996; Bogya és Markó, 1999; Bogya et al., 2000; Sunderland és Samu, 2000).

A fentiekből adódóan, egy intenzív és egy felhagyott almaültetvény talajsintű pókfaunájának felmérését tűztük ki célul. Az idő rövidségéből (egy vegetációs periódus) adódóan azonban csak olyan lényegesebb kérdésekre kerestük a választ, hogy fajsám, faji összetétel, illetve az egyes

pókcsaládok szempontjából milyen hasonlóságok, illetve különbségek mutatkoznak az intenzív agrárterület és a már felhagyott, természetközeli almaültetvény között.

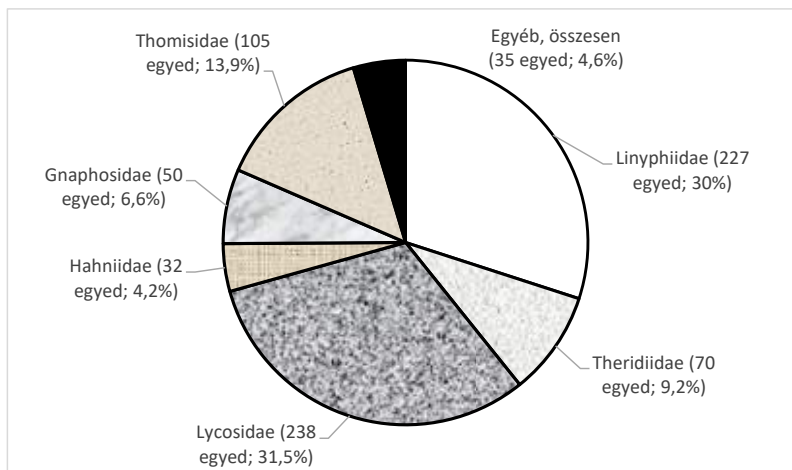
Anyag és módszer

A talajszintű pókfauna felmérése Barber-féle talajcsapdás módszerrel történt. A vizsgálat 2006-ban zajlott, amikor április 13-án voltak az első csapdaürítések. A talajcsapdák azonban az előző évi üzemeltetésük végeztével egész télen lent maradtak, így az első gyűjtési időszak 2005. december 13-ától egészen 2006. április 13-áig tartott. A tárgyévben nyolc alkalommal kerültek ürítésre a talajcsapdák. Ezek az időpontok mindkét ültetvény esetén azonosak, ebből kifolyólag az egyes gyűjtési időszakok a következők voltak: **1.** 2005. 12. 13 – 2006. 04. 13.; **2.** 2006. 04. 13 – 05. 18.; **3.** 2006. 05. 18 – 06. 27.; **4.** 2006. 06. 27 – 07. 19.; **5.** 2006. 07. 19 – 09. 07.; **6.** 2006. 09. 07 – 09. 22.; **7.** 2006. 09. 22 – 10. 31.; **8.** 2006. 10. 31 – 12. 13. Az egyik helyszín egy négy hektáros zalaszentgróti intenzív almaültetvény, melynek tengerszint feletti magassága ~142 m. Az ültetvényt részben a település házai, részben egyéb mezőgazdasági területek határolják. A sorok kémiai gyomirtásban részesültek, a sorközök füvesítettek, melyeket kaszáltak. Az ültetvény egy sorába összesen 10 talajcsapda került elhelyezésre, az ültetvény szegélyétől kezdve, az egyes csapdák egymástól nagyjából 5–6 méteres távolságra helyezkedtek el. A másik helyszín egy tőrjei, közel 16 hektáros, az 1990-es évek eleje óta felhagyott almaültetvény, melynek tengerszint feletti magassága ~150 m. Az azóta már felszámolásra került ültetvény a település határában feküdt, utak, erdősáv és egyéb mezőgazdasági területek határolták. A talajcsapdák száma, elhelyezése megegyezett az intenzív ültetvényénél leírtakkal. A feldolgozásig a pókokat 75%-os alkoholban tároltuk, a határozásokhoz standard határozókulcsokat használtunk.

Eredmények

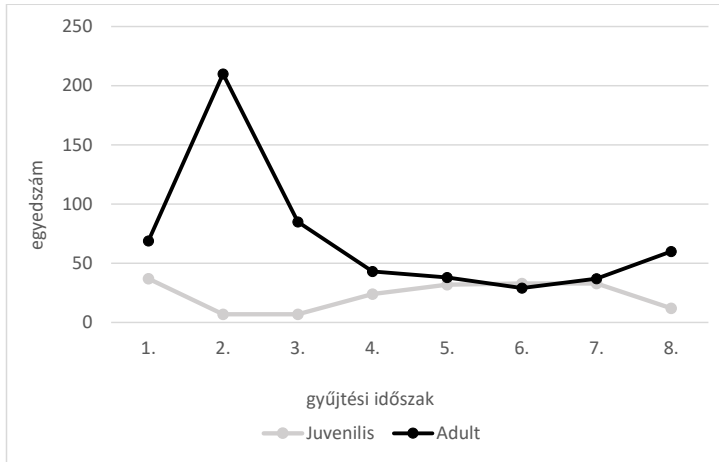
Zalaszentgrót

Zalaszentgróton 18 pókcsalád 63 fajának összesen 757 egyedét azonosítottuk. Egyedszám szempontjából a két legjelentősebb család a farkaspókok (Lycosidae) és a vitorlás pókok (Linyphiidae) voltak, előbbi az összesített egyedszám több mint 31%-át (238 egyed), utóbbi a 30%-át (227 egyed) adta. Jelentősebb családok voltak még a karolópókok (Thomisidae), törpepókok (Theridiidae) és a kövipókok (Gnaphosidae) (1. ábra).



1. ábra A családok egyedszám szerinti megoszlása az intenzív almaültetvényben, Zalaszentgrót 2006

A mérsékelt égövi pókok a vegetációs periódus során történő eloszlásuk alapján általában két, egy tavaszi és egy őszi csúccsal jellemezhetők. A lombkoronaszintben többnyire a fiatal (juvenilis) egyedek dominálnak, ilyenkor általában egy kisebb tavaszi és egy nagyobb őszi csúcs mutatkozik. Talajszinten gyakran a kifejlett (adult) egyedek vannak nagyobb számban, általában egy látványosan nagyobb tavaszi, nyár eleji csúccsal (2. ábra). A diagramokhoz tartozó magyarázatképpen az egyes gyűjtési időszakok (lásd anyag és módszer) itt már csak sorszámukkal lettek jelölve.



2. ábra Juvenilis és adult pókok éves dinamikája az intenzív almaültetvényben

A jelentősebb családok és fajok ismertetése

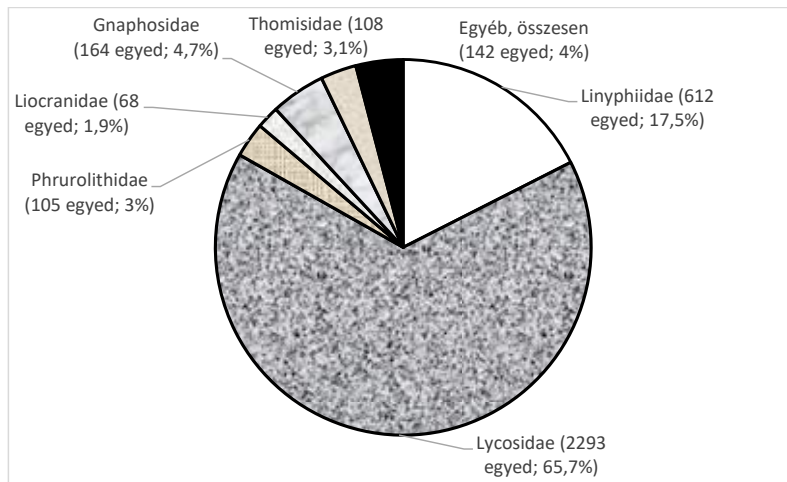
A 18 családból 12 család egy, esetleg két fajának is mindössze néhány egyede került elő, így ezekkel a taxonokkal kiemelten nem foglalkozunk, jelentősebb faj és/vagy egyedszámmal hat család jellemezhető. A két legjelentősebb – egyedszámot tekintve gyakorlatilag megegyező – családból a **vitorlás pókok (Linyphiidae)** 16 fajjal képviseltette magát. Domináns fajnak az *Erigone dentipalpis* mondható 30 előkerült egyedével. Jelentős volt 29 egyeddel az *Agyreta rurestris*, 25-25 egyedével az *Oedothorax apicatus* és a *Tenuiphantes tenuis*. Nem elhanyagolható 19-19 egyeddel a *Bathyphantes gracilis* és a *Centromerus sylvaticus*, de említésre méltó még a *Diplostyla concolor* faj 15 előkerült egyede is. Az *Erigone dentipalpis* fajhoz hasonlóan a legtöbb agrobiont faj nagyjából egyenletesen oszlott meg, adult egyedeik közül az év majdnem mindegyik gyűjtési időszakából előkerült legalább néhány példány. A *Centromerus sylvaticus* jellemzően a téli időszak sztenokrón faja, amit igazolt is az előfordulási adataival. Ugyanakkor hozzá nagyon hasonlóan egyéb fajok (*Bathyphantes gracilis*, *Tenuiphantes tenuis*) kifejlett egyedei is a téli-koratavaszi, valamint a későőszi-téli időszakból kerültek elő, nagyobb egyedszámban. A **törpepókok (Theridiidae)** hét fajának 70 egyede

került begyűjtésre. Domináns fajok a *Robertus lividus* szintén agrobiont fajoként jellemezhető, melynek 35 azonosított egyedéből minden gyűjtési időszakra jutott, ugyanakkor az egyedek legnagyobb számban az őszi, koratéli időszakból kerültek begyűjtésre. Az egyedszámokat tekintve legjelentősebb család, a **farkaspókok (Lycosidae)**, fajsza szám szempontjából azonban elmarad a vitorlás pókoktól. 11 azonosított faja közül az *Alopecosa pulverulenta* lándzsás farkaspók mondható dominánsnak (69 példány), ugyanakkor adult egyedeit kizárólag a tavaszi időszakból lehetett kimutatni. Másik, jelentősnek mondható faj összesen 31 példánnyal a *Trochosa ruricola*, melynek éves dinamikája egyenletesebb eloszlást mutat. Fajszegény család a **törpe zugpókok (Hahniidae)**, legközönségesebb faja a *Hahnia nava* azonban jelentős egyedszámban (32) fordult elő. Ennek az agrárterületeken szintén gyakori fajnak az adult egyedei nagyrészt tavasszal kerültek begyűjtésre. A mindössze 50 előkerült egyed ellenére, a farkaspókokhoz hasonlóan, szintén 11 fajt adó **kövipókok (Gnaphosidae)** családjából egyetlen fajt sem lehet kiemelni. Az egyes fajok jellemzően alacsony egyedszámban és többnyire egy-egy gyűjtési időszakból kerültek elő. A **karolópókok (Thomisidae)** családját viszonylag nagy egyedszáma (105) ellenére mindössze öt faj képviselte. A jellemzően epigeikus (talajszinten élő) fajok közül kiemelkedik, az egyedszámuk több mint 50%-át (53 példány) adó *Ozyptila praticola*. Ennek az alapvetően apró fajnak az éves dinamikájából kiderül, hogy a kifejlett egyedek zöme a nyári időszakban mutatkozik.

Türje

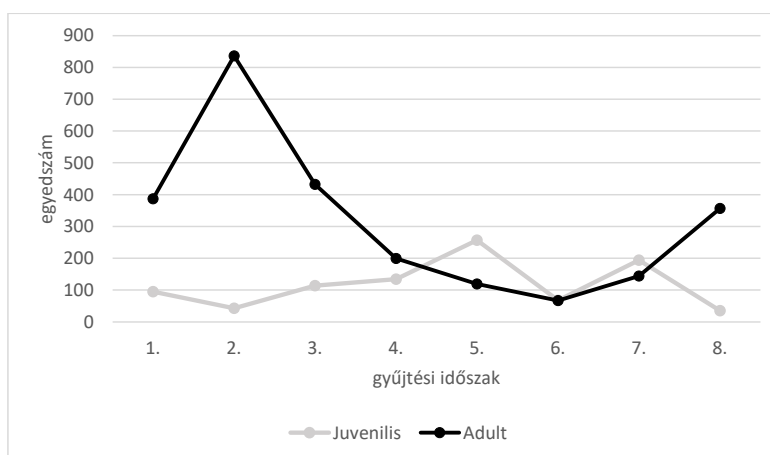
Türjén 22 pókcsalád 90 fajának 3492 egyedét azonosítottuk. Egyedszám szempontjából szuperdomináns családnak a farkaspókok (Lycosidae) bizonyultak, az összesített egyedszám több mint 65%-át, közel 2300 egyed adva. Második számú családként rangsorolhatók a vitorlás pókok (Linyphiidae), valamint több, mint 600 példányuk (17,5%) került begyűjtésre. Jelentősebb családokként említhetők még a kövipókok (Gnaphosidae), a karolópókok

(Thomisidae), az avarpókok családjából leválasztott Phrurolithidae, esetleg maguk az avarpókok (Liocranidae) is (3. ábra).



3. ábra A családok egyedszám szerinti megoszlása a felhagyott almaültetvényben, Túrje 2006

Ezen az élőhelyen is két – egy jóval nagyobb, tavaszi és egy kisebb, őszi – csúccsal jellemezhető a talajszintű pókegyüttes éves dinamikája (4. ábra).



4. ábra Juvenilis és adult pókok éves dinamikája a felhagyott almaültetvényben, Túrje 2006

A jelentősebb családok és fajok ismertetése

A 22 azonosított családból azokat, melyek a gyűjtési időszak során összesen kevesebb, mint 20 egyedet adtak (13 család) itt nem tárgyaljuk. Az intenzív ültetvényhez mérten meglepő, hogy ezek közé tartozik a törpepók (Theridiidae) családja is, rendkívül alacsony egyed- (8) és fajszámmal (3). Három olyan család volt, amely elérte, vagy éppen meghaladta az említett egyedszámot, de jelentősnek semmiképp nem mondható. Az egyik a törpe zugpók (Hahniidae) családja, ezen az élőhelyen már két fajjal, de a nagyobb egyedszám itt is a *Hahnia nava* fajhoz köthető. A másik a futópók (Philodromidae) családja, mely családból ezen az élőhelyen már előkerült egy jellemzően epigeikus faj (*Thanatus formicinus*) is, valamint az ugrópók (Salticidae) családja három epigeikus fajjal (*Attulus zimmermanni*, *Euophrys frontalis*, *Phlegra fasciata*). Jelentősebb faj és/vagy egyedszámmal a zalaszentgróti ültetvényhez hasonlóan ezen az élőhelyen is hat család jellemezhető. A **vitórláspók (Linyphiidae)** 19 faja került elő, ebből a szempontból így ez a család a legjelentősebb. Domináns fajként a *Centromerus sylvaticus* jellemezhető 439 előkerült egyedével, ezzel családja egyedszámának közel háromnegyedét (72%-át) adva. Jelentősnek mondható még 33 előkerült egyedével a *Stemonyphantes lineatus*, valamint itt is jelentősebb számban (32 egyed) gyűjtöttük a *Diplostyla concolor* fajt. Említésre méltó 15 egyedével a *Micrargus subaequalis*, valamint 14 egyedével az *Agyneta affinis* faj. Három utóbbi faj alapvetően nyári aktivitást mutatott, a *Centromerus sylvaticus* viszont – a másik ültetvényen belüli aktivitásához hasonlóan – téli sztenokron mivoltát igazolta. A felhagyott ültetvényben is voltak hozzá nagyon hasonló aktivitást mutató, bár jóval kisebb egyedszámban előkerült fajok, ilyen volt a *Stemonyphantes lineatus* és a *Tapinocyba insecta*. A **farkaspók (Lycosidae)** családjának magas egyedszámát 13 faj képviseli, melyek közül az intenzív ültetvényhez hasonlóan az *Alopecosa pulverulenta* lándzsás farkaspók faj a domináns, csak jóval nagyobb egyedszámban (676 példány). Ezen az élőhelyen a faj néhány adult egyede – a legkorábbi és legkésőbbi gyűjtési időszak kivételével

– egész évben jelen volt, de itt is egy határozott, kora tavaszi – kora nyári aktivitást mutatott. Másik, jelentősnek mondható faj a *Trochosa terricola* 367 begyűjtött példányával, éves dinamikája egy tavaszi, nagyobb csúcs mellett a lándzsás farkaspóknál egyenletesebb eloszlást mutat. Vannak jelentősebb egyedszámban előkerült farkaspók fajok, melyek az *Alopecosa pulverulenta* fajhoz hasonlóan szintén a vegetációs periódus korai szakaszában tömegesek, ilyen a *Pardosa alacris* és a *Pardosa paludicola*. Az *Aulonia albimana* és a *Pardosa riparia* fajokra viszont úgy tűnik, hogy egy határozott nyári aktivitás jellemző. A tágabb értelemben vett **avarpókok (Liocranidae, Phrurolithidae)** előkerült fajsámukat tekintve jelentéktelenek, ugyanakkor egy-egy fajuk egyedszáma kiemelkedő. Míg az *Agroeca cuprea* avarpókfaj évi aktivitása, ha nem is tipikusan, de inkább hasonlít a tél sztenokron fajaihoz, addig a *Phrurolithus festivus* faj egy határozott nyári csúcst mutat. A **kővipókok (Gnaphosidae)** az intenzív ültetvényhez képest mind egyed- (164) mind fajsám (13) szempontjából jelentősebbnek bizonyultak. Összesen 41 begyűjtött egyedével a *Zelotes electus* bizonyult a legjelentősebbnek, de jelentősnek mondható még a *Zelotes latreillei* (35 példány) és a *Zelotes apricorum* (19 példány) gyászpókfaj is. Mindhárom faj éves dinamikája különböző. Míg a *Zelotes electus* egy tavaszi, koranyári aktivitású fajnak tűnik, addig a *Zelotes apricorum* egyenletes eloszlást mutat, kisebb nyári csúccsal. A *Zelotes latreillei* ugyanakkor két – egy tavaszi és egy nyárvégi – csúccsal azt sugallja, hogy a legtöbb mérsékelt égövi pókfajjal szemben, évi két generációja is kialakulhat. Természetesen mindezt többéves, talajcspadás felméréssel és egyéb vizsgálatokkal kellene alátámasztani. A **karolópókok (Thomisidae)** családját ezen az élőhelyen is szinte pontosan az intenzív ültetvényéhez hasonló egyedszám jellemzi (108), ugyanakkor ezt a számot kilenc faj adja. A fajspektrum a másik ültetvényhez hasonlóan kizárólag az *Ozyptila* (itt egy faj esetében már *Cozyptila*) és *Xysticus* nemekből kerül ki. A különbség az, hogy a felhagyott ültetvényben egyetlen faj sem mondható kiemelkedőnek,

bár itt is az *Ozyptila praticola* faj adta a legtöbb egyedet (17) és szintén egy nyári csúcsot mutat a dinamikája.

Eredmények értékelése

Mindkét ültetvénytípus esetén kimutattuk azt a szakirodalmakból már ismert jelenséget, hogy a vegetációs periódus során, a mérsékelt égövi pókegyüttesek abundanciája egy tavaszi és egy őszi csúcspontot produkál (Marc et al., 1999; Brown et al., 2003; Cárdenas et al., 2006; Miliczky et al., 2008). Faunisztikai kutatások sora igazolja, hogy egy integrált, vagy biológiai, esetleg felhagyott (így természetközelibb) ültetvénynek jóval diverzebb a pókegyüttese, mint egy művelt, intenzív ültetvényé (Olszak et al., 1992; Wisniewska és Prokopy, 1997; Bogya, 1998; Bogya et al., 2000). Az ilyen ültetvénytípusok sok esetben egyedszám szempontjából is jóval jelentősebbnek bizonyulnak az intenzíven művelt ültetvényeknél. Vizsgálataink alapján a türjei, felhagyott almaültetvény talajsztintű pókegyüttese diverzitás és egyedszám szempontjából egyaránt felülmúlta a zalaszentgróti, intenzív almaültetvényét. Míg az intenzív ültetvényben, ugyan abban az évben, megegyező gyűjtési időszakokkal összesen 757 pókegyedet gyűjtöttünk, addig ez a szám a felhagyott ültetvényben közel ötszöröse, 3492 egyed volt. A diverzitást tekintve az intenzív ültetvényből 18, a felhagyott ültetvényből 22 pókcsaládot mutattunk ki. Ugyanez fajszám szempontjából 63 (intenzív) és 90 (felhagyott). Kizárólag az intenzív ültetvényből, jelentősebb egyedszámban előkerült faj mindössze négy volt, míg a felhagyott ültetvényből jóval több ilyen fajt lehetett kimutatni. A 41 átfedő, tehát mindkét élőhelyen előforduló faj közül három (*Centromerus sylvaticus*, *Alopecosa pulverulenta* és *Trochosa terricola*) jellemezhető magas egyedszámmal, de ez is kizárólag a felhagyott ültetvényben volt érzékelhető. A pókegyüttesek diverzitása közötti különbséget az is jól jelzi, hogy az intenzív ültetvényel szemben a felhagyott ültetvényben több család, jóval több fajával lehetett

jellemezni egy-egy évszakot az éves dinamikák alapján, így nem csak összességében, hanem az év egy adott szakában is színesebb volt a felhagyott almaültetvény talajszintű pókegyüttese. A pókok az egyik legnagyobb egyed és fajsámú polifág predátor csoport az ültetvényekben. Kíméletes növényvédelem mellett a pókegyüttes egész évben megőrizhető, hatékonyan segítve a kultúrnövény védelmét.

Irodalom

- Bogya S. 1998. Pók-együttes szerkezeti és funkcionális vizsgálata almatermésű gyümölcsösökben. KÉE Rovartani Tanszék. Doktori (PhD) értekezés.
- Bogya, S. and Markó, V. 1999. Effect of pest management systems on ground-dwelling spider assemblages in an apple orchard in Hungary. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. **73**. 7-18.
- Bogya, S., Markó, V. and Szinetár, Cs. 2000. Effect of pest management systems on foliage- and grass-dwelling spider communities in an apple orchard in Hungary. *International Journal of pest management*. **46**(4). 241-250.
- Bogya, S. and Mols, P. J. M. 1996. The role of spiders as predators of insect pests with particular reference to orchards: a review. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. **31**. 83-159.
- Brown, M. W., Schmitt, J. J. and Abraham, B. J. 2003. Seasonal and diurnal dynamics of spiders (Araneae) in West Virginia orchards and the effect of orchard management on spider communities. *Environmental Entomology*. **32**(4). 830-839.
- Cárdenas, M., Ruano, F., García, P., Pascual, F. and Campos, M. 2006. Impact of agricultural management on spider populations in the canopy of olive trees. *Biological Control*. **38**(2). 188-195.

- Loomans, A. 1978. Spinnen in appelbomgaarden [Spiders in apple orchards]. MSc Thesis. Wageningen, Agricultural University.
- Marc, P., Canard, A. and Ysnel, F. 1999. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. **74**(1-3). 229-273.
- Miliczky, E. R., Horton, D. R. and Calkins, C. O. 2008. Observations on phenology and overwintering of spiders associated with apple and pear orchards in south-central Washington. *The Journal of Arachnology*. **36**(3). 565-573.
- Nagy A., Bán G., Tóth F., Zrubecz P. és Szemerády K. 2007. A közönséges karolópók (*Xystichus kochi* Thorell) dózísának és a felülkezelés szükségességének vizsgálata a nyugati virágtripsz (*Frankliniella occidentalis* Pergande) elleni védekezésben. *Növényvédelem*. **43**(7). 281-285.
- Nyffeler, M. 1982. Field studies on the ecological role of spiders as insect predators in agroecosystem. Swiss Federal Institute of Technology Zurich (Ph.D. Thesis).
- Nyffeler, M. and Benz, G. 1987. Spiders in natural pest control: a review. *Journal of Applied Entomology*. **103**(4). 321-339.
- Olszak, R. W., Luczak, J., Niemczyk, E. and Zajac, R. Z. 1992. The spider community associated with apple trees under different pressure of pesticides. *Ekologia Polska*. **40**(2). 265-286.
- Samu, F. and Szinetár, Cs. 2002. On the nature of agrobiont spiders. *The Journal of Arachnology*. **30**. 389-402.
- Specht, H. B. and Dondale, C. D. 1960. Spider population in New Jersey apple orchards. *Journal of Economic Entomology*. **53**(5). 810-814.
- Sunderland, K. D. and Samu, F. 2000. Effects of agricultural diversification on the abundance, distribution, and pest control potential of spiders: a review. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. **95**(1). 1-13.

- Szymkowiak, P., Wozny, M. and Seldon, P. A. 1998. Dominance structure and seasonal changes in the abundance of dominant epigeic spiders in pastures of northern Greater Poland. *Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology, Edinburgh*, 242-252.
- Tóth, F. and Kiss, J. 1999. Comparative analyses of epigeic spider assemblages in northern hungarian winter wheat fields and their adjacent margins. *The Journal of Arachnology*. **27**. 241-248.
- Turnbull, A. E. 1973. Ecology of the true spiders (Araneomorphae). *Annual Review of Entomology*. **18**. 305-348.
- Wisniewska, J. and Prokopy, R. J. 1997. Pesticide effect on faunal composition, abundance and body length of spiders (Araneae) in apple orchards. *Environmental Entomology*. **26**(4). 763-776.
- Young, O. P. and Edwards, G. B. 1990. Spiders in United States field crops and their potential effect on crop pests. *The Journal of Arachnology*. **18**(1). 1-27.
- Zhao, B. G., Yan, Y. H. and Shi, Z. W. 1993. Studies on beneficial arthropods on the ground of an apple orchard and relative predation. *Journal of Fruit Science*. **10**(3). 146-149.
- Zrubecz P., Tóth F. és Nagy A. 2004. Pókfajok (*Xyctus kochi* Thorell; *Tibellus oblongus* Walckenaer) lárváinak hatékonyságvizsgálata virágtipszek (*Frankliniella* ssp.) ellen hajtatott paprikában. *Növényvédelem*. **40**(10). 527-533.

MEGMENTHETI-E A TÖRZSINJEKTÁLÁS A HÁZTÁJI DIÓTERMÉST?

Kiss Máté^{1} - Sörös Csilla² - Gutermuth Ádám³ - Szabó Árpád¹*

¹MATE, Növényvédelmi Intézet Rovartani Tanszék

*²MATE, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet Élelmiszerkémia és
Analitika Tanszék*

³GreenUnit Kft.

*kissmate0816@gmail.com

Összefoglalás

A nyugati dióburok-fúrólégy (*Rhagoletis completa*) mára a közönséges dió legfőbb károsítójává vált Magyarországon is. E faj kártétele a dió termesztésének volumene (~6400 ha), és nagy háztáji hagyományai miatt különösen jelentős. Munkánk során törzsinjektálással történő kijuttatás mellett, az abamektin hatóanyag rovarölő (larvicid) hatását értékeltük, miközben mértük a hatóanyag különböző növényi szervekben kialakuló koncentrációját. Mindhárom vizsgálati évben, az abamektinnel végzett törzsinjektálás hatására, csökkent a kártétel mértéke a kontrollhoz képest. A fák törzsébe injektált hatóanyag mennyisége pozitívan korrelált a larvicid hatással. Az injektálásnak mérhető rovarölő hatása volt a második évben is, de ez minden esetben elmaradt az injektálás évében tapasztalt rovarölő hatástól, és egyszer sem tartotta a kártételt a gazdasági küszöbszint alatt. A hatóanyag HPLC-MS/MS, validált analitikai módszer szerinti mérésével megállapítottuk, hogy annak koncentrációja a diófa levelében, pericarpiumában és magjában a tenyészidő előrehaladtával csökkent. Legnagyobb

mennyiségben a levélben detektáltuk a hatóanyagot, a burookban az csak nagyságrendekkel kisebb koncentrációban jelent meg. Méréseink során sem a friss, sem a szárított dióbél nem tartalmazott a megengedett növényvédőszer-maradéknál (0,02 mg/kg) nagyobb hatóanyag mennyiséget. A technológia gyakorlatban való alkalmazhatóságához több paraméter, így főként a fa lombkoronájához igazított dózis és a kezelési idő hatását meg kell ismernünk.

Kulcsszavak: *Juglans regia*, törzsinjektálás, nyugati dióburok-fúrólégy, abamectin hatóanyag-maradék

Abstract

The walnut husk fly (*Rhagoletis completa*) has become the main pest of walnut in Hungary as well. The damage of this species is particularly significant due to the volume of walnut cultivation (~ 6400 ha) and its large traditions to planting in backyards. In the course of this work, the insecticidal (larvicidal) effect of the active ingredient abamectin by trunk injection has been evaluated, while the concentration of the active ingredient in various plant organs was also determined. In all three years of the study, the trunk injection with abamectin reduced the extent of damage compared to controls. The amount of active ingredient injected into the trunk of trees was positively correlated with the larvicidal effect. The injection also had a second-year insecticidal effect, but in all cases, it was less effective than in the year of the injection and never kept the damage below the economic threshold. HPLC-MS / MS a validated analytical measure showed that the concentration of the active ingredient in the leaf, husk and kernel decreased over time. The highest concentration of abamectin was detected in the leaf, while its amount was much lower in the husk. In the measurements, neither fresh nor dried walnut kernels contained more than the permitted amount of pesticide residue (0.02 mg/kg). In order

for the technology to be applicable in practice, it is necessary to know the effects of several parameters, e.g. the dose adjusted to the size of the canopy and the time of the treatment.

Keywords: *Juglans regia*, trunk injection, walnut husk fly, abamectin residue

Bevezetés

Hazánkban a közönséges dió (*Juglans regia*) a legnagyobb mennyiségben termelt héjas gyümölcs, melynek területe (~6400 ha, KSH 2020), illetve termésmennyiségének alakulása (~5500 t, KSH 2020) lehetővé teszi nemcsak a hazai igények kielégítését, hanem az exportálhatóságát is. Ugyanakkor az utóbbi években a hazai diótermesztés volumene, természetesen egyre inkább csökkenő tendenciát mutat, aminek hátterében több tényező is áll: így a klímaváltozás kedvezőtlen hatásai, főként pedig a nyugati dióburok-fürölégység (*Rhagoletis completa*, Fam.: *Tephritidae*) megjelenése, ami gyökeresen átalakította a dió növényvédelmi programját és a dió termesztésének közgazdasági viszonyait. Korábban, jelentős kártevőnek az almamoly (*Cydia pomonella*) számított, mára attól sokkal fenyegetőbbé vált a nyugati dióburok-fürölégység.

Ez utóbbi idegenhonos, invazív kártevő Magyarországon gyorsan elterjedt, napjainkra elérte az ország keleti határát is (Oláh et al., 2017). A Középnyugat-Amerikában és Északkelet-Mexikóban honos nyugati dióburok-fürölégységet Európában először Svájcban, az 1980-as évekből származó múzeumi példányok között találták meg (Chen et al., 2006; Merz, 1991; Smith and Bush, 2000). Ültetvényben először 1991-ben, Olaszországban azonosították (Duso, 1991).

A nyugati dióburok-fürölégység imágók méretüket és szárnyrajzolatukat tekintve könnyen azonosíthatók szabad szemmel is. Az imágók nagyobbak a hozzá hasonló Magyarországon őshonos európai cseresznyelégynél (*Rhagoletis cerasi*), méretük 4,0-6,5 mm. Határozott

szárnyrajzolattal rendelkeznek, a szárny szélén található fordított V-alak nem ágazik el (Bodor, 2012; Voigt et al., 2014). Oligofág, obligát diapauzáló, jól repülő faj. Őshazájában több diófajon (*Juglans nigra*, *J. californica*, *J. microcarpa*, *J. hindsii* és *J. regia*) is kifejlődik (Khan et al., 2016). Európában veszélyt elsősorban a közönséges dióra (*Juglans regia*), másodsorban a fekete dióra (*Juglans nigra*) jelent, azonban a fajokon belül a fajták között is megfigyelhető jelentős érzékenységbeli különbség, részben a dió mezocarpiumának vastagsága, illetve az érési idő függvényében (Coates, 2005; Guillén et al., 2011; Shelton and Anderson, 1990). Az imágók Magyarországon zömmel július elejétől augusztus végéig rajzanak. Egnemzedékes faj, imágói hosszú életűek, 40 napig is élhetnek, közben mézharmattal és növényi nedvekkel táplálkoznak. A nőtények az érési táplálkozást, majd a párást követően, tojásaikat a dió zöld burkába (mezocarpium) süllyeszti. A tojásrakás időszaka általában másfél hónap (július legvége – szeptember közepe) (Tuba et al., 2012). Vizuális és kisebb mértékben, olfaktorikus ingerek segítik a nőtényeket tojásrakáskor (Cirio, 1972). A tojásrakás helyén nem feltűnő, kisebb elszíneződés, illetve bemélyedés figyelhető meg az exocarpiumon. Egy nőtény élete során akár 400 db tojást is rakhat (Boyce, 1934). A tojások megnyúltak, fehérek, ezekből 5–7 nap alatt kelnek ki a nyüvek. A dióban a mezocarpiumot fogyasztva egyidejűleg több nyú is növekedhet, de nagyobb egyedszám előfordulásakor akár a pericarpiumot is fogyasztják (Voigt and Tóth, 2013). A nyüvek növekedésével párhuzamosan egyre nagyobb, szabálytalan kiterjedésű, fekete foltok jelennek meg a dió burkán. A lárvák az időjárástól függően 3–5 hét alatt fejlődnek ki (Kenis, 2010), ekkor kb. 6–8 mm hosszúak, enyhén sárgás, piszkosfehér színűek. A kifejlett nyüvek a dió burkát elhagyva lehullnak a talaj felszínére, majd sekélyen a felszín alá húzódnak, és bábozódnak (Kenis, 2010; Tuba et al., 2012).

Egyes vizsgálatok szerint már két lárvák kártétele esetén is képes a dióburok az egész felületre kiterjedően károsodni. A kártétel következtében a dió csonthéján is sötét foltokat lehet megfigyelni (Tuba et al., 2012), illetve a dióbél (mag) ráncos, töppedt és avas jellegű lehet,

továbbá másodlagos, szaprofita kórokozók is megjelenhetnek a felületén (Coates, 2005). A károsított dió idő előtti hullásával is számolhatunk, valamint a termések tömege, olaj- és fehérjetartalma is nagymértékben csökken (Baric et al., 2015).

A piacossági mutatókat (sötétebb színű dióbél) is kedvezőtlenül érinti a károsítás. A termés betakarítást követő kezelését is drágítja a károsított dió csonthéjára tapadt, rothadó, vagy rászáradt fekete burok, amelynek eltávolítása növeli a tisztítási költségeket (Duso and Dal Lago, 2006; Ohlendorf, 2000).

A törzsinjektálás története egészen Leonardo da Vinci koráig nyúlik vissza, de a legkorábbi tényleges fainjektálási kísérleteket csak a 20. század elején rögzítették (Costonis, 1981; Roach, 1939). Az 1970-es évektől a szilfavész betegség nagymértékben hozzájárult a törzsinjektálás elterjedéséhez, ugyanis a hagyományos permetezés hatástalan volt a betegséggel szemben (Jones and Gregory, 1971). A fainjektálást, mint lehetséges rovarirtó módszert az 1990-es évektől kezdték alkalmazni. Az injektálás elterjedéséhez a klímaváltozás is nagymértékben hozzájárult, az invazív fajok nagyszámú megjelenése által (Doccola and Wild, 2012). Napjainkban a törzsinjektálást elsősorban növényvédelmi célból, másodsorban tápanyagutánpótlásra, vagy fairtási célra, valamint termésmennyiség szabályozásra használják. Elsősorban az Amerikai Egyesült Államokban terjedt el, mint növényvédelmi módszer (Doccola and Wild, 2012).

A fásszárú növények törzsinjektálásának, mint növényvédelmi eljárásnak számos előnye van a hagyományos permetezéssel szemben, melyek nemcsak szakmailag támaszthatók alá, hanem társadalmi szempontból is értékesek. A módszer egyik legnagyobb előnye az ökotoxikológiailag kedvezőbb profil (nincs lemosódás, elsodródás, minden a célhelyre jut, a hasznos és közömbös szervezetek nem/alig találkoznak a hatóanyaggal, nem használ vizet a kijuttatáshoz). A dolgozók expozíciója kisebb a zárt rendszerű törzsinjektálásakor, így humántoxikológiai szempontból is kedvezőbb e módszer a permetezésnél (Acimovic, 2014). A

környezet kisebb terhelésén túl gazdaságilag is előnyös a módszer, hiszen a célzott felhasználás hosszú hatástartamot biztosít, ami akár több év is lehet (Wise et al., 2014), sőt a kijuttatás-technológia nem függ a faállomány méretétől sem. A törzsinjektálás egyik hátránya a fatörzs fűrásakor képződő seb kialakulása, amely kártételi kapu lehet egyes kórokozóknak. Doccola és munkatársai (2011) megállapították, hogy a sebek regenerálódásának és a fa károsodásának mértékét leginkább a kezelés időpontja, a felhasznált növényvédő szer típusa és a kezelés technikája befolyásolja. A technológia méhveszélyességének részletes megismerése céljából további kutatásokra van szükség (Doccola and Wild, 2012).

A törzsinjektálásra többféle módszer ismert, abban azonban hasonlóak, hogy általában a vízszállító rendszert (faedények) célozzák, majd az oda bejuttatott hatóanyag ezen rendszer segítségével jut el a hatáskifejtés helyére (Doccola and Wild, 2012; Prasad and Travnick, 1973). A törzsinjektálás viszonylag lassan terjedő technológia, hiszen alkalmazása előtt számos kérdést csak alapos kutatómunkával lehet megválaszolni, illetve a növényvédő szer engedélyezési eljárása sem igazodik e technológiához. A fa faja, a farész szöveti felépítése, a fa mérete, egészségi állapota, az injektáláskori időjárás és napszak, a hatóanyag és a kiszertelt készítmény fizikai-kémiai tulajdonságai, illetve az injektálási módszer mind befolyásolhatja a biológiai hatást (Doccola and Wild, 2012; Zamora and Escobar, 2000). Általában lombfakadás idején az oldott anyagok terjedése a növényben egyenletesebb és gyorsabb, mint a nyár végén vagy nyugalmi állapotban, ami a párologtatás miatti negatív xylem nyomással magyarázható (Brown, 1978). A fainjektálást akkor lehet a leghatékonyabban végezni, amikor a fák párologtatnak, ez persze számos tényezőtől függ (talaj- és léghőmérséklet, relatív páratartalom, talajnedvesség, napszak, fenofázis).

Az injektált növényvédő szerek hatékonysága függ a hatóanyag abszorpciójától, az injektálás helyétől, a célíg történő transzlokációtól, a peszticidek oldhatóságától, a szállítószövetek egészségétől és a fafajoktól (Tattar et al., 1998). A hatékony transzlokáció becsléséhez

ismernünk kell a hatóanyag számos tulajdonságát (vízoldékonyság (mg/l), szerves szén-víz megoszlási hányados (K_{oc} =ml/g), formuláció, sav-bázis karakter, hidrolitikus stabilitás, növényvédő szer/növényi mátrix kölcsönhatása) (Kiss et al., 2021).

Az egyes fafajok túlnyomásos injektálhatóságuk alapján öt csoportba sorolhatók, az 5 ml víz fába préseléséhez szükséges időtartam alapján (Gutermuth 2017). A főbb csoportok a következők: teljesen injektálhatatlan, alig injektálható, nehezen injektálható, injektálható (30-60 sec.) és könnyen injektálható (<30 sec.). A fekete dió (*Juglans nigra*) injektálható, míg a közönséges dió (*Juglans regia*) a könnyen injektálható kategóriába tartozik, ahogyan a legtöbb vizsgált faj (Gutermuth, 2017).

Anyag és módszer

Diófa törzsinjektálást három évben (2019-2021) végeztünk, két különböző helyszínen. 2019-ben és 2020-ban Taksonyban, míg 2021-ben Szelevény településen állítottunk be kísérleteket (1. táblázat). Az értékelések nem csupán az injektálás évében történtek, hanem a több éves tartamhatás feltárása miatt második évben is. Minden helyszínen rovarölő szeres kezelés nélkül történt a diótermesztés, nemcsak az injektált fákra vonatkozóan, hanem az egész ültetvényt érintően is. A növényvédő szer törzsbe juttatása, két különböző, de alapjaiban hasonló elven

működő készülékkel történt. A Treenject típusú injektáló készülék (1. ábra) legfeljebb 12,6 bar állandó nyomáson képes folyadékot préselni a fatestbe. Egy nyomásra 2,5 ml folyadék juttatható a furatba. A törzs kerületét arányosan



1. ábra Treenject típusú injektáló készülék (Gutermuth, 2017)

elosztva átellenesen végeztük az injektálást, 3,5 mm átmérőjű, 50 mm mélységű furatokba. A másik alkalmazott eszköz (2. ábra) egy nyomásálló gumitasak volt. Ebben az esetben a törzs átellenes oldalain négy darab, 6,5 mm átmérőjű, 50 mm mélységű furatot készítettünk, melybe egy applikátor segítségével csatlakoztattuk az eszközt. Az injektálási pontok magassága a talaj felszíne fölött körülbelül 20 cm-rel volt.



2. ábra Túlnyomásos injektáló gumitasak

Az injektáláshoz 18 g/l koncentrációjú, abamektin hatóanyagú inszekticid készítményt használtunk. A vizsgálatokhoz két különböző kontroll faegyedet jelöltünk ki, így a vizes kontroll egyednél elvégeztük az injektálást, de csak vízzel, míg a másik kontroll egyednél nem történt injektálás. Az azonos helyszíneken lévő diófák azonos korúak voltak, átlagos törzsátmérőjük 18 ± 2 cm (Taksony) és 30 ± 2 cm (Szelevény) volt. Az egyes diófák megkülönböztetése egyedi sorszámok fatörzsekre rögzítésével történt. Minden injektált fa esetén feljegyeztük a furatok számát, a furatonként bejuttatott növényvédő szer mennyiségét, továbbá az injektálás módszerét

és idejét. A fák lombkoronájának térfogatáról is gyűjtöttünk adatokat.

Az élő lárvák előfordulási gyakoriságának értékelését ősszel végeztük a dióburok természetes felrepedése előtt. A fákról legalább 100-150 db termésburokkal fedett termést gyűjtöttünk Raschel zsákokba. A gyűjtést követően, 1-2 napon belül megvizsgáltuk a burkokat egy éles kés segítségével 8 darabra vágva. Az értékelés szerint a fedett terméseket két csoportba válogattuk, ennek alapján megkülönböztettük az élő lárva tartalmozó és az élő lárvától mentes, ép terméseket. A hatóanyag-tartalom alakulásának nyomon követése céljából, egyes fákról levélmintákat is gyűjtöttünk. A vizsgált fákról három időpontban, 4x10 darab összetett levelet szedtünk.

1. táblázat Diófák injektálásának paramétereit (2019-2021)

Faazonosító	Hely	Ideje	Módszer	Furatok száma	Összes bejuttatott szermennyiség
				(db)	(ml/fa)
1	Taksony	2019.07.08.	Treenject	4	10
2				4	10
3				4	10
4				4	20
5				4	20
6 (kontroll)				4	10 (víz)
7(kontroll)		-	0		
8(kontroll)		-	0		
9(kontroll)		4	10 (víz)		
10		2020.06.04.	Treenject	4	10
11	4			10	
12	4			20	
13	4			20	
14	4			20	
15	10			50	
16	10	50			
17	10	50			
18	10	100			
19	Szelevény	2021.05.28.	Treenject	10	100
20			Treenject	10	100
21			Gumitasak	4	100
22			Gumitasak	4	100
23			Gumitasak	4	100
24			Gumitasak	4	200
25			Gumitasak	4	200

26	Gumitasak	4	200
27(kontroll)	Gumitasak	4	100 (víz)
28(kontroll)	-	0	0

A hatóanyag-tartalom mérésére a mintákat növényi eredetű élelmiszermintákhoz kifejlesztett, magyar szabványként is használt, citrát-pufferelt QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) módszer alapján készítettük elő (MSZ EN 15662:2018). A módszer során acetonnitriles extrakciót és SPE tisztítást végeztünk, mely lehetővé tette az HPLC-MS/MS kapcsolt technika segítségével a peszticid szermaradékok meghatározását. A hatóanyag-tartalomra vonatkozó méréseket Agilent Ultivo típusú, hármass kvadrupól (QqQ) analizátort tartalmazó, tömegspektrométerhez kapcsolt UHPLC készüléken végeztük, amellyel a vizsgált minták komponenseit folyadékkromatográfiás módszerrel elválasztottuk, az elválasztott komponenseket tömegspektrometriás (MS/MS) módszerrel detektáltuk és azonosítottuk. A folyadékkromatográfiás elválasztáshoz alkalmazott UHPLC rendszer egy nagynyomású pumpa, egy automata mintaadagoló (autosampler) és egy oszloptermosztát egységből épül fel. Méréseinket fordított fázású Agilent ZORBAX RRHD Eclipse Plus C18 (1,8 μ m, 2,1 x 50 mm) oszlopon végeztük. Az MS detektor ionforrásaként ESI ionforrást (Electrospray Ionization) alkalmaztunk.

A több dózisban részesített kísérleti helyszínről (Szelevény) származó dióburok minták abamektin koncentrációjában mutatkozó különbségeket egytényezős, teljes véletlen elrendezésű varianciaanalízissel (ANOVA) teszteltük. Shapiro–Wilk tesztet alkalmaztunk a hibatagok normalitásának vizsgálatára, a különböző csoportok szóráshomogenitását pedig Levene-teszt alkalmazásával ellenőriztük. A többszörös, páronkénti összehasonlítást Tukey-HSD-vel végeztük. A statisztikai elemzést az IBM SPSS Statistics 27 és az Excel 2016 szoftverekkel hajtottuk végre.

Eredmények



3. ábra A tojásrakás helye abamektinnel injektált dió zöld burkán (Szabó, 2019. augusztusa)

A 2019-ben, Taksonyban végzett törzsinjektálás értékelését 2019. szeptember 20-án végeztük. A kedvező biológiai hatásra utaló első jelet már nyáron, a még érésben lévő zöld dió burkán megjelenő tojásrakási helyek mikroszkópi átvizsgálásakor tapasztaltuk (3. ábra). Az injektálással kezelt fákon a tojásrakás ugyanolyan módon és mértékben lezajlott, mint a védelem nélküli diófákon, tehát repellens hatást nem

tapasztaltunk. Tapasztalatunk szerint a tojásrakás helyén a tojásokból kikelő nyüvek táplálkozni kezdtek, 1-2 mm átmérőjű fekete foltok itt kialakultak, azonban az exocarpium alatt táplálkozó nyüvek nagyon fiatal állapotukban el is pusztultak (4. ábra). A kártétel ezen formája olyan minimális volt, hogy a diótermesztés eredményességét semmilyen formában nem befolyásolta, a zöld burok kívülről alig sérült (5. ábra).



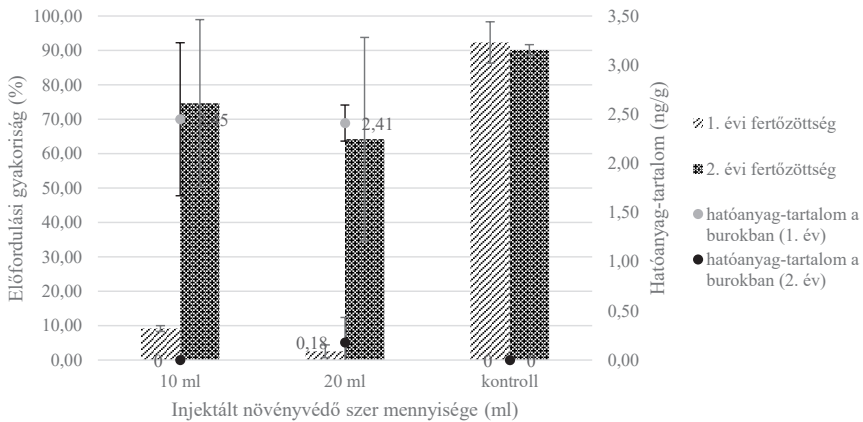
4. ábra Abamektinnel injektált diófa termésének mezocarpiumában elpusztult fiatal légylárvák (Szabó, 2019. augusztusa)



5. ábra Abamektinnel injektált diófa termésének mezo- és exocarpiuma metszetben a tojásrakási helynél (Kiss, 2019. szeptember)

A 2019-ben, Taksonyban végzett törzsinjektálás hatására, az injektálás évében mindkét vizsgált dózissal sikerült megvédeni a termést a nyüvek kártételétől. A kisebb dózis (10 ml/fa) 10 % alatt, a nagyobb dózis (20 ml/fa) 3% alatt tartotta az élő lárvák előfordulási gyakoriságát (6. ábra). A kontroll fák, annak változataitól függetlenül az élő lárvák előfordulási gyakorisága a 90%-ot is meghaladta. Az abamektinnel injektált fák az injektált szer mennyiségétől függetlenül a pericarpiumban kimutatható volt a hatóanyag,

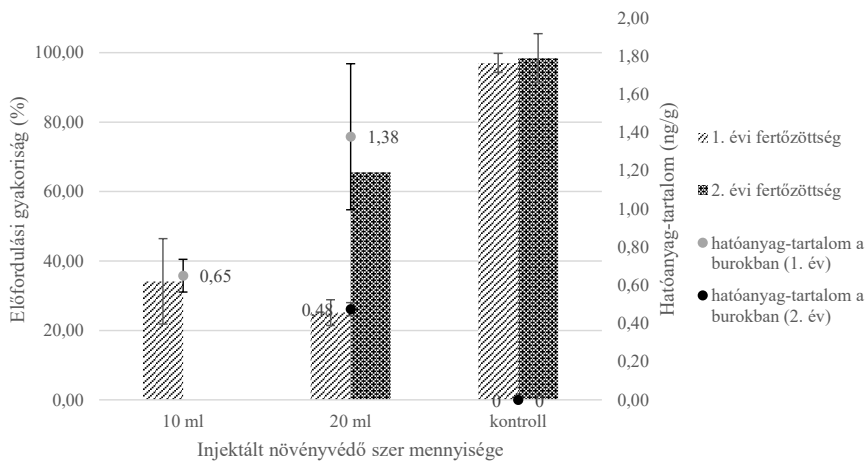
aminek átlagos mennyisége 2,45 ng/g (szórás: 31,8%) (10 ml/fa), illetve 2,41 ng/g (szórás: 7,46%) (20 ml/fa) volt (6. ábra).



6. ábra Az élő lárvák előfordulási gyakorisága és a hatóanyag koncentrációja az 1;2;3;4;5;6;7 fákra származó burokban, 2019-ben, Taksonyban injektált fák esetében, az injektálás és az azt követő (2020) évben. (Az analitikai módszer kimutatási határa (DL) 0,15 ng/g)

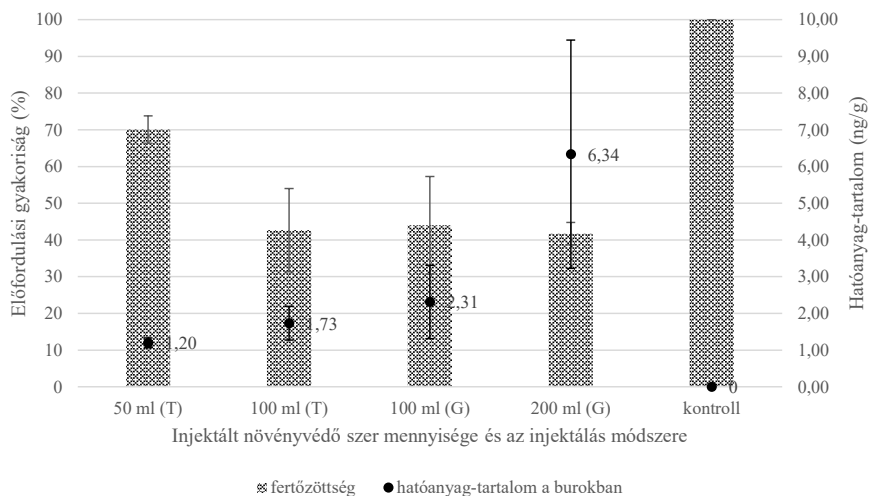
A 2019-ben végzett törzsinjektálás biológiai hatásáról a következő évben, 2020-ban azt tapasztaltuk, hogy volt még ugyan rovarölő hatás, de az élő lárvák előfordulási gyakorisága (64% és 75%) alig maradt el a kontrolltól (90%) (6. ábra).

2020-ban Taksonyban, az előző évi kísérletet addig kezeletlen fákon megismételve ugyancsak azt tapasztaltuk, hogy az abamektinnel kezelt fákon az élő lárvák előfordulási gyakorisága kisebb volt a kontrollhoz viszonyítva (7. ábra). A kisebb dózis esetén 35%, a nagyobb dózis esetében 25% volt a mértéke, szemben a kontrollban mért 97%-os előfordulási gyakorisággal. Az injektálás a második évben (2021-ben) is kifejtett rovarölő hatást, de csak kisebb mértékben az első évhez képest, az élő lárvák előfordulása ugyanis az injektálás utáni második évben a 20 ml-rel injektált fák esetében már 65%-os volt, míg a kontrollban 98%.



7. ábra Az élő lárvák előfordulási gyakorisága és a hatóanyag koncentrációja a 8;9;10;11;12;13;14 fákról származó burokban, 2020-ban, Taksonyban injektált fák esetében, az injektálás és az azt követő évben (A 2. évben csak a magasabb dózisú fák hatóanyag-tartalmát vizsgáltuk). (Az analitikai módszer kimutatási határa (DL) 0,15 ng/g)

2021-ben, immár harmadszorra is beállítottuk a kísérletet az addig kezeletlen fákon Szelevényben, ahol az alkalmazott három különböző dózis mindegyikénél rovarölő hatást mutattunk ki (8. ábra). A fák lombkorona-térfogatának és törzskeresztmetszetének megfelelően alkalmazott, korábbiakhoz képest nagyobb abamektin dózisokkal az élő lárvák előfordulási gyakorisága 40% és 70% között alakult az injektált fákon, szemben a kontrollban tapasztalt 100%-os gyakorisághoz képest. A dió pericarpiumában mért hatóanyag-maradék pozitívan korrelált az injektált hatóanyag mennyiségével.



8. ábra Az élő lárvák előfordulási gyakorisága és a hatóanyag koncentrációja a

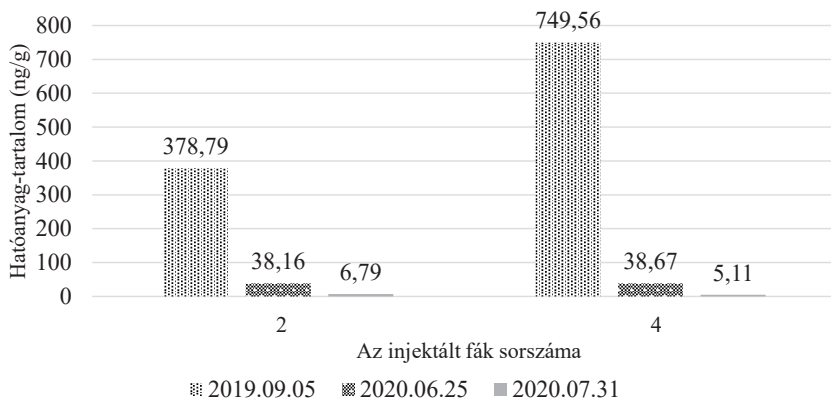
15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27;28 fájrról származó burokban, 2021-ben Szelevény településen injektált fák esetében, az injektálás évében. Az injektálásokat két féle módon, a Treenject (T) és a gumi tasakos (G) készülékekkel végeztük, ahogyan az a táblázatban (1. táblázat) látható. (Az analitikai módszer kimutatási határa (DL) 0,15 ng/g)

A különböző dózissal kezelt fák, az élő lárvák előfordulási gyakorisága szerint szignifikánsan eltértek egymástól ($F(4;10) = 29,499$, $P < 0,001$). Míg a kontroll fákat illetően 100%-ot tapasztaltunk, addig az élő lárvák előfordulási gyakorisága a kezelt fákon jóval kisebb volt. 50

ml esetén 70%, míg 100 ml és 200 ml esetén 45% alatti, de hasonló nagyságrendű előfordulási gyakoriságot mértünk fel. A burokban lévő átlagos hatóanyag-tartalom 1,20 ng/g és 6,34 ng/g között alakult.

A kétféle injektáló eszköz alkalmazása és az élő lárvák előfordulási gyakorisága között nem találtunk szignifikáns különbséget.

A dióbél hatóanyag-tartalma minden esetben a kimutatási határ (0,0003 mg/kg) alatt maradt. Egyes, 2019-ben injektált diófák levelének hatóanyag-tartalmát nyomon követve azt tapasztaltuk, hogy a fába injektált abamektin legalább két évig megjelenik a növény leveleiben, bár az injektálást követő évben már nagyságrenddel kisebb mennyiségben (9. ábra). A fába injektált hatóanyagmennyiség pozitívan korrelált a levélben megjelenő hatóanyag mennyiséggel, de csak az injektálás évében.



9. ábra A 2019-ben Taksonyban injektált 2. és 4. sorszámú fáról származó levelek abamektin hatóanyag-tartalma. Az analitikai módszer kimutatási határa (DL) 0,3 ng/g

Eredmények értékelése

Az abamektinnel végzett törzsinjektálás hatására a hatóanyag megjelent a zöld növényi részekben, így a levélben és a termésburokban. A burokba helyezett tojásokat a hatóanyag nem

pusztította, de a tojásból kikelő és táplálkozó lárvákat igen. Ezeket az elpusztult, összeszáradt nyüveket, illetve a tojáshéjat sikerült megtalálnunk az exocarpium alatt. Ha mégis túlélő lárvá maradna a burokban, akkor az abamektin szubletális hatása érvényesülhet, azaz a nyű fejlődése lelassul, így gazdasági kárt nem okoz. A törzsinjektálással természetesen csak a táplálkozó lárvák kártételét akadályoztuk meg, az imágók pusztítása nem lehetséges ekképpen, így a tojásrakás sem elkerülhető.

A 2020-ban Taksonyban injektált diófák nyugati dióburok-fúrólégy lárvák előfordulási gyakorisága meghaladta az első évben tapasztalt kimagaslóan jó értékeket. Ennek oka megítélésünk szerint a két évben tapasztalt jelentősen eltérő csapadékmennyiség és -eloszlás lehetett. Emellett az eredmények megítélésénél figyelembe kell vennünk az általunk alkalmazott értékelési mód rendkívüli szigorúságát. Azaz a jelentősnek tűnő, 30% körüli előfordulási gyakoriság a gyakorlatban kedvezőbb megítélés alá esne: az ilyen termés burkában ugyanis csak kis számban, vagy gyengén fejlődő lárvákat találtunk, ezáltal az okozott kártétel mértéke is jóval alacsonyabb volt és a termés piacosságát ettől még megtartotta.

Ahhoz, hogy kedvező rovarölő hatást érijünk el törzsinjektálással, nagyon fontos tényező a hatóanyag egyenletes és kielégítő mértékű transzlokációja. Ezen paraméterek felderítésében további célkitűzéseink vannak.

Az injektálást követő második évben tapasztalt magasabb előfordulási gyakoriságból arra lehet következtetni, hogy a sikeres védekezéshez az általunk alkalmazott injektálással, abamektin hatóanyaggal, minden évben szükséges az egyes diófákat kezelni. Eredményeink alapján ugyan volt különbség a másodéves injektált egyedek és a kontroll minták között, azonban az egy évvel korábbi kezelés hatásfoka a növényvédelmi gyakorlat számára nem kielégítő. A másodéves hatással kapcsolatban a szakirodalmi adatokkal összevetve ellentétes eredményeket tapasztaltunk, jóllehet dió és abamektin vonatkozásában elsőként közöltünk adatokat (Holderness, 1992; Percival and Boyle, 2005). Valójában nem vagy alig összevethetők az

injektálás hatása szempontjából az egyes fajok, ugyanígy a hatóanyagok sem (Eisenbach et al., 2014; Wang et al., 2020). A második évben tapasztalt hatáscsökkenést jól magyarázza a levelekben mért hatóanyag mennyisége, évenkénti csökkenésének üteme (9. ábra).

Az injektálás hatásosságát rengeteg tényező befolyásolja (Brown, 1978; Docola et al., 2011), amelyek közül véleményünk szerint nagy jelentőségű az injektálás időpontjának megválasztása. Dió esetében ez a paraméter nehezen befolyásolható, hiszen a lombfakadást megelőző időszakban a fatörzs – víztelítettsége miatt – alig injektálható, később pedig a hatóanyag egyenletes eloszlásának időszükséglete rejt kockázatot. Az általunk optimálisnak vélt időszak május vége, június eleje. Ősszel, a fa kisebb víztartalmánál szintén végeztünk injektálást, de azok nem voltak rovarölő hatásukat tekintve eredményesek, az élő lárvák előfordulási gyakorisága azonos szintű volt a kontroll fákon tapasztaltakkal. A kedvező rovarölő hatást nem csak a bejuttatott hatóanyag mennyiségével lehet összefüggésbe állítani, hanem a dió pericarpiumának hatóanyag-mennyiségével is, ami támpontot ad a hatóanyagtranszport eredményességéről (Kiss et al., 2021). Munkánk során egyértelmű, negatív korrelációt mutattunk ki a burkokban tapasztalt élő lárvák előfordulási gyakorisága, és az injektált hatóanyag-mennyiség, illetve a dióburokban mért hatóanyag-tartalom között.

A dióbélben mért hatóanyag-maradék értékek egy esetben sem haladták meg az EU peszticid adatbázisában a dióra (dióbélre) vonatkozó MRL (Maximum Residue Limit) értéket (0,02 mg/kg), tehát az általunk végzett törzsinjektálás élelmiszer-biztonsági szempontból megfelelő. Törzsinjektálásos növényvédő szer kijuttatással a hagyományos lombpermetezési technológiával analóg növényvédelmi hatást értünk el. A dióültetvények hagyományos eljárással történő védelmekor a nyugati dióburok-fúrólégy kártételének elhárítása miatt általában 4-5 kezelés szükséges, ami jelentősen megnöveli a diótermesztés költségeit és az ültetvények peszticidterhelését. Hazai diótermelésünk számottevő része szórvány diósokból és

háztáji diófákról származik. Az itt termett dió megvédésére jelenleg kevés a lehetőség, de megítélésünk szerint a törzsinjektálás, mint alternatíva megmentheti a jövőben ezt a szegmenst. A nyugati dióburok-fúrólégy elleni védelem megoldható törzsinjektálással, azonban a védekezésnek ezen módszere további fejlesztést kíván. Érdeemes volna más hatóanyagok hatását is felderíteni, sőt a dió más jelentős kártevője elleni hatást is vizsgálni.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti Dabasi Zoltán Növényorvos MSc hallgatót az adatok értékelésében végzett munkájáért, Gyuris Rita PhD hallgatót a kísérletek beállításában és a mintagyűjtésekben nyújtott segítségéért. Külön köszönet illeti a dióskertek tulajdonosait, Farkas Jánost és Dr. Kakuk Ilonát, akik készségesen rendelkezésünkre bocsátották kertjeiket a kísérlet idejére.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap (ESZA) társfinanszírozásával valósult meg (a támogatási szerződés száma: EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005).

Irodalom

Acimovic, S.G. 2014. Disease management in apples using trunk injection delivery of plant protective compounds. Michigan State University. Plant Pathology. <https://doi.org/10.13140/2.1.2252.38>

Barić, B., Pajač Živković, I., Matošević, D., Šubić, M., Voigt, E. and Tóth, M. 2015. *Rhagoletis completa* (Diptera; Tephritidae) distribution, flight dynamics and influence on walnut kernel quality in the continental Croatia. *Poljoprivreda*. **21**(1). 53-58.

Bodor J. 2012. A hazai dióburoklégy kártétele. *Kertészet és Szőlészet* **44**. 16-17.

Boyce, A. M. 1934. Bionomics of the walnut husk fly, *Rhagoletis completa*. *Hilgardia* **8**. 363-579.

- Brown, R. D. and M. T. AliNiasee. 1977. Synchronization of adult emergence of the western cherry fruit fly in the laboratory. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **70**. 678-680.
- Chen, Y.H., Opp, S.B., Berlocher, S.H. and Roderick, G.K. 2006. Are bottlenecks associated with colonization? Genetic diversity and diapause variation of native and introduced *Rhagoletis completa* populations. *Oecologia*. **149**. 656–667.
- Cirio, U. 1972. Osservazioni sul comportamento di ovideposizione della *Rhagoletis completa* Cresson (Diptera: Tephritidae) in laboratorio. *Atti IX Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*. **1**. 99-117.
- Coates, William W. 2005. Walnut Husk Fly: Varietal Susceptibility and Quality Observations. Walnut Research Reports – 2004, Walnut Marketing Board, Sacramento, CA. 179-181.
- Costonis, A. C. 1981. Tere Injection: Perspective macro-injection/micro-injection. *Journal of Arboriculture*. **7**. (10).
- Doccola, J. J., Smitley, D. R., Davis, T. W., Aiken, J. J. and Wild, P. M. 2011. Tree wound responses following systemic injection treatments in Green ash (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh) as determined by destructive autopsy. *Arboriculture & Urban Forestry*. **37**(1). 6-12.
- Doccola, J.J. and Wild, P.M. 2012. Tree injection as an alternative method of insecticide application. Insecticides-basic and other applications. InTech, Rijeka, Croatia 61–78.
- Duso, C. 1991. Sulla comparsa in Italia di un Tefritide neartico del nocce: *Rhagoletis completa* Cresson (Diptera: Tephritidae). *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*. **23**. 203–209.
- Duso, C. and Dal Lago, G. 2006. Life cycle, phenology and economic importance of the walnut husk fly *Rhagoletis completa* Cresson (Diptera: Tephritidae) in northern Italy. *Ann. soc. entomol. Fr.* **42**(2). 245–254.
- Eisenbach, B. M., Salom, S. M., Kok, L. T. and Lagalante, A. F. 2014. Impacts of Trunk and Soil Injections of Low Rates of Imidacloprid on Hemlock Woolly Adelgid (Hemiptera:

Adelgidae) and Eastern Hemlock (Pinales: Pinaceae) Health. *Journal of Economic Entomology*. **107**(1). 250–258.

European Standard - EN 15662 2018. Foods of plant origin-multimethod for the determination of pesticide residues using GC- and LC-based analysis following acetonitrile extraction/partitioning and clean-up by dispersive SPE-modular QuEChERS-method. Available from <https://standards.cen.eu/>. Accessed 7. July 2020.

Guillén, L., Aluja, M., Rull, J., Höhn, H., Schwizer, T. and Samietz, J. 2011. Influence of walnut cultivar on infestation by *Rhagoletis completa*: behavioural and management implications. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. **140**. 207–217.

Gutermuth Á. J. 2017. Lombosfák injektálhatósága. Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Budapest.

Holderness, M. 1992. Comparison of metalaxyl/cuprous oxide sprays and potassium phosphonate as sprays and trunk injections for control of *Phytophthora palmivora* pod rot and canker of cocoa. *Crop Protect.* **11**. 141–147. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(92\)90097-O](https://doi.org/10.1016/0261-2194(92)90097-O)

Jones, T. W. and Gregory, G. F. 1971. An apparatus for pressure injection of solutions into trees. USDA Forest Service research paper NE_233. Northeastern Forest Experiment Station, Upper Darby, PA. 9.

Kenis, M. 2010. *Rhagoletis completa* In Roques, A., Kenis, M., Lees, D., Lopez-Vaamonde, C., Rabitsch, W., Rasplus, J.Y. and Roy, D.B. (ed.): BioRisk Biodiversity & Ecosystem Risk Assessment, Alien Terrestrial Arthropods of Europe. Pensoft Publishers, Sofia, 918–919.

Khan, A. A., Hussain, S. D., Shah, M. A., Mohi-ud-Din, S. and Majid, S. 2016. Insect Pest Management of Fruit Crops. 327-330.

Kiss, M., Hachoumi, I., Nagy, V., Ladanyi, M., Gutermuth, A., Szabo, A. and Sörös, C. 2021. Preliminary results about the efficacy of abamectin trunk injection against the walnut husk fly (*Rhagoletis completa*). *Journal of Plant Diseases and Protection*. **128**(1). 333-338.

- Központi Statisztikai Hivatal 2020. A fontosabb gyümölcsfélék termesztése és felhasználása. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0025.html
- Merz, B. 1991. *Rhagoletis completa* Cresson und *Rhagoletis indifferens* Curran zwei wirtschaftlich bedeutende nordamerikanische Fruchtfliegen, neu für Europa (Diptera: Tephritidae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*. **64**. 55–57.
- Ohlendorf, B. 2000. Walnut husky fly: Integrated Pest Management in the home garden. Pest Notes, Publication 7430. Davis CA, Univer): *Aganaspis alujai* (Hymenoptera: Figitidae: Eucoilinae), a new species attacking *Rhagoletis* (Diptera: Tephritidae) in the neotropical region. *Florida Entomologist*. **90**. 626–634.
- Oláh R., Véték G. és Orosz Sz. 2017. A nyugati dióburok-fúrólégy (*Rhagoletis completa* Cresson, 1929) magyarországi elterjedése (2012-2017). *Növényvédelem*. **78**(53). 11.
- Percival, G. C. and Boyle, S. 2005. Evaluation of microcapsule trunk injections for the control of apple scab and powdery mildew. *Ann. Appl. Biol.* **147**. 119–127. <https://doi.org/10.1111/1/j.1744-7348.2005.00019.x>
- Prasad, R. and Travnick, D. 1973. Translocation of benomyl in elm (*Ulmus americana* L.) Distribution patterns in mature trees following trunk injection under high pressures. Can. Dep. Enviroment. *Chemistry Control Res. Inst. Report*. **114**. 18.
- Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin and amending Council Directive 91/414/EEC (Text with EEA relevance) Text with EEA relevance. Available from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1582307395827&uri=CELEX:32005R0396>. Accessed 7. July 2020.
- Roach, W. A. 1939. Plant injection as a physiological method. *Ann. Bot.* **3**. 155–226.
- Shelton, M. D. and I. L. Anderson. 1990. Walnut cultivars: evidence for differential susceptibility to insect pests. *Fruit Varieties*. **44**(4). 179-182.

- Smith, J. and Bush, G.L. 2000. Phylogeny of the subtribe Carpomyina (Trypetinae), emphasizing relationships of the genus *Rhagoletis*. In Aluja, M. and Norrbom, A. (ed) Fruit Flies (Tephritidae): Phylogeny and Evolution of Behavior. Boca Raton, FL, USA, CRC Press, 187–217.
- Tattar, T. A., Dotson, J. A, Ruizzo, M. S. and Steward, V. B. 1998. Translocation of imidacloprid in three tree species when trunk- and soil-injected. *Journal of Arboriculture*. **24**(1). 54-56.
- Tuba K., Schuler H., Stauffer Chr. és Lakatos F. 2012. A nyugati dióburok-furólégy (*Rhagoletis completa* Cresson 1929 – Diptera: Tephritidae) megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem*. **48**(9). 419–423.
- Voigt E. és Tóth M. 2013. Dió buroklégy magyarországi elterjedése 2013 tavaszán. *Növényvédelem* **49**(8).
- Voigt E., Tóth M., Subic M., Baric B. és Živković I. P. 2014. Megfigyelések a dióburok furólégy 2013. évi rajzásával, elterjedésével és kártételével kapcsolatban. *Agrofórum Extra*. **53**. 48- 52.
- Wang, J-H., Che, S-C., Qiu, L-F., Li, G., Shao, J-L., Li, Z., Zhang, G-F. and Xu, H. 2020. Efficacy of Emamectin Benzoate Trunk Injection Against the Asian Long-Horned Beetle [Anoplophora glabripennis (Coleoptera: Cerambycidae)]. *Journal of Economic Entomology*. **113**(1). 340–347.
- Wise, J. C., VanWoerkom, A. H., Acimovic, S. G., Sundin, G. W., Cregg, B. M. and Vandervoort, C. 2014. Trunk injection: a discriminating delivering system for horticulture crop IPM. *Entomology, Ornithology & Herpetology*. **3**(2). 1
- Zamora, M. A. S. and Escobar, R. F. 2000. Injector-size and the time of application affects uptake of tree trunk-injected solutions. *Scientia Horticulturae*. **84**. 163-177.

CSERESZNYELÉGY ELLENI VÉDEKEZÉS TÖRZSINJEKTÁLÁSSAL

Gyuris Rita^{1} - Sörös Csilla² - Gutermuth Ádám³ - Szabó Árpád¹*

¹MATE, Növényvédelmi Intézet Rovartani Tanszék

²MATE, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet Élelmiszerkémia és

Analitika Tanszék

³GreenUnit Kft.

*gyurisrita17@gmail.com

Összefoglalás

Az európai cseresznyelég (Rhagoletis cerasi) Magyarországon és a világ számos területén akár 100%-os kártételt is okozhat, feldolgozásra, fogyasztásra alkalmatlanná téve a cseresznye termését, ugyanakkor 25-40%-os kártételt még meggy esetében is mértek. Üzemi termesztésben rovarölő szerek permetezésekkel sikeresen megvédhetők a kisebb lombkoronájú fák, jóllehet a permetszerek java nem a célhelyre jut, így főlegesen szennyezik a környezetet. Munkánkban egy környezetbarát, új növényvédelmi megoldást dolgoztunk ki a szóban forgó kártevővel kapcsolatban. Az endoterápia során, törzsinjektálás formájában, zárt rendszerben juttattjuk a növényvédő szert a lombkoronába és a termésbe. Vizsgáltuk az injektálható formává alakított, acetamiprid tartalmú növényvédő szer cseresznyelég elleni hatását, és a 0,8 g hatóanyag mennyiséggel kezelt fák esetében 100%-os kártevő elleni védelmet figyeltünk meg. A kisebb dózisu kezeléseknél a rovarölő hatás is kisebb volt (88%, 94%). A termésben mért

acetamiprid hatóanyag-maradék koncentráció 19,6 ng/g -57,8 ng/g között alakult, a kezelési dózis függvényében.

Kulcsszavak: *Rhagoletis cerasi*, cseresznyelégység, törzsinjektálás, acetamiprid hatóanyag-maradék, cseresznye

Abstract

The European cherry fruit fly (*Rhagoletis cerasi*) can cause up to 100% damage in Hungary and in some other countries. This fly makes the crop completely unusable for export and fresh consumption. Smaller trees can be successfully protected by spraying in the intensive cultivation. But spraying is often applied in unnecessary amounts, what pollutes the environment and most of the spraying does not reach the target pests. Injection affects only tree organisms, environmentally friendly, and we can use low doses of the active ingredient to kill pests. Trunk injection technique is not as widely used in Hungary as spraying. There are a lot of researches in the world based on injecting techniques of fruit trees. In our work, we select and formulate pesticides into injectable formulations, evaluate the experiment from an entomological view, and then measure the active ingredient residue in the fruit, leaves and flower by using the QuEChERS method. In this study we investigated the effect of the trunk injection. When trees were treated with 0.8 g active acetamiprid ingredient, we reached 100% protection against the cherry fruit fly. The insecticidal effect was also lower with lower dose treatments (88%, 94%). Acetamiprid ingredient residue in the cherry crop were ranged from 19.6 ng / g to 57.8 ng / g, depending on the treatment dose.

Keywords: cherry, cherry fruit fly, *Rhagoletis cerasi*, trunk injection, acetamiprid-residue

Bevezetés

Az Európai cseresznyelégység (*Rhagoletis cerasi* Linnaeus, 1758, Diptera: Tephritidae) a cseresznye legjelentősebb károsítója, szinte mindenhol megtalálható a Föld északi és középső részein. Magyarországon és a világ számos területén akár 100%-os kártételt is okozhat (Fimiani, 1983). A cseresznyelégység kihívást jelent a termesztők számára, mivel a piac toleranciaszintje a károsított gyümölcssel szemben meglehetősen alacsony. A konzervipar számára már az ezrelékes mértékű károsítás sem elfogadható, ezért az ültetvényekben minden évben többszöri kezelés szükséges. Nem csak a konzervipari, de a friss piaci elvárások is hasonlóan szigorúak (Boller, 1972).

A cseresznyetermesztés helyzete a világban és Magyarországon

A világ cseresznyetermelése 2019-ben 2,6 millió tonna körül mozgott, egyúttal mind a termőfelület és a termesztés volumene növekvő tendenciát mutat (KSH, 2020). A világ cseresznyetermesztésének zöme (42%) Ázsiában van, ettől némileg kevesebb Európában (29,9%) és Amerikában (22,7%). A legnagyobb cseresznyetermesztő országok közé tartozik Törökország (664 ezer t), USA (321 ezer t), Chile (233 ezer t), Üzbegisztán (175 ezer t), Irán (128 ezer t), Spanyolország (118 ezer t), Olaszország (98 ezer t), Görögország (81 ezer t), Ukrajna (68 ezer t) és Szíria (66 ezer t).

Magyarországon 3162 hektáron termesztnek cseresznyét, a termőterület nagysága az elmúlt években növekvő tendenciát mutat (KSH, 2020). A termésmennyiség ingadozó, 8 és 12 ezer tonna között változik.

Törzsinjektálás, mint növényvédelmi módszer

A cseresznye-ültetvényekben a cseresznyelégység kártételének elhárítása miatt, minden évben több alkalommal szükséges rovarölő hatású permetezést végezni. A kezelések ökotoxikológiai hatása függ a felhasznált készítménytől is, de maga a permetezési kezelési eljárás sem teszi lehetővé, hogy a kijuttatott hatóanyag teljes egésze, vagy legalább nagy része a célhelyre jusson

(Pimentel, 1995). A Magyarországon, cseresznye kultúrában felhasználható rovarölő szerek hatóanyag-spektruma az elmúlt években folyamatosan csökken. 2021-ben az acetamiprid, ciantraniliprol, lambda-cihalotrin és deltametrin hatóanyagok engedélyezettek a cseresznyelég ellen.

A törzsinjektálás hazánkban eddig csak dísznövényeken (főleg vadgesztenye), és csak szükséghelyzeti engedéllyel folyt. Élelmiszercélú növényeken jelenleg nem engedélyezett eljárás, sem a technológia, sem a növényvédő szerek oldaláról. A gyümölcsfák törzsinjektálásos növényvédelme iránt azonban világszerte élénk a kutatási érdeklődés. Az eljárásról elérhető első leírások a 20. század első feléből származnak (Costonis, 1981; Roach, 1939). Az 1970-es években lendületesen fejlődött a módszer, ekkortól már az infúziós és a túlnyomásos injektálási technikát is alkalmazták (Filer, 1973; Helburg et al., 1973), melyeknek modernebb változatát ma is használjuk. Természetesen nem csak növényvédő szereket, hanem tápoldatokat is be lehet juttatni e módszerrel a fákba (McClure, 1992; Doccola et al., 2011; Fernández-Escobar et al., 1994; Fernández-Escobar et al., 1999), továbbá akár fairtásra és termés-szabályozásra is felhasználható (Doccola et al., 2011). A technológia mai fejlesztési irányai közül leginkább az élelmiszer-biztonság, illetve a fák egészségének megőrzése szerepel a hatékonyságon túl.

Az injektált növényvédő szer a fa két szállítószövege közül a xilémben halad a fa vegetatív és generatív részeihez. A törzsinjektálással bejuttatott rovarölő szer csak a fa különböző részeit fogyasztó szervezeteket pusztítja, így ökotoxikológiai profilja sokkal kedvezőbb a permetezési eljárásnál. Ráadásul a hatóanyag oldaláról is jelentkezhet megtakarítás, hiszen az védve jut, kizárólag a célhelyre, így feltehetőleg – a hagyományos permetezéssel szemben – kevesebb mennyiség is legalább ugyanolyan hatásos. Vízfelhasználásban is tetemes a törzsinjektálás előnye (Gutermuth, 2017).

Anyag és módszer

2021. május 12-én (BBCH 73) a Soroksári Kísérleti Üzem és Tangazdaság intenzív cseresznye ültetvényében hat cseresznyefát acetamiprid hatóanyagú készítménnyel injektáltunk (20 g acetamiprid/liter). Az azonos méretű és korú fákba (5 m magasság, 12-15 cm törzsátmérő) négy, egyenként 3-4 mm átmérőjű, 40 mm hosszú furatot fúrtunk, melybe a növényvédő szert juttattuk (1. táblázat). Fánként összesen 10, 20, vagy 40 ml növényvédő szert injektáltunk, egyenletesen elosztva a kifúrt lyukakba, két ismétlésben. Ezt követően lezártuk a furatot fasebkezelővel. A fentiekén kívül két fát vízzel injektáltunk, melyeket kontrollként alkalmaztunk a kísérletben. Ezek semmilyen egyéb növényvédelmi kezelést nem kaptak. A növényvédő szert és a vizet is könnyen be tudtuk injektálni a fák törzsébe, nem tapasztaltunk fizikai ellenállást.

1. táblázat Cseresznyefa törzsébe injektált rovarölő készítmény a hozzá tartozó hatóanyag-tartalom megjelölésével (2021. május)

Készítmény térfogat (ml)	Hatóanyag mennyisége
10	0,2 g acetamiprid/fa/4 furat
20	0,4 g acetamiprid/fa/4 furat
40	0,8 g acetamiprid/fa/4 furat

A fákat egyedi sorszámmal láttuk el. A mintagyűjtés 2021. június 23-án (BBCH 88) történt, az egyes fákról minimum 100 darab termést gyűjtöttünk véletlenszerűen. Az összegyűjtött terméseket jól zárható zacskókban hűtőszekrényben tároltuk feldolgozásig, azaz néhány napig. Az értékeléshez minden termést felvágunk és sztereo-mikroszkóppal megvizsgáltunk. Ha élő, vagy elpusztult lárvát találtunk a termésben, azt károsítottnak



1. ábra Törzsinjektálás eszközei (Gyuris, 2021)

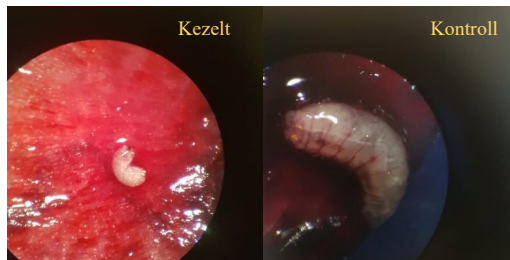
nyilvánítottuk. A biológiai hatást Abbott-féle módszerrel értékeltük. A rovarani értékelés után a mintákat mélyhűtőszekrényben tároltuk, szermaradék analízis céljából.

A cseresznyében lévő hatóanyagmaradék-tartalom meghatározását validált módszerrel végeztük. A hatóanyag-tartalom mérésre a mintákat a növényi eredetű élelmiszermintákhoz kifejlesztett, magyar szabványként is használt citrát-pufferelt QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) módszer alapján készítettük elő (MSZ EN 15662: 2018). A mérésekhez Agilent Ultivo típusú, hármás kvadrupól (QQQ) analizátorral és tömegspektrometriás detektorral felszerelt UHPLC-MS/MS kapcsolt rendszert használtunk. A folyadékkromatográfiás elválasztáshoz alkalmazott UHPLC rendszer egy nagynyomású pumpa, egy automata mintaadagoló (autosampler) és egy oszloptermosztát egységből épült fel. Az elválasztást fordított fázású Agilent ZORBAX RRHD Eclipse Plus C18 (1,8 μ m, 2,1 x 50 mm) oszlopon végeztük. Az MS detektor ionforrásaként ESI ionforrást (Electrospray Ionization) alkalmaztunk. A mérésekhez vak cseresznye mátrixra (kontroll) felépített kalibrációs módszert használtunk. A validált módszer kimutatási határa (LOD – limit of detection) 0.0002 ng/ml (analitikai minta), meghatározási határa (LOQ – limit of quantitation) 0,005 mg hatóanyag/kg cseresznye voltak.

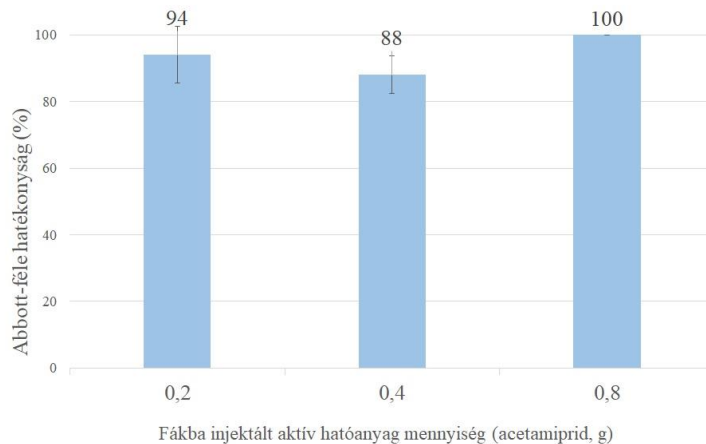
Eredmények

Törzsbe injektált acetamiprid larvicid hatása

A kezeletlen fák termésében a károsító jól fejlett és élő, egyúttal a kártétel mértéke 100%-os volt. A rovarölő szerrel injektált cseresznyefák termését boncolva a kártevőt leginkább elpusztulva találtuk meg. A termés exocarpiuma alá helyezett tojásból kikelt és elpusztult lárva szabad szemmel alig észlelhető, igen kis méretű volt. Ritkán élő lárvát is találtunk, de ezek sokkal kisebbek voltak, mint a kontrollban (2. ábra).



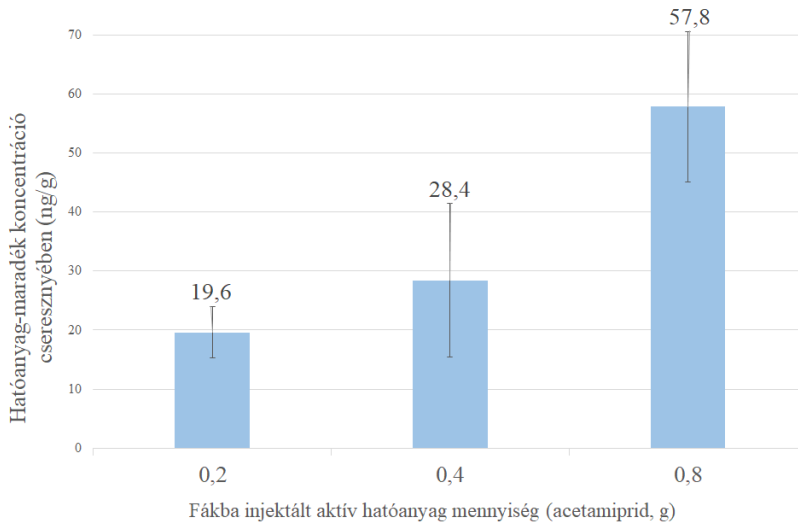
2. ábra Cseresznyelégylárva 40x-es nagyításban kezelt és kezeletlen fa termésében (Gyuris, 2021)



3. ábra Acetamipriddel kezelt fák Abbott-féle hatékonysága

A 0,8 g acetamipriddel kezelt mindkét fán 100%-os védelmet nyújtott a kezelés a kártevővel szemben. A kisebb dózisú kezeléseknél a rovarölő hatás is kisebb volt (3. ábra).

Hatóanyag maradék mérés eredményei



4. ábra Termésben mért acetamiprid hatóanyag-maradék mérési eredményei

Az acetamipridre vonatkozó, cseresznye pericarpiumából mért (csonthéjas maggal kalkulált) hatóanyag-maradék koncentrációk pozitívan korreláltak a törzsbe injektált hatóanyagmennyiséggel (4. ábra). A 0,2 g hatóanyag mennyiséggel kezelt fák 19,55 ng/g hatóanyagmaradékot tartalmaztak, a 0,4 g-mal kezelt fákban 28,4 ng/g hatóanyagmaradék volt, illetve a 0,8 g-mal kezelt fák termésében 57,8 ng/g acetamipridet mértünk.

Eredmények értékelése

Ma már egyre több tudományos cikk jelenik meg a törzsinjektálásról, de nem volt még az európai cseresznyelégység és a törzsinjektálás témakörét egyaránt érintő tudományos közlés, így munkánk hiánypótlónak tekinthető.

Az acetamiprid a neonikotinoidok csoportjába tartozó, szisztémikus kinetikájú hatóanyag, hatásmódját tekintve idegrendszeri mérgező. Permetezéssel történő kijuttatás esetén nem csak érintő hatást tud kifejteni, hanem gyomorméregként is működik. A törzsinjektálással történő kijuttatás eredményeként a feltételezésünk szerint az acetamiprid gyomorméregként fejtette ki larvicid hatását. A termés héja alá helyezett tojások lárvává tudtak alakulni, de a táplálkozó lárvák már elpusztultak a felvett hatóanyagtól.

A különböző mennyiségben injektált hatóanyag eltérő rovarölő hatást generált, azaz nem csak az acetamiprid törzsinjektálással történő elméleti felhasználhatóságát bizonyítottuk a cseresznyelég ellen, hanem egyúttal sikerült a helyes dózistartományt is megválasztanunk. Úgy gondoljuk, hogy a minimum effektív dózis precíz, lombkorona méretét is figyelembe vevő mennyiségét további kísérletekkel kell meghatároznunk.

A cseresznye termésmintákban az acetamiprid mért hatóanyagmaradék mennyisége nagyságrendekkel a megengedett határ alatt volt, hiszen jelenleg az acetamiprid hatóanyag vonatkozásában megengedett maximális hatóanyag-maradék koncentráció (MRL) értéke cseresznye termésére vonatkozóan (csonthéjas maggal kalkulálva) 1500 ng/g (EU pesticides database, 2021). Illetve a mért acetamiprid hatóanyag-maradék mennyisége a termésben, a permetezéssel történő kijuttatással összehasonlítva kicsinek mondható (Andika et al., 2020).

A vizsgált cseresznye minták emberi fogyasztásra tehát alkalmasak voltak, így az acetamiprid törzsinjektálással történő kijuttatása élelmiszer-biztonsági szempontból is megfelelő technológia lehet a jövőben.

Távlati kutatási kérdéseink között említjük az acetamiprid esetleges, másodéves hatását, és további rovarölő, azaz levéltetvekre kifejtett hatását is, amelyet okkal feltételezhetünk a szakirodalmi adatok alapján. A cseresznyelég elleni védelemben más hatóanyagok is sikeresek lehetnek, ezeket ugyanígy tesztelni kívánjuk a jövőben.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnénk mondani Balázs Gábornak, aki lehetővé tette, hogy a Soroksári Kísérleti Üzem és Tangazdaságban végezhetjük el kísérletünket.

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

A kutatás az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap és a Magyar Kormány társfinanszírozásával valósult meg (a támogatási szerződés száma: GINOP-2.2.1-18-2020-00025).



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

Irodalom

Andika, I. P., Vandervoort, C., Wise, J. C. and Rodriguez-Saona, C. 2020. Curative Activity of Insecticides Used to Control Spotted-Wing Drosophila (Diptera: Drosophilidae) in Tart Cherry Productions. *Journal of Economic Entomology*. doi:10.1093/jee/toaa161

Boller, E. 1972. Zum Verkauf und Einsatz neuer Kirschenfliegenfallen im Jahre 1972. Schweiz. *Z. Obst-und Weinbau*. **108**. 84-87.

Costonis, A. C. 1981. Tree Injection: Perspective macro-injection/micro-injection. *Journal of Arboriculture*. **7**(10). 275-277.

Doccola, J. J., D. R. Smitley, T. W. Davis, J. J., Aiken and P. M. Wild 2011. Tree wound responses following systemic injection treatments in Green ash (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh) as determined by destructive autopsy. *Arboriculture & Urban Forestry*. **37**(1). 6-12.

European Pesticides Database 2021. https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en.

Fernández-Escobar, R., D. Barranco, M. Benlloch and J. J. Alegria 1994. Control of *Phytophthora* root rot of avocado using prepared injection capsules of potassium phosphite. *Adv. Hortic. Sci.* **8**, 157-158.

Fernández-Escobar, R., F. J. Gallego, M. Benlloch, J. Membrillo, J. Infante and A. Perez de Algaba 1999. Treatment of oak decline using pressurized injection capsules of antifungal materials. *Eur. J. For. Pathol.* **29**, 29-38.

Filer, T. H. Jr. 1973. Pressure apparatus for injecting chemicals into trees. *Plant Dis. Report.* **57**, 338-340.

Fimiani, P. 1983. Multilarval infestations by *Rhagoletis cerasi* L. (Diptera: Trypetidae) in cherry fruits. In *Fruit Flies of Economic Importance*, Cavalloro, R., Ed.; Balkema: Rotterdam, The Netherlands. 52-59.

Gutermuth Á. 2017. A fainjektálásban rejlő lehetőségek, esélyek és veszélyek, A Magyar Növényvédelmi Társaság Növényvédelmi Klub 379. előadása.

Helburg, L. B., M. E. Schomaker and R. A. Morrow 1973. A new trunk injection technique for systemic chemicals, *Plant Dis. Report.* **57**, 513-514.

Központi Statisztikai Hivatal 2020. A fontosabb gyümölcsfélék termesztése és felhasználása. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0025.html

McClure, M. S. 1992. Effects of implanted and injected pesticides and fertilizers on the survival of *Adelges tsugae* (Homoptera: Adelgidae) and on the growth of *Tsuga canadensis*. *J. Econ. Entomol.* **85**(2), 468-472.

Pimentel, D. 1995. Amounts of pesticides reaching target pests. *Environmental impacts and ethics.* **8**(1), 17-29. doi:10.1007/bf02286399.

Roach, W. A. 1939. Plant injection is a physiological method. *Ann. Botany.* **3**, 155-226.

A FAJTAMINŐSÍTÉS KÉRDÉSE GABONAFÉLÉKBEN TOXIKUS GOMBÁKKAL SZEMBEN. A TERMÉS NEM MINDEN

Mesterházy Ákos - Szabó Balázs - Berényi Attila - Meszlényi Tamás - Tóth Beáta
Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft.*

**akos.mesterhazy@gabonakutato.hu*

Összefoglalás

Mára a hazai és nemzetközi kutatás létrehozta azokat a kísérleti technikákat és módszereket, amelyekkel az adott növényfajta toxinkockázata mérhető. Mivel a gombabetegségekre fogékony gabonafajták toxikus gombákkal szembeni megbízható védelme sem növényvédőszeres, sem agrotechnikai úton nem oldható meg, kukoricában pedig hatásos fungicid technológia nem áll rendelkezésre, így a legfontosabb lehetőség egy legalább közepes növényi ellenállóság. Ilyen tulajdonsággal rendelkező fajták minden kalászosban és kukorica esetében is vannak a piacon. A genotípusok közötti ellenállóság különbségek legalább tízszeresek, így a fogékony genotípusok selejtezésével az élelmiszer- és takarmánybiztonság lényegesen javítható.

Kulcsszavak: fajtaminősítés, gabonafélék, mikotoxin

Abstract

Sophisticated experimental technics and methods are exist, which are suitable to determine the toxin risk of different crops. As protection of susceptible varieties or hybrids are could not be solved by chemical and agronomical approaches, cultivation of crops with at least moderate resistance can be the solution. Several varieties and hybrids with this property are on the market. Differences in resistance between genotypes may be tenfold or more, so selection of more resistant lines substantially could improve the food and feed safety.

Keywords: cultivar registration, cereals, mycotoxin

Bevezetés

A toxikus gombák járványos években akár 50 - 100 milliárd forintos kárt is tudnak okozni a magyar termelőknek, részben a megtermelt termés részben vagy egészében elveszett értéke miatt, részben az állattenyésztés során tapasztalt szaporulat csökkenése, annak rossz minősége, az elhullás növekedése és különböző járványok miatt, amelyek a meggyengült immunválasz miatt következnek be. Ide tartozik a folyamatos antibiotikum és a toxinkötők használatának költsége, de a különféle tisztítási eljárások is, amelyek jelentős feldolgozási veszteséggel járnak, és műveleti költségei is nagyon magasak.

Az elmúlt évek tapasztalatai alapján búzában 10 évenként van 3-4, az ország jelentős területeire kiterjedő járvány. A fő kórokozó a *F. graminearum*, de az ezzel a gombával szembeni ellenállóság több *Fusarium* fajjal szemben is védelmet ad, vagyis ez az ellenállóság nem fajspecifikus. Kukoricában a DON (*F. graminearum*), a fumonizin (FUM B1 és B2, *F. verticillioides*), és az aflatoxin (AFB1, *A. flavus*) szennyezettség gyakori. Az aflatoxin szinte minden második évben kimutatható a terményből, többnyire a határérték alatt. A szántóföldi eredet egyértelmű igazolása hazánkban még hátra van, ami az USA-ban, vagy Afrika jelentős

részen, de máshol is ténykérdés. Az is előfordul, hogy egyszerre mind a három toxin messze határérték felett van egyes hibridekben, ez az ország déli és keleti kb. 100 km-s sávjában gyakoribb, máshol ritkább, de biztonságban senki sincs. A toxinok jelentős előfordulása járványokhoz kötött, azaz a kórokozókkal szembeni nem kielégítő növényi ellenállóság a fő ok. Kimutattuk, hogy az adott genotípus kórokozó betegség és toxin rezisztenciája a különböző kísérletek átlagaként nagyjából 20 %-ban eltér, ebből az a variáns a legveszélyesebb, amelynél az alacsony fertőzöttség magas toxinfelhalmozással párosul. Ezért toxin kontroll nélkül a fajtát köztermesztésbe engedni nem szabad. Kiderült továbbá, hogy a búzában ugyanazon QTL-ek minden vizsgált *Fusarium* fajjal szemben védelmet adtak, míg a kukoricában az ellenállóság függetlenül alakul, ezért mindegyiket külön kell tesztelni

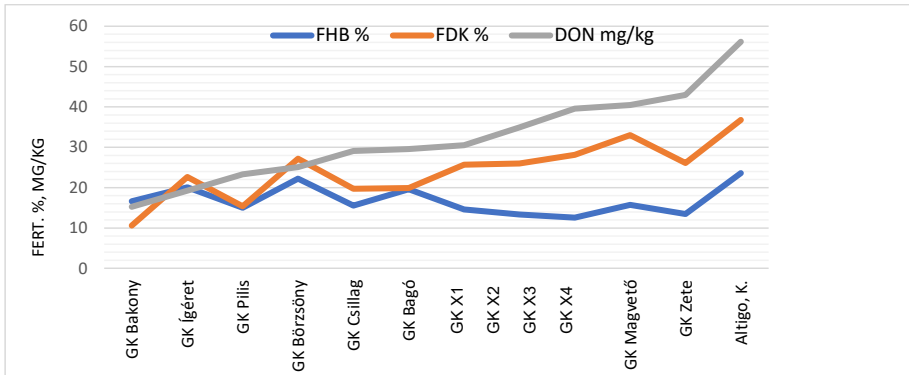
Anyag és módszer

Az őszi búzák mesterséges inokulációját négy *Fusarium* izolátummal végeztük 2-2 ismétlésben. A kalászfertőzöttség (FHB) és a szemfertőzöttség (FDK) mellett vizsgáltuk a minták DON toxin szennyezettségét is (Mesterházy, 2020). A négy izolátum csokortermésének 10 %-át vettük ki és egyesítettük, így minden évben egy fajtáról két toxinadat állt rendelkezésre. Kukorica esetében a módszereket illetően Mesterházy és mtsai (2020), valamint Szabó és mtsai (2018) által közölt cikkek a mérvadók.

Eredmények és értékelésük

A szegedi **búza**fajták mesterséges fuzárium tesztekben mutatott négyéves átlageredményeit az 1. ábra mutatja be. Az adatok egyértelműen mutatják a kalásztünetek alkalmatlanságát a toxintartalom előre jelzésére. Ugyanerre a szemfertőzöttség sokkal alkalmasabb. Ezért logikus az szándék, hogy a fajtaminősítésnél a kalásztüneteket bár fel kell vételezni, de ezek alapján

döntést nem lehet hozni. A három adat egyébként csak a GK Bakony, GK Ígéret és GK Börzsöny esetében fedí egymást, a többinél már más a helyzet.



1. ábra Szegedi búzafajták kalász- és szemfertőzöttsége, valamint DON tartalma kalászfuzárium rezisztenciatesztekben, 2017-2020. Négy év átlagadatai négy izolátum és két ismétlés tekintetében

Az 1. táblázatban a négy éves toxineredmények találhatóak. Az első következtetés az, hogy az Altigo-nál az összes szegedi fajta ellenállóbb. A legellenállóbb GK Bakony toxinszennyezettségi átlaga negyede csak az Altigóénak. Hol van az érzékenységi határ? Itt abból indulunk ki, hogy a GK Csillag természetes fertőzéses körülmények között az átlagosnál jobb toxinreakcióval rendelkezve, súlyos járványos feltételek között (2010) is legfeljebb minimális tisztítást igényelt. A nagyüzemi megfigyelések és tapasztalatok a GK Pilisnél és GK Bakonynál is hasonlóak voltak. A DON SZD 5%-a 8,30 volt, eszerint az Altigóié a második legfogékonyabb fajtánál is szignifikánsan fogékonyabb volt. Eszerint a GK Bakony, GK Ígéret, a GK Pilis és a GK Börzsöny tartozik egy csoportba. A következő csoport a GK Csillag, GK Bagó és a GK Körös. A további csoport négy tagja között nincs szignifikáns eltérés, és az Altigo, mint említettük, egyedül áll a fogékonyági piramis csúcsán.

1. táblázat Őszi búzafajták DON szennyezettsége mesterséges fertőzéses rezisztenciakísérletek során, Szeged,

2017-2020

Fajta	Év, mg/kg				Átlag	Variancia
	DON 2017	DON 2018	DON 2019	DON 2020		
GK Bakony	9,80	29,70	6,80	14,62	15,23	103,4
GK Ígéret	16,10	13,50	4,29	43,06	19,24	277,9
GK Pilis	22,00	34,20	7,07	29,99	23,32	142,9
GK Börzsöny	21,69	50,70	1,81	26,26	25,11	403,6
GK Csillag	17,30	39,80	11,60	47,68	29,10	301,7
GK Bagó	29,90	32,80	19,41	36,12	29,56	52,2
GK Körös	20,80	43,70	11,25	46,20	30,49	295,1
X1	16,50	61,00	6,40	55,88	34,95	757,4
X2	25,91	61,70	2,16	68,45	39,56	970,0
X3	37,70	62,60	7,71	53,88	40,47	583,5
X4	25,60	49,00	10,82	86,53	42,99	1089,7
Altigo, Kontr.	32,04	76,50	14,12	101,89	56,14	1618,0
Átlag	22,95	46,27	8,62	50,88	32,18	396,1
SZD 5%					8,30	

	DON 2017	DON 2018	DON 2019	DON 2020
DON 2018	0,5800*			
DON 2019	0,3528	0,0144		
DON 2020	0,5277	0,6761**	0,2499	
Átlag	0,7239***	0,8578***	0,3151	0,9284***

^xP = 0.1, * P = 0.05, ** P = 0.01, *** P = 0.001

A GK Csillag kiugró toxintoleranciája a 2010-es országos fuzárium járványnál egyértelmű. Hasonló tapasztalat volt a Körös esetében is, bár kisebb mértékben. Tehát valahol ebben a régióban szükséges meghúzni az érzékenységi határt. Fontos további szempont, hogy a

variancia az átlag adatokénál kisebb legyen. Ezen a fajták neveit vastagítottan szedtük. A Börzsöny határeset, mivel variancia értéke alig valamivel nagyobb az átlagnál. Nyilván, ezeknél a fungicidhatást is célszerű kimérni, ahogy a Csillagnál tettük. Érdemes a Bagóra külön is felhívni a figyelmet a stabilitása miatt, bár DON tartalma kétszerese a GK Bakonyénak, de értéke megfelel a GK Csillagénak. Az évenként igen eltérő DON felhalmozására képes fajtáktól pedig érdemes megvárni.

Mint ahogy a tervezett fajtaminósítási kísérletekben a toxinmérés minden izolátumra külön tesztelés lesz, az ismétlések száma is 3 vagy 4 és minimálisan évente két termőhelyet tervezünk, a fajták kockázati értékét jó vagy igen jó megközelítéssel mérni fogjuk tudni azon a szinten, amit a minősítéstől el lehet várni. Jelenleg ez a legpontosabb metodika a világon. Természetesen ezeknél pontosabb adatokhoz is lehet jutni a termőhelyek és évek növelésével, de itt már egy nem szakmai, hanem gazdasági korlát is belép. Egyszerű példa. Ha az ismétlésszám növelését megnézzük pl. a terméseredmények pontosságára, akkor 4-6 ismétlésen felül az eredmény pontosságának javulása már nem arányos a plusz ráfordítással (Sváb 1981). Gyakorlatilag az összes kisparcellás termésösszehasonlító kísérlet négy ismétlést használ, ennél többet inkább csak speciális kutatási feladatokhoz alkalmaznak. Ha ezt szeretnénk, érdemes a vizsgálati helyek számát növelni.

A **kukorica** kockázatelemzése ennél sokkal bonyolultabb. Itt három fő, toxintermelő gombafajjal kell legalább számolnunk. Mivel a kísérlet a Magyar Kukorica Klub szervezésében zajlott, és ennek adatai a Klub honlapján nyilvánosak, így a hibridnevek itt is szerepelnek. Korábban a természetes fertőződés alapján végezték a szelekciót és a fajtaminósítást is. Egy kisebb superfogékony hibridhányadot sikerült a termelésen kívül tartani, az időnként fellépő súlyos járványok azonban azt igazolták, hogy ez nagyon kevés. Ezt a 2010-es NÉBIH adatok is igazolták (Szabó et al. 2018). Két éven keresztül vizsgáltuk 18 hibrid ellenállóságát és toxinrezisztenciáját a három gombafajjal szemben, 2-2 izolátummal fajonként. A 2. táblázat

minden oszlopának adatait az átlagtól felfelé és lefelé két csoportra osztottuk, az alsó 25 % minősült a legjobbnak, itt a cellazín az eredeti fehér maradt. A világosszürke a 25-50 %-ig terjedő értékeket jelöli. Közepes szürke kiemelést kapott az 50 és 75 % közötti hibridrés, és az összes többi sötétszürke árnyalatot kapott. Olyan hibrid egy sem volt, amelynek összes adata a legjobb kategóriába tartozott volna. Két olyan hibridet azonosítottunk, amelyek az összes hibridből kiemelkedett toxin szinten (vastag szedés a hibridnévnél) de az egyébként nagyon alacsony természetes fertőzöttség valamivel átlag fölötti lett. Nekünk a toxinadat a fontosabb. Öt hibridet találtunk, amely 100 µg/kg aflatoxin szennyezést mutatott természetes fertőződésnél, viszont hat hibridnél a kimutathatósági határt nem haladta meg. Ennek a tejgazdaságban van jelentősége. Olyan hibrid is van, ahol vizuális tünet nem volt, de magas aflatoxin szint viszont igen. Itt számos okot meg lehet nevezni, a lényeg azonban az, hogy épp az ilyen esetek miatt a toxinszint mértéke a fontosabb paraméter.

Ha a kockázatelemzést el akarjuk végezni, akkor ehhez szükség van mindhárom fajjal szembeni külön adatsorokra, mind fertőzöttség, mind toxintartalom szempontjából. Ugyanez érvényes a természetes fertőződésre és az ott kimutatható toxinokra is. Ha a természetes és mesterséges toxinadat összefügg, az erősíti a besorolást, de olyan is van, ahol a mesterséges fertőzésnél az aflatoxin magas, míg a természetesnél nulla, vagy éppen fordítva van (Koregráf). A Korimbos volt a kísérlet rezisztens kontroll hibridje. Ez következetesen így van évek óta. Ezzel szemben ennek a hibridnek a mintái tízszer annyi DON toxint tartalmaztak, mint az ugyanolyan fertőzöttségű Sy Talismané. Legalább ilyen eltérés van a 21,9 %-os fertőzöttségű Kathedralis 13 mg/kg-os és a 22,1 %-os fertőzöttségű P9718 101 mg/kg-os DON adatai között.

2. táblázat Kukorica hibridek rezisztencia tesztje, 2019-2020

Hibrid	Fertőzöttség			Toxin tartalom			Fertőzöttség kontroll			Toxin tartalom kontroll			FAO No.
	Fg* %	Fv %	Af %	DON mg/kg	FUM B1+B2 mg/kg	AFB1 µg/kg	Fus. kontr.	Asp. kontr.	DON mg/kg	FUM B1+B2 mg/kg	AFB1 µg/kg		
Konfites	10.1	0.6	0.3	18.1	3.5	53	0.21	0.000	1.70	1.88	2	430	
ES													
Harmonium	11.5	0.2	0.2	37.6	2.1	62	0.25	0.000	0.13	0.81	4	380	
Sy													
Talisman	13.5	0.4	0.3	7.5	1.8	71	0.27	0.000	0.72	0.54	2	250	
Korimbos	14.4	0.1	0.1	76.1	5.7	44	0.08	0.000	3.49	0.30	408	575	
P0725	15.9	0.4	0.1	28.6	4.1	613	0.17	0.005	0.00	0.12	794	560	
Koregraf	16.6	0.4	0.2	30.7	2.5	37	0.10	0.000	0.00	0.30	352	410	
DKC 5830	17.1	0.5	0.4	47.0	3.2	245	0.17	0.000	2.18	5.63	0	560	
ES Lagoon	19.8	0.3	0.2	38.9	3.1	896	0.19	0.005	0.00	2.23	20	460	
Armagnac	19.8	0.2	0.1	25.3	0.9	98	0.13	0.005	2.33	1.58	9	490	
Illango	19.9	0.5	0.4	46.8	2.6	1068	0.18	0.008	0.05	0.75	1143	530	
P9718E	21.9	0.5	0.2	101.0	1.5	638	0.09	0.000	0.17	1.17	3	390	
Kathedralis	22.1	0.7	0.6	13.4	3.8	361	0.21	0.000	0.27	1.73	0	490	
DKC 4541	24.6	1.6	0.5	48.8	4.0	174	0.30	0.005	3.59	3.06	0	370	
Valkür	28.8	0.1	0.1	82.6	1.5	205	0.05	0.000	1.28	0.81	0	731	
P9415	32.0	0.6	0.3	49.1	1.4	38	0.24	0.000	0.58	2.32	0	350	
SY Zephir	33.9	0.4	0.2	28.4	1.8	160	0.16	0.005	0.63	2.36	4	390	
Kleopatras	35.0	0.4	0.1	74.2	1.8	310	0.16	0.000	0.35	2.31	114	630	
Sy Zoan	35.4	0.5	0.2	96.3	6.7	1258	0.18	0.008	0.00	1.65	0	560	
Mean	21.79	0.48	0.25	47.24	2.88	352	0.17	0.002	0.97	1.64	159		
LSD 5%	8.60	0.55	0.15				0.08						

Fg = *F. graminearum*, Fv = *F. verticillioides*, Af = *A. flavus*

Az adatok azt is mutatják, hogy 1% vizuális fertőzésre akár tízszeres toxinkülönbség is lehet, aminek oka ismeretlen, de a genetikai háttér eltérései valószínűek. Ahogy a búzánál elmondtuk, itt is igaz, a tervezett fajtaminősítési vizsgálatok három izolátummal fognak folyni kórokozóként, két termőhelyen biztosan, de ha szükség lesz egy harmadikra is, akkor azt is létrehozuk.

Mind a búzában, mind a kukoricában a fent bemutatott mesterséges inokulációs módszereken alapul az eddigi legalaposabb módszertani protokoll. Azt hozzá kell tenni, hogy immunitás szintű ellenállóságot még egyik gabonafélében sem találtak. Következetes nemesítő munkával azonban lényeges további javulás érhető el. Az már igen jelentős eredmény lenne, ha a magyar termelésben hosszú távon nem lenne fogékonyabb fajta, mint pl. a GK Pilis, és nem lenne fogékonyabb kukorica, mint a Talisman. A kockázati felméréshez a toxintartalom a fontosabb, a kötelező és ajánlott határértékek erről szólnak. A toxin adatok értékelése viszont akkor lehet csak megbízható, ha a fertőzéses adatok jelentős és szignifikáns fajtakülönbségeket mutatnak, vagyis szakmailag jól tervezett, kivitelezett és sikeres kísérletekből származnak.

Mi a nemesítői érdek? A sok évtizedes tapasztalat az, hogy kivétel nélkül minden cég fajtái igen jelentős variabilitást mutatnak. Pl. a vártnál lényegesen több jó ellenállóságú hibridet találtunk a szegediek között. Vagyis egyetlen céget sem fog padlóra küldeni ennek az eljárásnak a bevezetése. Viszont ezeket az adatokat igen jól tudják majd hasznosítani a globális marketing tevékenységben, és ami a legfontosabb, mind a magyar vagy más országbeli termelők a jelenleginél sokkal jobb jövedelmi pozíciókkal fognak rendelkezni. Ezen túl a melegebb klímához való alkalmazkodást is segíti, és a melegebb időjárás ellenére még aflatoxin és fumonizin szennyezés csökkenés is bekövetkezhet. Ha a piac díjazni fogja az ellenállóbb fajtákat, nagyobb lehet a gazdák jövedelme, mint a bőtermő, de igen fogékony és magas toxintartalmuk miatt értéktelen termést adó fajtákkal. Ezért a fajtaminősítés reformja a

legfontosabb lépés, ez az, ami a nemesítő cégeket meggyőzi arról, hogy érdemes itt beruházni, és az egyoldalú termésközpontú szemléletet meg lehet és kell haladni. Azt gondoljuk, hogy a nemesítő cégek is a termelők sikerében érdekeltek.

Ahhoz, hogy a jelenlegi rezisztenciális csúcsfajták járványos években is jól teljesítsenek, fontos a meglévő ellenállóság támogatása megfelelő agrotechnikával, megfelelő előveteménnyel, talajműveléssel, fungicid technológiával, hogy a bennük lévő ellenállóság sokáig szolgálhasson minket. Természetesen az is fontos dolog, hogy a szakmában kezd kialakulni egy egyetértés. Legalább olyan fontos az is, hogy megfelelő pénzügyi háttér is legyen. Mindannyian abban reménykedünk, hogy ez a probléma van olyan nemzetgazdasági fontosságú és olyan fontos versenyképesség fokozó tényező, hogy megvalósítása kiemelkedően gazdaságos lesz és sokszorosan visszafizeti a beruházott fejlesztési költséget.

Köszönetnyilvánítás

A kutatásainkat az ITM TKP2020-NKA-21 projekt támogatta.

Irodalom

Mesterhazy, A. 2020. Updating the Breeding Philosophy of Wheat to Fusarium Head Blight (FHB): Resistance Components, QTL Identification and Phenotyping- a review. *Plants*. **9**. 1702. doi:10.3390/plants9121702.

Mesterhazy, A., Toldine Toth, E., Szel, S., Varga, M. and Toth, B. 2020. Resistance of maize hybrids to *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, and *F. verticillioides* ear rots with toothpick and silk channel inoculation, as well as their toxin production. *Agronomy*. **10**. 1283. doi:10.3390/agronomy10091283

Szabo, B., Toth, B., Toth Toldine E., Varga M., Kovacs N., Varga J., Kocsube, S., Palagy, A., Bagi F., Budakov, D., Stojšin, V., Lazic, S., Bodroža-Solarov M., Colovic, R., Bekavac, G.,

Purar, B., Jockovic, D. and Mesterházy, A. 2018. A New Concept to Secure Food Safety Standards against Fusarium Species and Aspergillus Flavus and Their Toxins in Maize. *Toxins*.

10. 372. doi:10.3390/toxins10090372

Sváb J. 1981. Biometriai módszerek a kutatásban, 3. kiadás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest,. 557. ISBN 963 231 0136.

AGRONOMIC IMPACTS ON FUSARIUM INFECTION AND MYCOTOXIN CONTAMINATION OF WHEAT GRAIN

Elias, El Chami – Josepha, El Chami –Ákos, Tarnawa - Katalin M., Kassai –

*Zoltán, Kende – Márton, Jolánkai**

MATE Agronomy Institute

**jolankai.marton@uni-mate.hu*

Abstract

Agronomic impacts often determine plant physiological processes. The value of grain yield may be deteriorated by fungal infections as well as contaminated by its mycotoxin metabolites. *Fusarium* spp. is a major plant pathogen of wheat. *Fusarium* infection and mycotoxin production cause serious losses in wheat and wheat-based products. Three major mycotoxins; deoxynivalenol, zearalenone and fumonisin were studied in a three years' series of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) trial at the MATE Agronomy Institute in 2018, 2019 and 2020. 3 varieties and 5 levels of N fertilization were applied in a replicated field trial. Grain samples of harvested yield were tested for *Fusarium* infection as well as the occurrence and magnitude of mycotoxin contamination were determined.

The results obtained suggest that there were no statistically significant direct relations between the fungal infection and the presence and level of mycotoxin contamination, however certain varietal and crop year differences could be detected by fuzzy logic modelling approach for each mycotoxines.

Keywords: agronomic impacts, mycotoxins, deoxynivalenol, zearalenone, fumonisin

Összefoglalás

Agrotechnikai tényezők hatása búzafajták termésének fuzárium fertőzöttségére és mikotoxin szennyezettségére. A termesztési tényezők alapvetően befolyásolják a növények élettani folyamatait. A szemtermés értékét jelentősen leronthatják a gombás fertőzések, valamint ezek toxikus metabolitjai. A *Fusarium* fajok a búza jelentősebb kórokozói közé tartoznak. Fertőzésük és mikotoxin termelésük súlyos veszteséget okoz a búza termelésében és a termés felhasználásában. A jelen kísérletben három mikotoxin – deoxynivalenol, zearaleneon és fumonisin – vizsgálatát végezték egy hároméves (2018, 2019 és 2020) agrotechnikai kísérletsorozatban őszi búza (*Triticum aestivum* L.) szemtermés mintáin. A szabadföldi kísérletben a MATE Növénytermesztési-tudományok Intézetében, Gödöllőn 3 búzafajta és 5 N fejtrágyázási kezelés mintáin meghatározták a *Fusarium* fertőzöttség, illetve a mikotoxin szennyezettség előfordulását és mértékét.

A kísérleti eredmények alapján megállapították, hogy a fuzárium fertőzés, valamint a mikotoxin előfordulás és annak mértéke között statisztikailag igazolható szignifikáns összefüggés egyik kísérleti variáns esetében sem volt igazolható. Ugyanakkor fuzzy logic matematikai módszer alapján végzett elemzés során konkrét fajta, illetve évjáratí különbségek voltak kimutathatók a vizsgált mikotoxinok esetében.

Kulcsszavak: agrotechnikai hatások, mikotoxinok, deoxynivalenol, zearaleneon, fumonisin

Introduction

Agronomic impacts often determine plant physiological processes. The value of grain yield may be deteriorated by fungal infections as well as contaminated by its mycotoxin metabolites

(Mesterházy et al., 2012; Mesterházy et al., 2020; Naguib, 2018; Parry et al., 1995). *Fusarium* spp. is a major plant pathogen of wheat. Mycotoxins are secondary metabolites produced by fungi, capable of causing disease and death in humans and animals. Dietary, respiratory, dermal, and other exposures to mycotoxins produce the diseases collectively called mycotoxicosis (Adejumo et al., 2007; Dexter et al., 1997; Kende et al., 2019). The most important *Fusarium* spp. mycotoxins in wheat are: deoxynivalenol, zearalenone and fumonisins. Deoxynivalenol is a vomitoxin, Fumonisin are carcinogenic, Zearalenone causes hyperestrogenism and infertility (Kurtz et al., 1978; Marasas et al., 2001; Rotter et al., 1996; Salas et al., 1999).

Fusarium infection and mycotoxin production may be affected by the cultivation of different wheat varieties and the rate of nitrogen fertilization in wheat cultivation. The aim of the research was to study the impact of management techniques (varieties and nitrogen fertilization) on *Fusarium* infection and mycotoxin production in wheat. Measure fusarium percentage and DON/ZEA/FUM concentration and find ways to prevent or reduce fusarium infection and mycotoxin production.

Material and method

The experiment was conducted during three consecutive years 2018, 2019 and 2020 at the experimental field of the Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE). The experimental design was that of a split-plot with main plots consisting of different wheat varieties and subplots consisting of different nitrogen fertilizer treatments. Each treatment had three replications. The wheat varieties used were obtained from the ARI Martonvásár representing three different genotypes labelled with a code 1 2 and 3 respectively. The nitrogen fertilizer (ammonium nitrate) was applied as single dose topdressing (0, 40, 80, 120 and 160 kg N/ha ai. at tillering stage). Fusarium percentage was calculated by counting the number of colonies that formed on wheat kernels (10 from each treatment) incubated for 7 days in

laboratory conditions on Nash and Snider Fusarium selective medium petri dishes. Deoxynivalenol (DON), Zearalenone (ZEA) and Fumonisin (FUM) mycotoxin levels were analysed using ROSA Fast5 Quantitative tests (El Chami et al 2020; Kassai et al 2020).

Statistically, the linear regression module of the IBM SPSS V.21 software was used to determine the effect of the nitrogen fertilization and the wheat varieties on the rate of fusarium infection and mycotoxin production.

For a non-parametrised approach of the mycotoxin trial Fuzzy logic sets were applied. Fuzzy logic is based on the observation that people make decisions based on imprecise and non-numerical information. These models have the capability of recognising, representing, manipulating, interpreting, and utilising data and information that are vague and lack certainty (Hárs, 2006; Fogarassy, 2000; En.Wikipedia, 2021). Fig 1 presents a simple model applied in converting mycotoxin measured contamination ppb values to fuzzy $\mu_{\bar{A}}$ sets. The margins given were Fopt1 0,2; Fopt2 0,8 with a 10 ppb threshold of the original measured data.

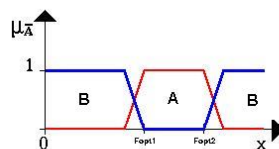


Figure 1 A simple Fuzzy logic model for creating data sets Source: En.Wikipedia 2021

Results and discussion

The three consecutive crop years were proved to be different regarding the Fusarium occurrence in the harvested wheat grain samples. Fig 2 provides information on the varietal and crop year averages of infection percentage.

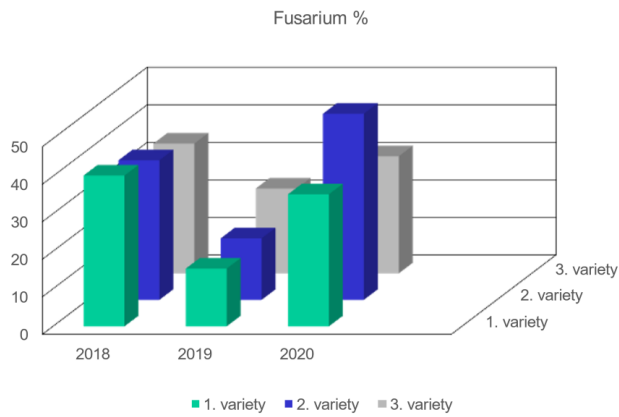


Figure 2 The magnitude of Fusarium infection by varieties and crop years

Statistically none of the variables proved to be significant, however marked differences are to be seen in the case of crop years, since 2019 data are almost half of that of the other two crop years. For a plausible evaluation of the mycotoxin trial of a non-parametrised approach using Fuzzy logic sets were applied. In the following tables converted data are presented.

Table 1 Fuzzy set of mycotoxin measurements by crop years and varieties Gödöllő, 2018-2020

Variety	DON $\mu\bar{A}$	ZEA $\mu\bar{A}$	FUM $\mu\bar{A}$	Fusarium % \bar{x}
2018				
1	0,2	0,2	0,32	40,2
2	0,32	0,2	0,44	37,2
3	0,2	0,2	0,44	34,6
				37,3
2019				
1	0,68	0,2	0,56	15,4
2	0,44	0,32	0,44	16,4
3	0,2	0,32	0,2	22,6

				18,1
2020				
1	0,2	0,2	0,44	35,2
2	0,32	0,2	0,44	49,6
3	0,44	0,2	0,2	31,2
				38,6

According to the non-parametrised data sets of Table 1, the $\mu\bar{A}$ values of the respective mycotoxins suggest that from among the three contaminants zearalenone seems to be present in the least amount, while fumonisin values are rather high, but not dominant. Deoxynivalenol values are rather variable. According to the relation with Fusarium infection figures there are no detectable relations between. Since fuzzy sets have no abilities for evaluating mathematical relations, the magnitude of data sets provide us with qualitative information only.

Table 2 Fuzzy sets by wheat varieties Gödöllő, 2018-2020

Variety	DON $\mu\bar{A}$	ZEA $\mu\bar{A}$	FUM $\mu\bar{A}$	mean
1	0,36	0,2	0,44	0,33
2	0,36	0,24	0,44	0,35
3	0,28	0,24	0,28	0,27
	0,33	0,23	0,39	

Table 2 presents data of the performance of the varieties examined. The magnitude of the fuzzy values seems to support the idea that variety “3” was less susceptible regarding mycotoxin contamination, however this fact could not be proven by statistical evaluations. Also, in this set of $\mu\bar{A}$ ranges the data support the differences that ZEA values are in a lower range than that of DON and FUM.

Table 3 Fuzzy sets by N doses Gödöllő, 2018-2020

N doses	DON $\mu\bar{A}$	ZEA $\mu\bar{A}$	FUM $\mu\bar{A}$	mean
0	0,44	0,2	0,33	0,32
40	0,2	0,27	0,53	0,33
80	0,4	0,2	0,27	0,29
120	0,4	0,2	0,33	0,31
160	0,33	0,27	0,47	0,36

The information of Table 3 highlight data on the plant nutrition applications. The magnitude of the fuzzy values seems to be almost uniform regarding the ascending doses of nitrogen topdressing. However, in this set of $\mu\bar{A}$ ranges the data also show the differences between ZEA values and that of DON and FUM.

Finally, the results obtained suggest that there were no statistically significant direct relations between the fungal infection and the presence and level of mycotoxin contamination, however certain varietal and crop year differences could be detected by fuzzy logic modelling approach for each mycotoxin. In this context it may be stated that fuzzy logic may be used as an informal method in the evaluation processes of physiological phenomena. Due to this approach this study has yielded information on two valuable characteristics, namely contributed to the non-parametric evaluation and distinction between varieties and have provided the researchers with detectable data on the magnitude of mycotoxin contamination.

Acknowledgement

This paper presents research results gained from a field and laboratory trial supported by NVKP and VKSZ funds of the Government of Hungary.

References

- Adejumo TO, Hettwer U. and Karlovsky P 2007. Occurrence of Fusarium species and trichothecenes in Nigerian maize. *Int. J. Food Microbiol.* **116**(3). 350–357
- Dexter, J., Marchylo, B., Clear, R. and Clarke, J. 1997. Effect of Fusarium Head Blight on Semolina Milling and Pasta Making Quality of Durum Wheat. *Cereal Chemistry Journal.* **5.** 519-525.
- El Chami, E., Kató, H., Csúrné Varga, A., Tarnawa, Á. and Kassai, M.K. 2020. The impact of the agrotechnology on the Fusarium infection on winter wheat and the mycotoxin production. Abstract Book. 19th Alps Adria Scientific Workshop. Wisla Poland. 88. ISBN 978-963-269-896-0 doi: 10.34116/NTI.2020.AA
- En.Wikipedia 2021. https://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic downloaded 19.11.2021.
- Fogarassy Cs 2000. Potenciális szántóföldi energianövényeink regionális eloszlása és egyes természetstéchnológiai kérdései. Doktori értekezés. Regional distribution and technological aspects of potential energy crops. PhD thesis. In Hungarian. SZIE, Gödöllő.
- Hárs, T. 2006. Thermal water salt content discharge. V. Alps-Adria Scientific Workshop, Opatija, Croatia, 6 - 11 March 2006. 21-24. ISSN 0133-3720
- Jenkinson, P. and Parry, D. W. 1994. Isolation of Fusarium species from common broad-leaved weeds and their pathogenicity to winter wheat. *Mycol. Res.* **98**(7). 776–780
- Kassai, M. K., Tarnawa, Á., Nyárai, H. F., Szentpétery, Zs., Eser, A., Kató, H. and Jolánkai, M. 2020. Quality and quantity of winter wheat varieties in 22 years' time range, Columella. *Journal of Agricultural and Environmental Sciences.* **7**(1). doi: 10.18380/SZIE.COLUM.2020.7.1.5
- Kende Z., Eser A., Kató H., Czeródi Kempf L., Nyárai F., Kunos V. and Szentpétery Zs. 2019. A world alimentation chance estimate based on protein production of crop species, Columella,

Journal of Agricultural and Environmental Sciences. **6**(1). doi: 10.18380/SZIE.COLUM.2019.6.35.

Kurtz, H. J. and J. Mirocha. 1978. Zearalenone (F2) induced estrogenic syndrome in swine. *In* T. D. Wyllie and L. G. Morehouse (ed.), *Mycotoxic fungi, mycotoxins, mycotoxicoses*, vol. 2. Marcel Dekker, New York, 1256-1264.

Marasas, W. F. O., J. D. Miller, R. T. Riley, and A. Visconti. 2001. Fumonisin-occurrence, toxicology, metabolism and risk assessment. *In* B. A. Summerell, J. F. Leslie, D. Backhouse, W. L. Bryden, and L. W. Burgess (ed.), *Fusarium*. Paul E. Nelson Memorial Symposium. APS Press, St. Paul, 332-359.

Mesterházy, Á., Lemmens, M. and Reid, L. M. 2012. Breeding for resistance to ear rots caused by *Fusarium* spp. in maize - A review. *Plant Breeding Open Access.* **131**(1). 1. doi 10.1111/j.1439-0523.2011.01936.x

Mesterházy, Á., Oláh, I. and Popp, J. 2020. Losses in the grain supply chain: causes and solutions. *Sustainability.* **12**(6). 2342. doi.org/10.3390/su12062342

Naguib, D. 2018. Control of *Fusarium* wilt in wheat seedlings by grain priming with defensin-like protein. *Egyptian Journal of Biological Pest Control.* **28**(1).

Parry, D. W.; Jenkinson, P. and McLeod, L. 1995. „*Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals-a review”. *Plant Pathology.* **44**(2). 207–238.

Rotter, B. A., D. B. Prelusky and J. J. Pestka. 1996. Toxicology of deoxynivalenol (vomitoxin). *J. Toxicol. Environ. Health.* **48**. 1-34.

Salas, B, Steffenson, B, Casper, H, Tacke, B, Prom, L, Fetch, T. Jr. and Schwarz, P. 1999. *Fusarium* species pathogenic to barley and their associated mycotoxins. *Plant Dis.* **83**(7). 667–677.

NAPRAFORGÓ VETŐMAG CSÍRÁZÁSKORI BETEGSÉGEINEK VIZSGÁLATA

Kádár Kitti^{1} - Pásztor György¹ - Poór Judit² - Takács András¹*

¹MATE, Növényvédelmi Intézet Növényvédelmi Tanszék

²MATE, Matematika és Természettudományi Alapok Intézet Matematika és
Modellezés Tanszék

*k.kitti96@gmail.com

Összefoglalás

A napraforgó szerepe napjainkban a megugró olajkereslet miatt egyre jelentősebb. A vizsgálatok célja a napraforgó vetőmag-előállításban a kaszatokon megjelenő kórokozók azonosítása volt.

A vetőmag tábláról történő mintagyűjtést követően az átlagminták a Magyar Szabvány szerint kerültek feldolgozásra. A mintákat két részre osztottuk. A kezelt tételt Neomagnolos oldatban fertőtlenítettük. A kezelt és kezeletlen minták 4-4 ismétlésben kerültek csíráztatásra, ismétlésenként 50 kaszatot vizsgáltunk. A csíráztatás időtartama 2 hét volt.

Az „A” kezeletlen minta esetében 81%, míg a kezelt mintában 83% volt az átlagos csírázás. A kezeletlen „B” minta 90%-ban, míg a kezelt 89,5%-ban csírázott. A kaszatokról kaparékot készítettünk, amelyeken *Alternaria* spp., *Fusarium* spp. és elvétve a *Botrytis* spp. jelenlétét igazoltuk. A statisztikai elemzés során bebizonyosodott, hogy a kezelések és a kórokozók

előfordulása között nincsen összefüggés. A csávázás elvégzése az évjáratról függetlenül meghatározó jelentőségű.

Kulcsszavak: napraforgó, csírátzatás, *Alternaria* spp, *Fusarium* spp.

Abstract

Sunflower production is becoming more important these days due to soaring demand for oil.

The aim of the studies was to identify pathogens in the sunflower seed production.

Collection of samples was made from sunflower seed field, the average samples were processed according to the Hungarian Standard. The samples were divided into two parts. The treated seeds was disinfected in Neomagnol solution. The treated and untreated samples were germinated in 4 replicates, with 50 seeds per replicate. The duration of germination was 2 weeks.

The average germination was 81% for the untreated sample "A" and 83% for the treated sample.

The untreated "B" sample germinated in 90% and the treated in 89.5%. Scrapings were made from the seeds in which presence of *Alternaria* spp., *Fusarium* spp. and rarely *Botrytis* spp. was found. Statistical analysis showed that there is no significant differences between treatments and the incidence of pathogens.

Keywords: sunflower, germination, *Alternaria* spp., *Fusarium* spp.

Bevezetés

A napraforgó termesztése napjainkban a megugró olajkereslet miatt egyre jelentősebb. Az évjáratok nagymértékben befolyásolják a kórokozók megjelenését és a károk mértékét. A gazdaságilag jelentős gombabetegségek közé tartozik a napraforgó peronoszpóra, a

fehérpenészes szár- és tányérrothadás, a szürkepenészes szár- és tányérrothadás, a diaportés szárfoltosság és korhadás és az alternáriás levél- és szárfoltosság, amelyek vetőmaggal is terjedhetnek (Horváth, 1995).

A szürkepenészes szár- és tányérrothadás kórokozója a *Botrytis cinerea*. A szürkepenész tüneteit nemcsak a száron, hanem a tányéron is megtaláljuk. A *Botrytis cinerea* rendkívül széles gazdanövénykörrel rendelkezik, szinte minden termesztett kultúrában jelen lehet. A kifejlett napraforgó minden föld feletti részét képes károsítani. Védekezés nélkül a fertőzött kaszatóból fejlődő csíra elpusztulhat. A betegség a nevét a sűrű, egérszürke penészbevonatról kapta, mely a kezdetben kialakuló világosbarna vizenyős foltok felszínén jön létre. Ez a jellegzetes tünet akár a növény egészen megfigyelhető. A tányér a fertőzést követően a rothadás következményeképpen leválhat a szárról (Kálmán, 2021).

Wang et al. (2019) tanulmánya alátámasztja, hogy napjainkban világszinten jelentős kórokozók az *Alternaria* fajok. Az alternáriás levél- és szárfoltosság kórokozója az *Alternaria helianthi*. Több mint 60 *Alternaria* fajt, parazita illetve szaprotróf szervezetet mutattak eddig ki a vetőmagvak felületéről (Champion, 1997). A patogén szervezetek a csíranövényeken különböző károsodásokat idéznek elő (Dongó, 2005). A csíranövényeken zavarhatják a gyököcske kifejlődését, melynek jelentősége fokozódik víz-stresszes állapot esetén (Champion, 1997). A vegetációban a leggyakoribb tünet a levéllemezen megjelenő, különböző alakú és nagyságú barna színű foltosság (Prasad et al., 2020). A foltok gyorsan növekednek, összeolvadnak, és a levéllemez száradását okozzák. Az *Alternaria helianthificiens* körkörös, sötétzöld, barnuló-feketedő foltokat okoz a leveleken és a száron is. A száron a foltok megnyúlnak, orsó alakúak, bársonyos, fekete bevonattal. Ez a faj a bélszövetben lilás elszíneződést okoz, amely a bélszövet pusztulásával járhat. A betegség tünetei megjelennek még a tányérok fonáki részén, de a kaszatok is fertőződnek. A kaszatok felületén csíráztatáskor fekete, bársonyos bevonat jelenik meg (Horváth, 1995).

A *Fusarium* fajok az egész világon általánosan elterjedt polifág, talajlakó kórokozók fajsztintű meghatározásuk nagy szakértelmet kíván (Wollenveber and Reinking, 1935; BILAJ, 1955; Tousoun and Nelson, 1968; Booth, 1971). A kár csíranövény-pusztulásban, szárkorhadásban, termésbetegségekben, s ezen túl a toxikózisok előidézésében nyilvánul meg. Az elmúlt két évtizeden e betegséggel kapcsolatban hazánkban kiváló kutatási eredmények láttak napvilágot (Manninger, 1967; Békési és Hinfner, 1968; Szécsi, 1973, 1992; Fischl, 1979; Hornok, 1979, 1992; Mesterházy, 1978, 1988).

A kórokozók a növények valamennyi föld alatti és föld feletti részét fertőzik és vetőmaggal is terjedhetnek. Meghatározó primer fertőzési források a talajba visszakerült növényi maradványok, konídiumok, klamidospórák, valamint az aszkospórák (Horváth, 1995). A fuzáriumos fertőzések elleni biológiai védekezésre számos lehetőség kínálkozik (ABU-Tahon et al., 2020; El Komy et al., 2020).

Anyag és módszer

A vetőmagtermesztő tábla Baranya megye déli részén Rádfalva határában található, az országhatártól 12, Pécestől 30 km-re. A tábla területe 36 hektár. 2020-ban az elővetemény a táblán kukorica volt.

A mintavételezés során a táblát két egyenlő részre osztottuk, ennek megfelelően „A” és „B” átlagminta került megszedésre. A mintavételezés a deszikkálás előtt, augusztus 16-án történt. A táblákról egész tányérok kerültek begyűjtésre. A kaszatok átlagos víztartalma 18-22 % között alakult. A vízleadás érdekében a tányérok a vizsgálatokig száraz, hűvös helyen tároltuk. A kaszatok augusztus 28.-án kézi dörzsöléssel kifejtettük majd tisztítottuk, ekkor mindkét minta 10% alatti nedvességtartalommal rendelkezett, amely megfelel a Magyar Szabvány előírásának. A kaszatokat a csíráztatásig százaz hűvös helyen papírzacskókban tároltuk.

A csíráztatást november 9.-én a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campusán, a Festetics Imre Bioinnovációs Központ Növényvédelmi laboratóriumában végeztük. A két táblából összesen 1-1 3 kilogrammos mintát készítettünk, amelyeket 4-4 ismétlésben csíráztattunk. Ismétlésenként 50 db összesen 200 db kaszat került vizsgálatra. Az előkészületek során a kaszatok gépi úton kerültek számolásra. A Neomagnolos kezelés során a kaszatokat 3 percig fertőtlenítés céljából áztattuk. Ezt követően minden mintát szűrőpapírra helyeztünk, majd vizes belocsolást követően állandó 23 °C hőmérsékleten két hétre csíráztató szekrénybe tettük. A csíráztatás kiértékelésére november 23.-án került sor. A nem csírázott kaszatokat Petri-csészébe helyeztük, felületükről kaparékot készítettünk, amelyet a továbbiakban mikroszkóppal vizsgáltunk.

Az eredmények statisztikai kiértékeléséhez az IBM SPSS Statistics 27 programot használtuk.

Az elemzés során a khi-négyzet próba került alkalmazásra.

Eredmények

A kezelt és kezeletlen „A” minta eredményeit foglalja össze az 1. táblázat. A kezeletlen mintában 81%, míg a kezelt mintában 83%-os volt a csírázási arány.

1. táblázat Kezeletlen és kezelt „A” minta csíráztatási eredménye

„A” minta	Összesen, db	Csírázott, db	Nem csírázott, db	Csírázási %
Kezeletlen	200	162	38	81
Kezelt	200	166	34	83

A khi-négyzer próba alapján megállapítható, hogy a Neomagnolos kezelés nincs szignifikáns hatással a csírázási eredményekre ($p=0,603$).

A csíráztatások során jól szemrevételezhető volt, hogy a jelenlévő kórokozók közül az *Alternaria* spp. volt a legjelentősebb és ezt követte a *Fusarium* spp.. Általánosságban

megállapítható, hogy az esetek 80%-ában mind a két mintánál előfordult *Alternaria* spp. és 20%-ban *Fusarium* spp. a kaszatok héjának felületén. Emellett elvértve 1-1 mintában megtalálható volt a *Botrytis* spp. is (2. táblázat).

2. táblázat Kezeletlen és kezelt „A” mintában előforduló betegségek gyakorisága

„A” minta	Összes vizsgált kaszat, db	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Alternaria</i> spp. + <i>Fusarium</i> spp.
Kezeletlen	38	29	9	5
Kezelt	34	22	12	8

A jelenlévő kórokozók és a kezelés közötti kapcsolat vizsgálatánál *Alternaria* spp. a *Fusarium* spp. és ezek együttes előfordulása betegségcsoportokat alakítottuk meg és vizsgáltuk a kezelés hatását.

A kapott eredmények alapján a Neomagnolos kezelés nincs szignifikáns hatással az előforduló betegségekre ($p=0,355$).

A „B” minta az „A” mintához hasonlóan szintén kezelt és kezeletlen részből áll. A kezeletlen „B” minta csíráztatási eredménye lett az összes csíráztatás közül a legjobb (3. táblázat).

3. táblázat Kezeletlen és kezelt „B” minta csírázáskori eredményei

„B” minta	Összesen, db	Csírázott, db	Nem csírázott, db	Csírázási %
Kezeletlen	200	180	20	90,0
Kezelt	200	179	21	89,5

A kezelés és a csírázás közötti kapcsolat vizsgálatára az előzőekhez hasonlóan a khi-négyzet próba került alkalmazásra. A felvételezés alapján a kezeletlen mintában és a kezelt mintában a

csírázási %-ok nagyon hasonlóan alakultak, így a „B” minta sem igazolt szignifikáns különbséget a két ismérv között ($p=0,869$).

Az „A” mintához hasonlóan a „B” mintánál is vizsgáltuk a ki nem csírázott kaszatokon található betegségeket. A csíráztatást követően ugyanazokkal a módszerekkel kerültek meghatározásra, majd felvételezésre a kaszatok felületén található betegségek.

A jelenlévő kórokozók kategorizálása az „A” mintához hasonlóan az *Alternaria* spp., a *Fusarium* spp. és ezek együttes előfordulása volt. (4. táblázat)

4. táblázat Kezeletlen és kezelt „B” mintában előforduló betegségek gyakorisága

„B” minta	Összes vizsgált kaszat, db	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Alternaria</i> spp. + <i>Fusarium</i> spp.
Kezeletlen	20	13	6	5
Kezelt	21	14	7	6

A statisztikai próba alapján megállapítható, hogy nincs szignifikáns összefüggés a kezelés és a betegségek között ($p=0,955$). Az *Alternaria* spp. az esetek 80%-ában fordult elő, még a *Fusarium* spp. 20%-ban.

Eredmények értékelése

A csírázáskor fellépő patogén gombák jelentősen ronthatják a csírázást és a növények későbbi életképességét, ezáltal a kultúrákban tőhiányt és termés kiesést okozhatnak. A csírázás sikere és a csíranövények fejlődése a későbbiekben nagyban befolyásolhatja a várható termés minőségét és mennyiségét.

A kísérleteink során a minták nagyon hasonló csírázási eredményeket értek el, illetve a betegségek előfordulása is közel azonos volt. A vizsgált fajtáról megállapítható, hogy a kaszatok felületén legnagyobb gyakorisággal az *Alternaria* spp. volt jelen.

A megfelelő termesztéstechnológiának és a fajtának köszönhetően csak a kaszatok felületén voltak megtalálhatók a kórokozók, ezért indokolt a vetőmag csávázása, így csökkenthető a magon terjedő kórokozó gombák közvetlen és közvetett kártétele. A csávázással lehetőség van arra is, hogy a kelést követően a csíranövényt megvédjük a talajban élő károsítókkal szemben is. Napjaink időjárási szélsőségei a nyári aszályok és a csapadék nem megfelelő eloszlása jelentősen befolyásolja az adott évben megjelenő kórokozókat, ezért ajánlott a komplex vetőmagcsávázás.

A megfelelő csírázás biztosításának egyik alapfeltétele a vetés időpontjának helyes megválasztása. A vetésforgó alkalmazásával és a megfelelő talaj-előkészítéssel csökkenthető a kórokozók terjedése és károsítása.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat a GINOP-2.3.2-15-2016-00054 projekt támogatta. Emellett köszönettel tartozom szaktársaimnak, akik a kísérletek elvégzésében segítettek kitartó munkájukkal.

Irodalom

Abu-Tahon, M. A., Isaac, G. S. and Mogazy, A. M. 2020. Protective role of fat hen (*Chenopodium album* L.) extract and gamma irradiation treatments against fusarium root rot disease in sunflower plants. *Plant Biology*. **23**(3). 497-507.

Békési P. és Hinfner K. 1968. A kukorica szártőberegységének vizsgálata. *Növényvédelem*. **4**. 179-191.

Bilaj, V. I. 1955. Fuzarii. Ukr. SzSzR. Akad. Nauk. Kiev.

Booth, C. 1971. The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew Surrey 1971. 237.

Champion, R. 1997. Identifier les champignons transmis par les semences. INRA

- Dongó A. 2005. *Alternaria* fajok összehasonlító elemzése. Doktori (PhD) értekezés
- El Komy, M. H., Hassouna, M. G., Abou-Taleb, E. M., Al-Sarar, A. S. and Ahohakr, Y. 2020. A mixture of *Azotobacter*, *Azospirillum*, and *Klebsiella* strains improves root-rot disease complex management and promotes growth in sunflowers in calcareous soil. *EJPP*. **156**(3). 713-726.
- Fischl G. 1979. Járványtani tényezők szerepe a kukorica fuzáriumos megbetegedésében. Kandidátusi értekezés. Keszthely
- Hornok L. 1979. *Fusarium*-fajok rendszerezése szerológiai rokonság alapján. Kandidátusi értekezés. Budapest
- Hornok L. 1992. Fajok és fajalatti egységek jellemzése hagyományos módszerekkel, genetikai eszközökkel és molekuláris markerekkel a *Fusarium* nemzetségben. Akadémiai Doktori értekezés. Budapest
- Horváth J. 1995. A szántóföldi növények betegségei. Mezőgazda Kiadó
- Kálmán A. 2021. A napraforgó tányérbetegségei. *Agrárágazat* 2021/02. lapszám cikke
- Manninger I. 1967. Kétéves tapasztalatok a kukorica fuzáriumos megbetegedéséről és a védekezés lehetőségei. *Magyar Mezőgazdaság*. **13**. 12-13.
- Mesterházy Á. 1978. Gabonafélék ellenállósága a *Fusarium* genus néhány fajával szemben. Kandidátusi értekezés. GKI-Szeged
- Mesterházy Á. 1988. Gabonafélék rezisztenciára nemesítésének kórtani és módszertani alapjai fuzáriózissal szemben. Akadémiai Doktori értekezés. GKI-Szeged
- Prasad, M. S. L., Naresh, N., Sujatha, K., Usha, D., Sujatha, M., Sarada, C., Rao S. C. and Chowdappa, P. 2020. Population structure of *Alternaria* species causing leaf blight of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in India. *Phytoparasitica*. **48**(3). 335-356.
- Szécsi Á. 1992. Növénykórokozó fuzáriumok azonosítása fehérje és nukleinsav analízissel. Akadémiai Doktori értekezés. Budapest

Szécsi Á. 1973. *Fusarium roseum* sejtfalbontó enzimeinek szerepe a kukorica szárkorhadásában. Kandidátusi értekezés. Budapest

Toussoun, A. and Nelson, P. E. 1968. A Pictoral Guide to the Identification of *Fusarium* Species According to the Taxonomic System of Snyder and Hansen. Pennsylv. Sta. Univ. Press. Univ. Park and London 51.

Wang, T. Y., Zhao, J., Ma, G. P., Bao, S. W. and Wu, X. H. 2019. Leaf blight of sunflower caused by *Alternaria tenuissima* and *A. alternata* in Beijing, China. *Canadian J. Plant Pathology*. **41**(3). 372-378.

Wollenweber, H W. and Reinking, O. A. 1935. Die Fusarien. Paul Parey. Berlin, 355.

**VÉDEKEZÉS A FEHÉRPENÉSZES ROTHADÁST OKOZÓ
SCLEROTINIA SCLEROTIORUM NÖVÉNYKÓROKOZÓ
GOMBA ELLEN CICKAFARK OLAJJAL ÉS NÁTRIUM-
KLORIDDAL *IN VITRO* KÖRNYEZETBEN**

Csüllög Kitti¹ - Tarcali Gábor¹ - Ragó Adrienn¹ - Lelesz Judit Éva² - Fehér

Milán² - Kutasy Erika³ - Virág István Csaba³ - Biró Györgyi¹

¹Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és

Környezetgazdálkodási Kar, Növényvédelmi Intézet

²Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és

Környezetgazdálkodási Kar, Halbiológiai Labor

³Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és

Környezetgazdálkodási Kar, Növénytermesztéstani, Tájökológiai és

Növénynevelési Tanszék

* kitticsullog@gmail.com

Összefoglalás

A fehérpenészes rothadást okozó *Sclerotinia sclerotiorum* gomba világszerte széles körben elterjedt kórokozó. Magyarországon 2020-ban egy új gazdanövénye került beazonosításra, a vízitorma (*Nasturtium officinale*). A vízitorma akvapóniás rendszerben történő termesztése során detektáltak *S. sclerotiorum* gombát a növényen, ami 30%-os termésvesztést okozott.

A kórokozó ellen kémiai növényvédő szereket használni az akvapóniás rendszerben élő halak érzékenysége miatt nem lehet. Nátrium-klorid (NaCl) és cickafark illóolajat teszteltünk a gomba ellen *in vitro*. A nátrium-klorid 85 000 ppm-es koncentrációban eredményesen gátolta a kórokozó növekedését. Az illóolaj 500 ppm-es koncentrációban gyenge gátló hatással bírt a növekedésre.

Kulcsszavak: *Sclerotinia sclerotiorum*, vízitorma, nátrium-klorid, illóolaj

Abstract

White mould, *Sclerotinia sclerotiorum* is a worldwide plant pathogen. Watercress (*Nasturtium officinale*) is a new host plant of *S. sclerotiorum* that was identified in 2020 in Hungary first. *S. sclerotiorum* was detected on the watercress plantation during the cultivation time in aquaponic system. It caused about 30% yield losses. Chemical pesticides are not allowed using in aquaponical systems against the pathogen due to the fish sensitivity. Sodium-chloride (NaCl) and milfoil essential oil were tested against the fungus *in vitro*. Sodium-chloride at in a concentration of 85.000 ppm effectively inhibited the growth of the pathogen. The essential oil in a concentration of 500 ppm had a weak inhibitory effect on the growth.

Keywords: *Sclerotinia sclerotiorum*, watercress, sodium-chloride, essential oil

Bevezetés

A fehérpenészes rothadást okozó *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary gomba világszerte elterjedt és több, mint 600 gazdanövénye ismert (Ibrahim et al., 2021). Gazdanövényei a legkülönbözőbb növényesaládokból kerülnek ki, mint például a *Brassicaceae*, *Fabaceae*, *Solanaceae*, *Asteraceae* és *Apiaceae* (Bolton et al., 2006). Magyarországon számos fontos

termesztett növényünk gazdanövénye, köztük a napraforgó, a szója, a repce, a sárgarépa, a paradicsom, és 2020-ban leírásra került vízitorma növényen is (Csüllög et al., 2021a). A gomba valódi szkleróciomot képez, amelyek kétféleképpen csírázhatnak. Megfelelő környezeti feltételek mellett micilogén módon csíráznak, amivel közvetlenül megfertőzik a növények alsó részeit. A karpogén csírázás során a szkleróciumból nyeles apotécium fejlődik, amelyben aszkuszok és aszkospórák fejlődnek. (Roper et al., 2010). A gomba által okozott kár világszerte súlyos méreteket ölt (Zheng et al., 2019). A gomba repce esetében akár 50-70%-os veszteséget okozhat, főleg Svédországban, Németországban és az Egyesült Királyságban (Twengström et al., 1998; Koch et al., 2007). Bolton és munkatársai (2006) szerint az Amerikai Egyesült Államokban évente 200 millió dolláros kárt okoz ez a betegség. Dél-Afrikában robbanásszerűen megugrott a kórokozó által okozott kár napraforgó, szója és repce kultúrákban, egyes területeken 60-65 %-os veszteséget is okozott 2013-ban és 2014-ben (Crave et al., 2016). A kórokozó ellen irányuló védekezés magában foglalja a kémiai, az agrotechnikai és a biológiai védekezési lehetőségeket. Számos gombaölő szerre rezisztenssé válhat a kórokozó hasonlóképpen a *Botrytis cinerea* és *Alternaria alternata* gombákhoz (Zamani-Noor, 2021). Az elmúlt évtizedben egyre szélesebb körben alkalmazzák a növényekből kivont illóolajokat (Isman, 2000; Burt, 2004). A fahéj és a rozmaryng csökkentette a kórokozó által okozott károkat (Ojaghian et al., 2014; Ojaghian et al., 2019). Badea és Delian (2014) *Artemisia spp.* fajokból nyert illóolajok gombaellenes hatását vizsgálták a *Sclerotinia sclerotiorum* ellen. Az *Artemisia* fajok által termelt illóolajok potenciális és ígéretes gombaölő szerek lehetnek a jövőben. Al-Taisan és munkatársai (2014) öt növényfajból származó illóolajat tesztelték a kórokozóval szemben. A szerzők vizsgálták a fahéjat (*Cinnamomum zeylanicum*), a köménymagot (*Cuminum cyminum*), egy menta fajt (*Mentha spp.*), a fokhagymát (*Allium sativum*) és a szegfűszeget (*Syzygium aromaticum*) a kórokozóval szemben *in vitro* körülmények között. A fahéj-, a menta- és a szegfűszeg illóolaj 10 ppm-es koncentrációban teljesen gátolta a kórokozó

micélium növekedését. A kömény- és a fokhagyma illóolaj 500 ppm-es koncentrációnál teljesen elnyomta a gomba micélium növekedését. Aqil és munkatársai (2000) vizsgálták agardiffúziós módszerrel a menta illóolaj gombaellenes hatását *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata* és *Fusarium chlamydosporum* kórokozók ellen. A szerzők megállapították, hogy ez az illóolaj gombaellenes szerként használható a vizsgált növényi betegségek terjedésének megakadályozása érdekében.

Anyag és módszer

Kísérletünket a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Növényvédelmi Intézet kórtani laboratóriumában állítottuk be. A kórokozó ellen több ppm-es töménységben vizsgáltuk a nátrium-klorid (NaCl) és a tiszta közönséges cickafark (*Achillea millefolium L.*) illóolaj hatékonyságát. A nátrium-kloridból 11 különböző koncentrációt (100, 1 000, 10 000, 20 000, 40 000, 60 000, 80 000, 85 000, 90 000, 95 000 és 100 000 ppm), míg a cickafark olajból 5 különböző koncentrációt (10, 20, 50, 100 és 500 ppm) készítettünk. Valamennyi koncentrációt 5 ismétlésben vizsgáltuk. A cickafark illóolaj hatékonysága a magas hőmérséklettel negatív korrelációban van, ezért eltérő metódust alkalmaztunk az illóolaj és a NaCl kezeléseknél. A nátrium-klorid nem bomlik hőre, ezért a törzsoldatokat 100 °C-os burgonya-dextróz-agar (BDA) táptalajban készítettük el. Kimértünk 100 ml BDA táptalajt, majd a megfelelő mennyiségű nátrium-kloridot hozzáadtuk. A táptalajt ezután mágneskeverőre helyeztük a nátrium-klorid megfelelő feloldódása céljából. A homogenizálást követően 20 ml táptalajt öntöttünk a 90 mm átmérőjű Petri csészékbe, majd hagytuk megdermedni azokat. Az illóolaj kísérlethez 5 törzsoldatot készítettünk. Vízfürdő segítségével beállítottuk a BDA táptalajok hőmérsékletét 50-55 °C fok közé. Steril Falcon csövekbe kimértünk 20 ml megfelelő hőmérsékletű táptalajt, majd pipettával a törzsoldatból 1

ml-t kivettünk és hozzáadtuk a táptalajhoz. Az illóolajjal kezelt folyékony táptalajt vortex segítségével kevertük homogenizálás céljából, majd az oldatot a Petri csészékbe öntöttük.

A dermedést követően valamennyi kísérletbe vont Petri csésze közepére 7 napos *S. sclerotiorum* tenyészetből származó 0,5 cm átmérőjű korongot helyeztünk. A kontroll Petri csészékbe szintén 20 ml táptalajt öntöttünk, amelynek közepére 7 napos *S. sclerotiorum* tenyészetből származó 0,5 cm átmérőjű korongot helyeztünk. A Petri csészéket 25 °C-on sötét körülmények között inkubáltuk 14. napon keresztül. Az első mérés a 3. napon, a második a 6. napon, a harmadik a 8. napon történt. A kórokozó szklerócium képződését a 14. napon vizsgáltuk. A micélium növekedését két merőleges átló mellett vizsgáltuk. A százalékos gátlást a következő képlettel adtuk meg Vincent (1947) nyomán:

$$C - T$$

$$I = \frac{\quad}{C} \times 100$$

$$C$$

ahol az I= százalékos gátlás

C= kontroll telepátmérő (mm)

T= mérgezett táptalajon nőtt telepek átmérője (mm)

Eredmények

A nátrium-kloriddal történő kezelést 11 koncentrációban vizsgáltuk (1. táblázat). A nátrium-kloriddal kezelt táptalajokon a kórokozó 85 000 ppm-es koncentrációig növekedett.

1. táblázat A nátrium-kloriddal történt kezelések eredménye

Koncentráció	3. napon mért eredmények		6. napon mért eredmények		9. napon mért eredmények	
	Átlagos		Átlagos		Átlagos	
	micélium	Százalékos	micélium	Százalékos	micélium	Százalékos
	telep átmérő	gátlás (%)	telep átmérő	gátlás (%)	telep átmérő	gátlás (%)
	(mm)		(mm)		(mm)	
100 ppm	90	0	90	0	90	0
1000 ppm	90	0	90	0	90	0
10 000 ppm	90	0	90	0	90	0
20 000 ppm	90	0	90	0	90	0
40 000 ppm	90	0	90	0	90	0
60 000 ppm	43,75	51,39	78,12	13,2	82,12	8,76
80 000 ppm	14,125	84,31	14,5	83,89	22,75	74,72
85 000 ppm	0	100	0	100	0	100
90 000 ppm	0	100	0	100	0	100
95 000 ppm	0	100	0	100	0	100
100 000 ppm	0	100	0	100	0	100

A kontroll Petri csészékben növekedett kórokozó a 3. napon már teljesen befutotta a táptalajt. A gomba a 100, 1 000, 10 000, 20 000 és 40 000 ppm-es koncentrációban kezelt táptalajokon a harmadik napon 90 mm átmérőjű micélium telepet képzett. 60 000 és 80 000 ppm-es töménységben a kórokozó növekedése lelassult és a 9. napon mért eredmények szerint sem futotta be teljesen a mérgezett táptalajokat. 85 000 ppm-nél és az annál magasabb koncentrációban kezelt táptalajokon a kórokozó nem képzett micélium telepet. A 6. napon a 100 ppm-es, 1 000 ppm-es koncentrációban, valamint a kontroll Petri csészékben a kórokozó már fehér vattaszerű micéliumtömeget hozott létre. A 11. napon a 100 ppm-es koncentrációban átlagosan 15 szklerócium, az 1 000 ppm-es koncentrációban átlagosan 8 szklerócium képződött.

A 10 000 ppm-es koncentrációban mindösszesen 5 szklerócium képződött, a 20 000 és ennél töményebb koncentrációkban nem képződött szklerócium. A kontroll Petri csészékben ekkor már 30-40 db szklerócium képződött.

Az illóolajjal kezelt táptalajok esetében mért eredmények eltérőek voltak (2. táblázat).

2. táblázat A cickafark illóolajjal történt kezelések eredménye

Koncentráció	3. napon mért eredmények		6. napon mért eredmények		9. napon mért eredmények	
	Átlagos		Átlagos		Átlagos	
	micélium telep	Százalékos gátlás (%)	micélium telep átmérő (mm)	Százalékos gátlás (%)	micélium telep átmérő (mm)	Százalékos gátlás (%)
	átmérő (mm)					
10 ppm	90	0	90	0	90	0
20 ppm	90	0	90	0	90	0
50 ppm	90	0	90	0	90	0
100 ppm	90	0	90	0	90	0
500 ppm	32,62	63,76	90	0	90	0

Az illóolaj esetében az 500 ppm-es koncentrációban kezelt táptalajon a kórokozó 32,62 mm-es micéliumtelepet képzett. Az 500 ppm-nél hígabb koncentrációk egyetlen esetben sem gátolták a kórokozó növekedését. A 6. és 9. napon mért eredmények azt mutatták, hogy a cickafark olaj nem képes gátolni a kórokozó növekedését. A 10 ppm-es koncentrációban 10 db, a 20 ppm-es koncentrációban 8 db, míg az 50 ppm-es koncentrációban 5 db szklerócium képződött. Szklerócium nem képződött a 100 ppm-es és az 500 ppm-es koncentrációban.

Eredmények értékelése

A növényvédő szerek megfelelő használat mellett biztonságosan használhatóak a szántóföldön, a kertészetekben és a gyümölcsösökben egyaránt, azonban egyre nagyobb teret hódít az akvapóniás rendszer. A rendszerben élő halak érzékenysége kihívást jelent a növényvédelem számára. A kórokozók rendkívüli adaptáló képességük miatt olyan kultúrákban is megjelenhetnek, ahol korábban nem okoztak károkat. Csüllög és munkatársai (2021a) először írták le hazánkban a *S. sclerotiorum* gomba új gazdanövényét, a vizitormát. A vizitorma akvapóniás rendszerben volt nevelve égetett agyaggolyó közegen. A vizitorma akvapóniás rendszerben történő nevelésekor a közegen keresztül rendkívül gyorsan képes terjedni. A védekezés ezért több részből épül fel. Elsődleges a közeg (agyaggolyó) eltávolítása, emiatt a növények rögzítésére a víz alá süllyesztett hálót használjunk. A kórokozók azonban, így is megjelenhetnek az állományban ezért szükséges védekezni ellenük. A vizitorma egyik legnagyobb károkat okozó kórokozója a *S. sclerotiorum*, amely 30 %-os termésvesztést is okozhat (Csüllög et al., 2021b). A vízi torma vízben oldott 100 Mm nátrium-klorid koncentrációt még elviseli (Kaddour et al., 2013), ezért az *in vivo* kísérletek elvégzése elengedhetetlen. Az eredmények alapján a 85 000 ppm-es koncentrációban oldott só alkalmazható lehet *in vivo* kísérletben a növény károsodása nélkül. Az illóolaj esetében a gátlási koncentráció meghatározása az *in vivo* kísérlet előtt szükséges, ezért ennek vizsgálata még folyamatban van. A probléma tehát adott, a védekezési módszereket szükséges kifejleszteni, ezért további illóolajok tesztelése is szükséges.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. Köszönjük a Herbária Zrt.-nek a tiszta cickafark illóolajat.

Irodalom

- Al-Taisan, W. A., Bahkali, A. H., Elgorban, A. M. and El-Metwally, M.A. 2014. Effective influence of essential oils and microelements against *Sclerotinia sclerotiorum*. *International Journal of Pharmacology*. **10**. 275-281.
- Aqil, F., Beng A.Z. and Ahmad, I. 2000. *In vitro* toxicity of plant essential oils against soil fungi. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*. **23**. 177-181.
- Badea, M. L. and Delian, E. 2014. *In vitro* antifungal activity of the essential oils from *Artemisia spp.* L. on *Sclerotinia sclerotiorum*. *Romanian Biotechnological Letters*.
- Bolton, M. D., Thomma, B. P. H. J. and Nelson, B. D. 2006. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: Biology and molecular traits of cosmopolitan pathology. *Molecular Plant Pathology*. **7**. 1-16. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00316.x>
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *International Journal of Food Microbiology*. **94**. 223-253.
- Crave, M., Ramusi, M. and Flett, B. 2016. *Sclerotinia*- a disease of note in numerous crops. *Oilseeds Focus*. March. 6-7.
- Csüllög, K., Tóth, B., Lelesz, É. J., Fehér, M., Virág, Cs. I., Kutasy, E., Jász, B., Tarcali, G. and Bíró, Gy. 2021a. First report of *Sclerotinia sclerotiorum* on watercress (*Nasturtium officinale*) in aquaponic system in Hungary. *Plant Disease*. [https://doi: 10.1094/PDIS-07-21-1472-PDN](https://doi.org/10.1094/PDIS-07-21-1472-PDN)
- Csüllög, K., Ragó, A., Tóth, B., Lelesz, É. J., Fehér, M., Virág, I. Cs., Kutasy, E., Bíró, Gy. és Tarcali, G. 2021b. A vizitorma (*Nasturtium officinale*), a fehérpenészes rothadást okozó *Sclerotinia sclerotiorum* gomba új gazdanövénye akvapóniás rendszerben Magyarországon. 25-26. *Tiszántúli Növényvédelmi Fórum*, Debrecen 2021. október 13-14., szerk: Kövics Gy., Tarcali G. DE MÉK 2021 Szekcióelőadások összefoglalói 58-59.
- Ibrahim, H. M., Kusch, S., Didelon, M. and Raffaele, S. 2021. Genome-wide alternative splicing profiling in the fungal plant pathogen *Sclerotinia sclerotiorum* during the colonization

of diverse host families. *Molecular Plant Pathology*. **22**(1). 31-47.
<https://doi.org/10.1111/mpp.13006>

Isman B. M. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*. **19**. 603–608.

Kaddour, R., Draoui, E., Baâtour, Mahmoudi, H., Tarchoun, I., Nasri, N., Gruber, M. and Lachaâl M. 2013. Assessment of salt tolerance of *Nasturtium officinale* R. Br. using physiological and biochemical parameters. *Acta Physiologiae Plantarum*. **35**. 3427–3436.
<https://doi.org/10.1007/s11738-013-1377-8>

Koch, S., Dunker, S., Kleinhenz, B., Röhrig, M. and Tiedemann, A. A. 2007. Crop loss model for Sclerotinia stem rot in winter sown oilseed rape. *Phytopathology*. **97**. 1186-1194.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-9-1186>

Ojaghian, M. R., Chen, Y., Chen, S., Cui, Z-Q., Xie, G-L. and Zhang, J-Z. 2014. Antifungal and enzymatic evaluation of plant crude extracts derived from cinnamon and rosemary against Sclerotinia carrot rot. *Annals of Applied Biology*. **164**. 415-429.

Ojaghian, M.R., Wang, L., Xie, G-L. and Zhang, J-Z. 2019. Inhibitory efficacy of different essential oils against storage carrot rot with antifungal and resistance inducing potential. *Journal of Phytopathology*. **167**. 490-500.

Roper, M., Seminara, A., Bandi, M. M., Cobb, A., Dillard, H. R. and Pringle, A. 2010. Dispersal of fungal spores on a cooperatively generated wind. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. **107**. 17474-17479.

Twengström, E, Sigvald, R, Svensson, C. and Yuen, J. 1998. Forecasting Sclerotinia stem rot in spring sown oilseed rape. *Crop Protection*. **17**. 405-411. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(98\)00035-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(98)00035-0)

Vincent, J. M. 1947. Distortion of fungal hyphae in the presence of certain inhibitor. *Nature*. 159-850.

Zamani-Noor, N. 2021. Baseline Sensitivity and Control Efficacy of Various Group of Fungicides against *Sclerotinia sclerotiorum* in Oilseed Rape Cultivation. *Agronomy*. **11**(9). 1758. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091758>

**THE POTENTIAL IMPACT OF FLOWER INFECTING
BOTRYTIS BUD ROT (*BOTRYTIS CINEREA* PERS.) ON
HEMP (*CANNABIS SATIVA* L.) SELECTIVE BREEDING**

Gergő, Somody^{1} - Nikolett Réka, Aranyi²*

¹*Faculty of Agricultural and Food Sciences, Széchenyi István University*

²*Lajtamag Ltd.*

*somodygergo@gmail.com

Abstract

The aim of this paper is to examine the possible adverse phytopathological effects of the selection of hemp (*Cannabis sativa* L.) plants with altered inflorescence morphological characteristics. We have created the conditions for an accelerated method to judge the offspring of our hemp crosses. The late-autumn growing environment requires additional heating and ventilation. Despite all those controlled environmental conditions the incidence of flower bud rot increased. The application of fungicides is not recommended during breeding as it has a detrimental effect on the selection processes. Fungicides against flower and storage diseases at later stages can not be used in the final product either, due to food health regulations. So in case of our available plant material for variety production the expected rate of fungal infection was evaluated in a greenhouse environment. A preliminary study was conducted to assess the extent of natural resistance to artificial infection. We attempted to examine the critical plant phenological stages. No bud rot resistant individuals were found in our plant stock, although the severity of symptoms was very different.

Keywords: hemp breeding, *Botrytis cinerea*

Összefoglalás

Vizsgálatunk célja a kender (*Cannabis sativa* L.) növény egyedek virágzatának morfológiai szelekciója során bekövetkező káros növénykórtani hatások felderítése volt. Az utódnemzedékek gyorsított elbírása érdekében egyedi környezeti feltételeket hoztunk létre. A késő őszi termesztési körülmények nem nélkülözhetik a kiegészítő fűtést és szellőztetést. Mindezek ellenére a virágzatok megbetegedésének mértéke növekedett. A nemesítés során nem javasolható gombaölőszerek felhasználása, hiszen károsan befolyásolja a szelekciós folyamatot. A késői fenológiai stádiumokban, a virágzatot érintő és a tárolási betegségek ellen alkalmazott fungicidek élelmezés-egészségügyi problémát jelentenek. A fenti okok miatt üvegházi környezetben kórtani szempontból vizsgáltuk a meglévő növényanyagunkat. A természetes rezisztencia elbírása céljából egy előzetes vizsgálati módszert vontunk be a szelekciós folyamatba, mesterséges fertőzés alkalmazásával. Megpróbáltuk elemezni a fertőződés szempontjából kritikus fenológiai stádiumokat. A meglévő nemesítési anyagunkban rezisztens egyedeket nem találtunk, azonban a fertőzés tüneteinek mértéke nagyfokú eltérést mutatott az egyedek között.

Kulcsszavak: Kender nemesítés, *Botrytis cinerea*

Introduction

Hemp (*Cannabis sativa* L.) is an annual plant belonging to the *Cannabaceae* family. It is one of the first domesticated plants. According to our latest knowledge it was domesticated in early Neolithic times in East Asia and the common, ancestral gene pool of both drug type and non-

drug type cultivars diverged from Chinese landraces (Ren et al. 2021). The main utilization of *Cannabis sativa* in addition to seed and fibre production is the fact, that the glandular trichomes of this plant contain terpenes and phytocannabinoid compounds as secondary metabolites. Based on the ratio of those compounds *C. sativa* varieties can be divided into psychoactive, marijuana cultivars with high tetrahydrocannabinol (THC) content, and hemp cultivars with very low THC content (Small and Cronquist, 1976). The non-psychoactive medicinal substances (e.g. cannabidiol – CBD) are present also in hemp varieties. The growing demand for these cannabinoids resulted in the fact that the related cultivation and processing of hemp has become one of the fastest growing industries (Vergara et al., 2016).

A comprehensive literature review mentions almost a hundred different fungal pathogens on cannabis (McPartland et al., 2000).

The pathogens and molds affecting the production of cannabis inflorescence are *Penicillium olsonii* and *Penicillium copticola* (*Penicillium* bud rot), *Botrytis cinerea* (*Botrytis* bud rot) and *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium equiseti* (*Fusarium* bud rot) (Punja et al., 2019). Most often the pre- and post-harvest internal rot was associated with *Botrytis cinerea* which causes significant harvest losses in indoor or in greenhouse environment (Punja, 2018). *Botrytis cinerea* is one of the most studied necrotrophic plant pathogens (van Kan, 2006). It is a very widespread generalist pathogen. The typical grey mould may appear on over 1400 plant species (Garfinkel, 2020; Garfinkel, 2021).

The most typical symptom is the decay of the infected plant part, and the ‘grey mold’ which is the visible sporulation of the pathogen (van Kan, 2006).

Environmental factors are very important for the infection. High humidity or free moisture is necessary for spore germination. Spontaneous or artificial injuries are the entry points for the pathogen (Bika et al. 2021). In controlled environments the sanitization methods and continuous monitoring and disposal of infected plants could reduce inoculum sources. The controlled

diversion from the environmental requirements of the pathogen is inevitable. In greenhouses keeping the temperature above 25 °C is recommended, supplemented with proper ventilation for low humidity (McPartland et al., 2000).

In the event of disease onset the use of fungicides is not recommended. Perhaps the only exception is the application of naturally occurring beneficial microorganisms as biocontrol agents (Balthazar et al., 2020).

Susceptibility tests have also recently appeared. Cannabis strains with a higher total number of bract leaves have a higher bud rot incidence. The volatile terpenoid compounds accumulating in the inflorescence can also influence the pathogenicity. In addition, little is known about the role of glandular trichomes and the compounds they produce in altering susceptibility to bud rot pathogens (Punja and Ni, 2021).

The aim of our study is to determine the susceptibility of our hemp breeding material to botrytis bud rot.

Material and method

An accelerated, conventional high CBD hemp breeding project takes place in a block-system polytunnel in Hédervár on the property of Lajtamag Ltd. Adequate heating, ventilation and blackout systems have been incorporated. This growing environment allows seed harvesting four times a year and significantly speeds up the evaluation of selection material and crossbreeding progenies. Until the autumn-winter growing cycle only aphids and mites appeared and damaged the hemp plantation. As far as fungal pathogens a negligible number of mold-like diseases were observed in the seedling growth room. In November 2021 the first symptoms of bud rot became visible only in the poorly ventilated areas. The climate of those places allows the condensation to take place at lower temperatures at night which may favour the development of infections. However, the symptoms of bud rot did not affect plant

individuals equally. The first sampling was followed by microscopic identification. *Botrytis cinerea* inoculum was obtained from our hemp plants with visible symptoms and conidia. The conidia of the pathogen were propagated in 2% malt extract agar. The petri dishes were incubated at 20 °C with 12 h day-night cycle. After 2 weeks, when sporulation was evident, the dishes were flooded with 10 mL of water. The concentration of the conidium suspension was min. $1 \times 10^5 / \text{cm}^3$ which has been set in a haemocytometer. The inoculation was performed by using a micropipette. 0.1 mL suspension was pipetted directly onto the bud surface. As a preliminary test we used only 5 plants with very different morphological properties. The plants were previously 'topped', the apical buds were removed so that at least three identical side shoots can develop. Table 1 contains the most important morphological features of the 5 plants which may affect the susceptibility to bunch rot. The final length is short when the mature plant is not taller than 1 meter. Tall plant means that the final length is more than 3 meters. Main flower is dense if the contiguous inflorescence is longer than 0,3 m and the sugar leaves are almost touching each other (<0,5 cm). Main flower is rare if the contiguous inflorescence is shorter than 0,3 m, the inflorescences are 'airy'. Medium flower means a compact, long enough habit, although the bract floors are located at a greater distance. The tendency to branching without pruning is very branching if more than 5, at least 0,5 m long side shoots are located on the plant with promising flowers. A hemp plant is not branched if no side shoots are detected (in a 0,4 m * 0,4 m square, where the plant is in the center).

Table 1 The main morphological differences between the tested individuals

Breeding material	Final length	Main flower density	Tendency to branching
PAK	Short	Dense	Very branching
K21KF1	Medium	Rare	Branching
CAN20	Medium	Rare	Very branching
C21KF1	Medium	Medium	Not branched
K21EF1	Tall	Dense	Branching

Different shoots of the same plant represented the 3 replications. The plants were placed in a cool and humid environment (20 °C – 23 °C with 90% relative humidity) for 2 weeks. After that the inoculated flowers were covered with a veil-plastic foil bag. One day later the bags were removed. The inflorescences were not disinfected at the beginning of the experiment. Conidia were not activated with carrot extract. Disease ratings were made after 5 and 7 days using a scale of 1–5 as shown in Table 2.

Table 2 The scale used for assessing the severity of bud rot symptoms (Punja and Ni, 2021)

Scale value	Disease severity
0	healthy bud, no mycelium visible, tissues green
1	less than 10% mycelial growth on bud surface and/or browning tissues
2	mycelial growth in one or multiple spots with 10-30% coverage
3	30– 50% of the bud surface covered with mycelial growth
4	50–80% of the bud surface covered with mycelial growth
5	the entire bud covered with mycelium

The above-mentioned method is very labour intensive. We repeated the susceptibility test in a chamber previously used for isolated pollination experiments. Clones of the same individual plants were used in artificial infection (2-month-old cuttings at the end of flowering stage with

first visible immature seeds at the bottom of the shoots) previously shifted into the flowering stage by using short daylength illumination. These cuttings were placed in an isolation chamber covered with veil-plastic foil (PP 17 g/m²). Very high humidity (90%) and a complete lack of air movement were provided for the plants while they were exposed to the fungal infection. A previously infected plant was placed in the centre of the chamber. The observed cannabis individuals were incubated in the chamber for 3 weeks.

Software for analysis of the results was ARM Revision 2019.4 from Gylling Data Management. Data were analysed using analysis of variance (ANOVA) on untransformed data.

The probability of no significant differences occurring between treatment means was calculated as the F probability value (Treatment Prob(F)). Student-Newman-Keuls (S-N-K) tests were applied when treatment differences were identified on the basis of the ANOVA test.

Mean comparison performed only when AOV Treatment P(F) is significant at level selected. Results obtained were indicated by a letter-treatment means with no letters in common are significantly different in accordance with a S-N-K conducted at a 95% confidence level.

Results

Microscopic identification

The previously collected samples were evaluated based on the symptoms and the microscopic identification. Twentyfour of the 25 collected bud rot samples were infected with *Botrytis cinerea* (Figure 1 and Figure 2).



Figure 1 The microscopic image of *Botrytis cinerea* Pers. conidiophores and conidia

Only one sample without the sporulating 'grey mold' was identified as *Fusarium sp.* with macro and microconidia which caused very similar flower decay. As the rest of this study is about the tolerance to *Botrytis cinerea* *Fusarium* bud rot was not further assessed.



Figure 2 The increasing severity of *Botrytis* bud rot observed in our breeding material

Artificial infection

Significant differences could be declared in susceptibility to *Botrytis cinerea* (Table 3). Visible symptoms did not occur to the same extent.

Table 3 The severity scores of the different hemp breeding materials in case of artificial inoculation (severity scores 0-5 – 5 represents the most severe symptoms caused by Botrytis cinerea according to Punja and Ni, 2021)

Breeding material	Replication 1 (Severity score 0-5)	Replication 2 (Severity score 0-5)	Replication 3 (Severity score 0-5)	Average of 3 replicates
PAK	5	4	4	4,3 (a)
K21KF1	2	3	2	2,3 (b)
CAN20	2	2	3	2,3 (b)
C21KF1	2	2	2	2,0 (b)
K21EF1	3	4	3	3,3 (ab)
LSD (P=.05)	1,06			
Standard Deviation	0,56			
CV	16,88			

Means followed by same letter do not significantly differ (P=.05, Student-Newman-Keuls)

Mean comparisons performed only when AOV Treatment P(F) is significant at mean comparison OSL.

Natural infection in the isolation chamber

In case of the isolation chamber assessments with longer incubation time statistical significant difference could be found (Table 4).

Table 4 The severity scores of the different hemp breeding materials in case of natural infection in the isolation chamber (severity scores 0-5 – 5 represents the most severe symptoms caused by Botrytis cinerea according to Punja and Ni, 2021)

Breeding material	Replication 1 (Severity score 0-5)	Replication 2 (Severity score 0-5)	Replication 3 (Severity score 0-5)	Average of 3 replicates
PAK	5	5	5	5 (a)
K21KF1	2	3	3	2,6 (b)
CAN20	3	3	2	2,6 (b)
C21KF1	3	3	3	3,0 (b)
K21EF1	3	4	4	3,0 (b)
LSD (P=.05)	0,23			
Standard Deviation	0,12			
CV	6,36			

Means followed by same letter do not significantly differ (P=.05, Student-Newman-Keuls)

Mean comparisons performed only when AOV Treatment P(F) is significant at mean comparison OSL.

Discussion

From our results, we concluded that it is very important to take pathogen susceptibility into account during the breeding process. Our preliminary results in accordance with literature data suggested that a dense inflorescence, with a large frequency of bract leaves promoted gray mold infection.

During morphological selection the greater and more dense flowers are preferred with a large number of visible glandular trichomes. Because of this we incorporate the simplified 'isolation chamber' sensitivity test into the selection process. Although that process exposes the plants to excessive infection pressure, the risk of susceptibility is much more overestimated than under normal growing conditions. But we get an idea of which individuals need to be tested more thoroughly. It is necessary to ensure precisely regulated environmental conditions and to avoid infection by shaping the inflorescence with pruning and thinning techniques.

After the occurrence of visible *Botrytis cinerea* infection it also becomes impossible to extract the seeds for further propagation because the plants dry out before seed maturing. The most effective feature preservation procedure is cloning. Although, transferring cuttings that are already contaminated into the greenhouse greatly facilitates the appearance of cannabis bud rot. Nevertheless, the complete lack of genetic diversity inevitably causes severe risk of plant decay in the entire plant population. In the future it would be necessary to study breeding materials from very distant origin and to examine the issue of susceptibility based on phytochemical composition.

Acknowledgement

This work was supported by the grant 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00417. Special thanks to our colleague Klaudia Király for her assistance in the current research.

References

- Balthazar, C., Cantin, G., Novinscak, A., Joly, D.L. and Fillion, M. 2020. Expression of putative defense responses in *cannabis* primed by *pseudomonas* and/or *bacillus* strains and infected by *Botrytis cinerea*. *Front. Plant Sci.* **11**. 572112.
- Bika, R., Baysal-Gurel, F. and Jennings, C. 2021. *Botrytis cinerea* management in ornamental production: a continuous battle. *Can. J. Plant Pathol.* **43**(3). 345-365.
- Garfinkel, A.R. 2020. Three *Botrytis* species found causing gray mold on industrial hemp (*Cannabis sativa*) in Oregon. *Plant Dis.* **104**. 2026.
- Garfinkel, A.R. 2021. The history of *Botrytis* taxonomy, the rise of phylogenetics, and the implications for species recognition. *Phytopathology.* **111**. 437–454.
- McPartland, J.M., Clarke, R.C. and Watson, D.P. 2000. Hemp diseases and pest management and biological control. Trowbridge (UK): CABI

- Punja, Z.K. 2018. Flower and foliage-infecting pathogens of marijuana (*Cannabis sativa* L.) plants. *Canadian Journal of Plant Pathology*. **40**(4). 514-527.
- Punja, Z.K. and Ni, L. 2021. The bud rot pathogens infecting cannabis (*Cannabis sativa* L., marijuana) inflorescences: symptomology, species identification, pathogenicity and biological control. *Canadian Journal of Plant Pathology*. doi: 10.1080/07060661.2021.1936650
- Punja, Z.K., Collyer, D., Scott, C., Lung, S., Holmes, J. and Sutton, D. 2019. Pathogens and molds affecting production and quality of *Cannabis sativa* L. *Front. Plant Sci.* **10**. 1120.
- Ren, G., Zhang, X., Li, Y., Ridout, K., Serrano, M., Yang, Y., Liu, A., Ravikanth, G., Nawaz, M., Mumtaz, A., Salamin, N. and Fumagalli, L. 2021. Large-scale whole-genome resequencing unravels the domestication history of *Cannabis sativa*. *Sci. Adv.* **29**.
- Small, E. and Cronquist, A. 1976. A Practical and Natural Taxonomy for *Cannabis*. *Taxon*. **25**. 405–435.
- van Kan, J. A. 2006. Licensed to kill: the lifestyle of a necrotrophic plant pathogen. *Trends Plant Sci.* **11**. 247–253.
- Vergara, D., Baker, H., Clancy, K., Keepers, K. G., Mendieta, J. P. and Pauli, C. S. 2016. Genetic and genomic tools for *Cannabis sativa*. *Crit. Rev. Plant Sci.* **35**. 364–377.

**A *BOTRYTIS CINEREA* EXTRACELLULÁRIS
FEHÉRJEHÁLÓZATÁNAK VIZSGÁLATA
TÖMEGSPEKTROMETRIAI, STATISZTIKAI ÉS
HÁLÓZATELMÉLETI MÓDSZEREKKEL**

Szám Dorottya^{1} - Pogány Miklós² - Takács András¹*

¹*MATE, Növényvédelmi Intézet Növényvédelmi Tanszék*

²*ELKH, Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet*

*szam.dorottya.reka@gmail.com

Összefoglalás

Számos, egymástól igen távol eső biológiai struktúrában felfedezhetők a skálafüggetlen hálózatok. Ilyen hálózati modellel írható le a rákbetegség kialakulása, a COVID-19 járvány terjedése, néhány neurális hálózat felépítése, valamint több, már feltérképezett fehérje-fehérje interakciós hálózat. Kutatómunkánk során a botritizáció négy egymást követő fázisában lévő Furmint szőlőbogyókon laboratóriumban nevelt *B. cinerea* extracelluláris fehérjemintázatát hasonlítottuk össze a nemerothadásért (aszúsodásért) felelős metabolikus folyamatok mélyebb megértéséért. Eredményeink arra utaltak, hogy a *B. cinerea* extracelluláris fehérjehálózatára jó közelítést ad a Barabási-Albert féle skálafüggetlen hálózati modell. Vizsgálataink során meghatároztuk az extracelluláris fehérjehálózatok olyan főbb statikus paramétereit, mint a csomópontok és interakciós kapcsolatok száma, a fokszámeloszlás, az átlagos foksám és az

átlagos klaszterezettségi együttható. Továbbá azonosítottuk a hálózat főbb komponenseit, valamint a hálózat – és így a nemesrothadás – szempontjából kulcsfontosságú fehérjéket.

Kulcsszavak: Furmint, *Botrytis cinerea*, extracelluláris fehérjék, skálafüggetlen hálózatok

Abstract

Scale-free networks can be discovered in many very distant biological structures. Such a scale-free model can describe the development of cancer, the spread of the COVID-19 epidemic, the structure of some neural networks, as well as several already mapped protein-protein interaction networks. In our research, we compared the extracellular protein pattern of laboratory-grown *B. cinerea* on Furmint grapes in four consecutive phases of botritization in order to gain a deeper understanding of the metabolic processes responsible for noble rot. Our results indicate that the extracellular protein network of *B. cinerea* can be well described by the Barabási-Albert scale-free network model. We characterized the main static parameters of extracellular protein networks, such as the number of nodes and interaction relationships, the degree distribution, the average number of degrees, and the average clustering coefficient. We identified the main components of the network and the fungal proteins that are important for the protein network, and thus responsible for noble rot.

Keywords: Furmint, *Botrytis cinerea*, extracellular proteins, scale-free networks

Bevezetés

A XXI. században számos, egymástól igen távol eső biológiai és élettudományi struktúrában felfedezni vélték a skálafüggetlen hálózatokat. Egyre több tudományos eredmény arra utal, hogy bizonyos hálózatok skálafüggetlensége – túlzás nélkül – egyfajta természeti törvénynek

tekinthető (Buchanan, 2000). Ilyen hálózattal modellezhető a rákbetegség kialakulása (Andrew et al., 2020), a COVID-19 járvány terjedése (PARUL et ALBERT, 2020), valamint több, már feltérképezett ökológiai élelmiszer hálózat (Dunne, 2006), humán sejtműködési folyamat (Albert, 2005) és fehérje-fehérje kölcsönhatási rendszer (Giot, 2003; Ho et al., 2002). Kutatásunkban azt vizsgáltuk, hogy a botritizáció különböző fázisaiban lévő szőlőbogyókon nevelt *Botrytis cinerea* extracelluláris fehérjehálózata leírható-e skálafüggetlen hálózati modellel, és ha igen, akkor melyek e modell főbb paraméterei.

A *Botrytis cinerea* neve a görög botrus (βότρυς – szőlő) és a latin cinere (hamu) szavakból ered (Liddell, Scott, 1843), és a gomba konídiumai által okozott szürkés, hamuszerű elváltozásra utal. A *B. cinerea* a természetben nagyon ritkán előforduló aszkospóras *Botryotinia fuckeliana*nak az ivartalan (anamorf) alakja (Jackson, 2014). A *B. cinerea* polifág gomba, bizonyítottan 235 gazdanövényt – köztük a Furmint szőlőt képes megtámadni és rajtuk a szürkerothadás nevű betegséget kiváltani (Jarvis et al., 1977). A *B. cinerea* gomba fertőzése azonban az általunk is vizsgált Furmint fajta esetében nem csak káros, hanem jótékony is lehet. Ha a gomba a már teljesen érett szőlőbogyókat támadja meg, és egyidejűleg kedvező környezeti feltételek állnak fenn, elindul a nemesrothadás folyamata (Naár, Szarvas, 2012). Kutatásunk – sok más kérdés megválaszolása mellett – az ezen folyamatért felelős fehérjehálózat mélyebb megismerését tűzte ki célul.

A fehérje-fehérje kölcsönhatási hálózatok felfoghatók egymást kölcsönhatásba vivő vagy szabályozó elemek rendszereként, melyeket (irányítatlan) matematikai gráffal (Bollobás, 1979) ábrázolhatunk. A gráf itt egy olyan hálózatot jelent, amelyben a csúcsoknak a fehérjék, az éleknek pedig a fehérjék közötti kölcsönhatások feleltethetők meg. Egy hálózatot definíció (Barabási, 2016) szerint akkor tekinthetünk skálafüggetlennek, ha a hálózat – melynek matematikai megfelelője a gráf – fokszámeloszlása hatványfüggvénnyel írható le. Ha a k fokú csúcs előfordulási valószínűsége $P(k)$, akkor

$$P(k) \sim k^{-\gamma} \quad (1)$$

ahol γ a fokszámeloszlás hatványkitevője. A skálafüggetlen hálózat számos tulajdonsága függ a γ pontos értékétől. Számos skálafüggetlen hálózatban $2 \leq \gamma \leq 3$. Az élesztőgomba esetében $\gamma=2,89$ fokszámkitevőt becsültek (Jeong et al., 2001), mely az egyetlen, gombák fehérjéire vonatkozó szakirodalmi adat.

A skálafüggetlen Barabási-Albert hálózatok olyan rendszereket írnak le, amelyek nem véletlenszerűen kapcsolódnak. Ezek a hálózatok ellenállóbbak a véletlen hibákkal szemben: a hálózat egy véletlenszerűen kiválasztott csomópontja (esetünkben fehérjéje) nagy valószínűséggel kevés kapcsolattal rendelkezik, így az eltávolítása nem vezet a teljes hálózat széteséséhez. Ugyanakkor a célzott támadásokkal szemben védtelenek ezek a rendszerek: a központi szerepű, legtöbb interakciós kapcsolattal rendelkező néhány fehérje eltávolítása a fehérjehálózat széteséséhez vezethet (Albert, 2000). Az ilyen – összetartásban kulcsfontosságú szerepet betöltő – fehérjéktől függhet az extracelluláris fehérjehálózat növekedése és fennmaradása (Albert, 2005; Barabási, 2016).

Anyag és módszer

Tanulmányunk alapjául szolgáló kísérlet szőlőmintáit a Tokaj-hegyaljai borvidéken található Mád település határához közel eső Betsék-dűlőben gyűjtöttük. A talaj adottságai, valamint a mikroklíma itt különösen kedvező az aszúsodáshoz. A Furmint fajtájú szőlőültetvényből négyszer tíz mintagyűjtés történt morfológiai jegyek szerint az aszúsodás egymást követő fázisaiban lévő szőlőbogyókból. A mintákat – fázisonként elkülönítve – 50 ml-es centrifugacsövekbe gyűjtöttük, egy csőbe 10 bogyót, mind a négy aszúsodási fázisú bogyóból 10–10 centrifugacsövet töltöttünk meg. Az összegyűjtött bogyókat azonnal, az ültetvények helyszínén lefagyasztottuk folyékony nitrogénben, majd az Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézetébe való szállítás során szárazjég pellettel töltött hungarocell dobozokba kerültek. Ezt követően a feldolgozásig

ultramélyhűtőben, $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékleten tároltuk. A *B. cinerea* extracelluláris fehérjemintázatát vizsgáló kísérlet során a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os fagyasztóból elővett szőlőbogyó mintákat 12 kDa MWCO (molekulatömeg-szűrési küszöbértékű) celofán liofilizáló membránba töltöttük és 10 cm hosszú zsákokat képeztünk (az átmérőjük 3 cm-es), visszahajtással és csíptetőkkal lezárva a végétüket. A *B. cinerea*-hoz így a bogyóból érkező kémiai és molekuláris szignálok eljuthattak, a szőlőből származó fehérjetöredékeket azonban kiszűrte a csomagolás. A bogyókat egészben helyeztük be a membránzsákokba. I–II. fázisú bogyókból 6 db-ot tettünk a zsákokba, III. fázisú bogyókból 7–8 db-ot, IV. fázisú bogyókból 11 db-ot. A *B. cinerea* spórákból 100000 (10^5) ml szuszpenziót kentünk ecsettel a zsákokcsák felületére. A sporuláló tenyészetet (agarral szilárdított) $\frac{1}{2}$ -es maláta táptalajon állítottuk elő, amit 5 napig sötétben, majd 5 napig folyamatos UV és fehér fény megvilágítás mellett neveltünk Petri-csészékben, $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten. A spórákat steril csapvízzel mostuk le a lemez felületéről. A zsákokcsákat műanyag dobozokba tettük egy rácsos felületre, és annyi vizet öntöttünk alá, hogy a rácsot ne lepje el. Szobahőmérsékleten (kb. $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on) 8 napig nőttek. Addigra vastag penészbevonat jelent meg a zsákok felületén (két nap után már lehetett látni a szürkés bevonatot szabad szemmel). A zsákok két végét kinyitottuk és vízzel átmostuk. Visszazártuk a celofán két végét és 10 ml 50 mM Na-acetát pufferbe (pH=4,4) tettük. Petri-csészében szobahőmérsékleten óvatosan rázattuk 2 órán át. A rázatas végén nyert mosófolyadék mintákat centrifugáltuk (12000 g, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, 12 perc), majd $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on lefagyasztottuk és fagyaszta liofilizáltuk. A folyamat végén 0,5 ml térfogatú extracelluláris fehérjekivonatot kaptunk. Az ép és aszúsodott szőlőbogyókon nevelt *B. cinerea* minták kontrolljaként Petri-csészében nevelt *Botrytis cinerea* extracelluláris mintázatát használtuk, amit *Aspergillus* minimál táptalajon tenyésztettünk és az extracelluláris fehérjefrakció kinyerése itt is az előbb bemutatott módszer szerint történt. Ezek a gomba minták nem kerültek kapcsolatba növényi eredetű kémiai szignálokkal. A fehérjék kvantitatív elemzésével az Agrártudományi Kutatóközpont a Természettudományi Kutatóközpontot bízta meg (Proteomikai labor, 1117. Budapest, Magyar Tudósok krt. 2.). Itt történt az enzimemésztés, és az uHPLC-MS tömegspektrometriás mérés, a fehérjeazonosítás és jelöletlen kvantitálás.

Eredmények értékelése

A tömegspektrométerrel összesen 447 fehérje azonosítása történt meg, melyek közül 404-et vontunk be a további vizsgálatokba. A tömegspektrométer alsó érzékenységi küszöbéhez közel eső bizonytalanul alacsony mért intenzitású fehérjéket, valamint a STRING hálózati adatbázisban nem szereplőket kiszűrtük. A fehérjehálózat modellezéséhez szükséges intenzitásadatokat a tömegspektrométeres vizsgálatból, a kölcsönhatási hálózatokat a STRING adatbázisból nyertük ki. JEONG et al. (2001) kutatásaikban többnyire szisztematikus kéthibrid elemzéssel kapták meg a vizsgált *S. cerevisiae* fehérje-fehérje közvetlen fizikai interakciós hálózatát. Mivel ilyen kísérlet esetünkben, *B. cinerea* fonalas gombával még nem történt, így egy új módszerre vállalkoztunk. A 404 különböző, STRING-azonosítóval jelzett fehérje döntő része megtalálható volt mindegyik mintában. Az interakciók hálózatát a szomszédsági gráf segítségével modelleztük Wolfram Mathematica 12.0 programmal. Közel azonos számú fehérjét találtunk a négy szőlőbogyót tartalmazó mintában, míg a kontrollmintában ennél valamivel többféle (387) extracelluláris fehérje fordult elő. A szőlőbogyót tartalmazó mintákban a kölcsönhatások száma alacsonyabb volt, míg a kontrollmintában több (1423). Az átlagos fokszám ($\langle k \rangle$) az I. fázisú minta esetében volt a legalacsonyabb (6,88), míg a II. fázisú minta esetében a legmagasabb (7,16), a minták között azonban nem találtunk jelentősebb különbséget. Hasonló értékekről írnak más hálózati kutatások az *E. coli* fehérje-fehérje interakciós hálózata esetében $\langle k \rangle = 7,4$ (WADE, 2007), illetve $\langle k \rangle = 5,58$ (Barabási, 2016).

1. táblázat A különböző minták hálózati paramétereit

minta	N	L	$\langle k \rangle$	$\langle k^2 \rangle$	$k_{\max,1}$	$k_{\max,2}$	$k_{\max,3}$	N_{LPSG}	N_{PSG}	N_{IP}	γ	ACC	$\langle d \rangle$
I.	354	1267	6,88	124,04	52	38	37	242	6	99	1,49	0,28	3,37
II.	358	1274	7,16	128,31	53	38	36	251	5	98	1,49	0,29	3,45
III.	354	1243	7,02	124,28	49	38	36	243	6	98	1,49	0,29	3,40
IV.	364	1264	6,95	122,68	51	38	37	249	5	106	1,52	0,29	3,40
kontroll	387	1423	6,95	138,82	54	43	38	257	7	114	1,12	0,28	3,34

csomópontok száma (N), élek száma (L), átlagos foksám ($\langle k \rangle$), második momentum ($\langle k^2 \rangle$), a három

legmagasabb foksámú csomópont foksáma ($k_{\max,1}, k_{\max,2}, k_{\max,3}$), a legnagyobb valódi részgráf

csomópontjainak száma N_{LPSG} , valódi részgráfok száma (N_{PSG}), izolált pontok száma (N_{IP}), foksámkitevő

(γ), átlagos klaszterezettségi együttható (ACC), átlagos úthossz ($\langle d \rangle$)

A fehérjék döntő része mindegyik mintában csupán néhány másik fehérjével állt kölcsönhatásban, míg kevés számú fehérje akadt, amely sok kapcsolattal rendelkező, központi szerepű volt. A legtöbb kölcsönhatási kapcsolattal a mindegyik mintában megtalálható M7U517 STRING azonosítójú celluláz fehérje rendelkezett, ami szőlőbogyón táplálkozó *B. cinerea* micéliumokban alacsonyabb szinten fejeződik ki, mint mesterséges táptalajon. A magas kapcsolattal rendelkező fehérjék között jelen volt még az M7U979 azonosítójú fehérje, ami a kitin anyagcserében szerepet játszó N-acetil-hexózáminidáz (nem változik lényeges mértékben a termelődése az általunk vizsgált mintákban). További kettő, sok kapcsolattal rendelkező fehérje az M7TF67 és az M7UBF7, melyek prediktált funkciója galaktóz-mutarotáz aktivitásra utal, ugyancsak kulcsszerepet töltenek be az extracelluláris hálózat összetartásában. További vizsgálatra érdemesek még a hálózat főkomponensétől távol eső fehérjék is, melyek sok kapcsolattal rendelkeznek. Érdemes lehet azt is megvizsgálni, hogy mi a szerepe az interakciós szempontból izolált fehérjéknek, melyek közül több kicsi, valódi részgráfot alkot.

Az aszúsodás mind a négy fázisában, valamint a táptalajon tenyésztett *B. cinerea* esetében is jó közelítést adott a Barabási-Albert modell az extracelluláris fehérjehálózat fokszámeloszlására. A γ értéke 1,12–1,52 közötti volt mind az 5 minta esetében, amely azonban eltér a kívánt $2 \leq \gamma \leq 3$ értéktől. Barabási (2017) szerint a $\gamma < 2$ esetben a skálafüggetlen hálózatok rendhagyó tulajdonságokat mutatnak, a modell alkalmazhatósága korlátokba ütközik.

Irodalom

- Albert, R., Jeong, H. and Barabási, A-L. 2000. Error and attack tolerance of complex networks. *Nature*. **406**. 378–382.
- Albert, R. 2005. Scale-free networks in cell biology. *Journal of Cell Science* **118**(21). 4947–4957.
- Andrew, X. C. and Christopher, J. 2020. Scale-free structure of cancer networks and their vulnerability to hub-directed combination therapy. <https://doi.org/10.1101/2020.07.01.159657>
- Barabási, A-L. 2016. *Network Science*. Cambridge University Press.
- Bollobás, B. 1979. *Graph Theory: an Introductory Course*. New York, Springer Verlag
- Buchanan, M. 2000. *Ubiquity: The Science of History, or Why the World is Simpler Than We Think*. Weidenfeld & Nicolson.
- Dunne, J. A. 2006. The network structure of food webs. *In: Ecological Networks: Linking Structure to Dynamics in Food Webs*. 27–86.
- Giot, L., Bader, J. S., Brouwer, C., Chaudhuri, A., Kuang, B., Li, Y., Hao, Y. L., Ooi, C. E., Godwin, B., Vitols, E., Vijayadamar, G., Pochart, P., Machineni, H., Welsh, M., Kong, Y., Zerhusen, B., Malcolm, R., Varrone, Z., Collis, A., Minto, M., Burgess, S., McDaniel, L., Stimpson, E., Spriggs, F., Williams, J., Neurath, K., Ioime, N., Agee, M., Voss, E., Furtak, K., Renzulli, R., Aanensen, N., Carrola, S., Bickelhaupt, E., Lazovatsky, Y., DaSilva, A., Zhong,

- J., Stanyon, C. A., Finley, Jr. R. L., White, K. P., Braverman, M., Jarvie, T., Gold, S., Leach, M., Knight, J., Shimkets, R. A., McKenna, M. P., Chant, J. and Rothberg, J. M. 2003. A protein interaction map of *Drosophila melanogaster*. *Science*. **302**. 1727–1736.
- Ho, Y., Gruhler, A., Heilbut, A., Bader, G. D., Moore, L., Adams, S.-L., Millar, A., Taylor, P., Bennett, K., Boutilier, K., Yang, L., Wolting, C., Donaldson, I., Schandorff, S., Shewnarane, J., Vo, M., Taggart, J., Goudreault, M., Muskat, B., Alfarano, C., Dewar, D., Lin, Z., Michalickova, K., Willems, A. R., Sassi, H., Nielsen, P. A., Rasmussen, K. J., Andersen, J. R., Johansen, L. E., Hansen, L. H., Jespersen, H., Podtelejnikov, A., Nielsen, E., Crawford, J., Poulsen, V., Sørensen, B. D., Matthiesen, J., Hendrickson, R. C., Gleeson, F., Pawson, T., Moran, M. F., Durocher, D., Mann, M., Hogue, C. W. V., Figeys, D. and Tyers, M. 2002. Systematic identification of protein complexes in *Saccharomyces cerevisiae* by mass spectrometry. *Nature*. **415**. 180–183.
- Jackson, R. S. 2014. Botrytis. In: Robinson, R. K.; Batt, C. A.; Patel, P. D. (szerk.) Encyclopedia of Food Microbiology. Burlington Academic kiadó. 288–296.
- Jarvis, W. R. 1977. Botryotinia and Botrytis Species: Taxonomy, Physiology and Pathogenicity. Research Branch, Canada Department of Agriculture, Ottawa, Canada.
- Jeong, H. et al. 2001. Lethality and centrality in protein networks. *Nature*. **411**. 41–42.
- Liddell, H. G. and Scott, R. 1843. A Greek-English Lexicon. Oxford University Press.
- Naár Z. és Szarvas J. 2012. Borászati Mikrobiológia. Eszterházy Károly Főiskola Nyomda, Eger, 196.
- Parul, M. and Albert, R. 2020. Network model and analysis of the spread of Covid-19 with social distancing. *Applied Network Science*. **5**. 100.
- Wade, D. 2007. The Statistical Mechanics of Scale-free Networks.

LISZTHARMAT GOMBÁK AZ EURÓPAI MOGYORÓN (*CORYLUS AVELLANA*)

Pintér Csaba^{1*} - Kövics György² - Biró Györgyi² - Csüllög Kitti²

¹MATE, Növényvédelmi Intézet Növényvédelmi Tanszék

²Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és

Környezetgazdálkodási Kar Növényvédelmi Intézet

*pintercsaba45@gmail.com

Összefoglalás

2021 novemberében Keszthely térségében: Cserszegtomaj, Keszthely, Ajka és Csabrendek helyiségekben lisztharmattal fertőzött európai mogyoró (*Corylus avellana*) leveleket gyűjtöttünk be. A morfológiai tulajdonságai alapján az *Erysiphe* genusba (*Erysiphe* sect. *Microsphaera*) tartozónak találtuk a kórokozót. Ez a faj a magyar szakirodalomban mogyoróról eddig ismeretlen volt. Az *Erysiphe* sp. mellett a Magyarországon a jól ismert, endémikus kórokozónak számító *Phyllactinia guttata* lisztharmat kazmotéciumait is megtaláltuk. Számos lisztharmat faj károsít a mogyoró fajokon világszerte, ezért a morfológiai sajátosságok megfigyelése mellett molekuláris biológiai vizsgálatok elvégzése is szükséges a faji meghatározáshoz, amely jelenleg folyamatban van a Debreceni Egyetem Növényvédelmi Intézetében.

Kulcsszavak: *Erysiphe* sp., *Phyllactinia guttata*, *Corylus*, mogyoró lisztharmat

Abstract

European hazelnut (*Corylus avellana*) leaves infested by powdery mildews were collected in the region of Keszthely, viz. Cserszegtomaj, Keszthely, Ajka and Csabrendek in November of 2021 based on the morphological characteristics. One of the pathogens was found belonging to the genus *Erysiphe* (*Erysiphe* sect. *Microsphaera*) which species has not been observed on hazelnut in Hungary yet. In addition, the casmothecia of the other common powdery mildew species, *Phyllactinia guttata* was also appeared on *Corylus* leaves at the same time. As numerous powdery mildews can be harmful on different hazelnut species worldwide, beside of the morphological characteristics, application of molecular tools are also indispensable to the proper identifications which are currently in progress at the Institute of Plant Protection of the University of Debrecen.

Keywords: *Erysiphe* sp., *Phyllactinia guttata*, *Corylus*, powdery mildews of hazelnut

Bevezetés

Az európai vagy közönséges mogyoró cserje a *Corylus* nemzetség tagja, amely a *Betulaceae* családba a *Coryloideae* alcsaládba tartozik (Chen et al., 1999; Yang et al., 2019). Számos *Corylus* faj gazdasági jelentőséggel bír, különösen a *C. avellana* az északi féltekén, a mérsékelt égövi területeken, továbbá Kínában a *C. heterophylla* és Észak-Amerikában a *C. maxima*, de vannak dísznövény *Corylus* fák és cserjék is. A *Corylus* fajokon számos lisztharman gomba (*Erysiphaceae*, *Helotiales*) fordulhat elő, köztük a *Phyllactinia guttata*, az *Erysiphe ellisii*, az *E. corylacearum*, az *E. corylicola* az *E. verruculosa*, új fajokként kerültek leírásra, az *E. cornutae*, az észak-amerikai *E. coryli-americanae*, az *E. pseudocorylacearum*, Japánból az *E. syringae*, továbbá az *E. ostryae*, a *Corylus* rokon *Ostrya* spp. gazdanövényekről (Bradshaw et al., 2021). A *Phyllactinia guttata* (Wallr.) Lév. (1851) és az *Erysiphe* fajok viszonylag széles

körben elterjedtek, és gyakori kórokozók a *Corylus* nemzetség fajain (Braun és Cook, 2012). A korábban *Microsphaera* lisztharmat nemzetség fajait az *Erysiphe* genus-ba sorolták (Braun és Takamatsu, 2000), a korábbi karakteres morfológiai jellemzők (a többszörösen dichotomikusan elágazó kazmotécium-függelékek) ellenére, melyek a molekuláris revíziót követően ma már nem relevánsak. Az *Erysiphe corylacearum* Ázsiában őshonos, és gyakori a *C. heterophylla* és a *C. sieboldiana* mogyoró fajokon (Bradshaw et al., 2021). Ezt a lisztharmat fajt egészen a közelmúltig csak Észak-Amerika és Ázsia (Kína, Japán, Korea, Orosz Távol-Kelet) területeiről ismerték (Braun és Cook, 2012). Törökországban Sezer és munkatársai (2017) elsőként igazolták az *E. corylacearum* fajt, a behurcolt lisztharmat betegség tünetei a mogyorón (*C. avellana*) korán, tavasszal alakultak ki a leveleken, a fiatal hajtásokon és az éretlen termések kupacsain. Később a levelek elszíneződtek, megbarnultak, és barnásfekete gomba termőtesteket (kazmotéciumokat) is megfigyeltek a felszíni micéliumban. A beteg levelek kiszáradtak, a levél színe felé kanalasodtak, és korán lehullottak. Hasonló tünetek alakultak ki a makkterméseket körülölelő kupacs (*cupula*) felszínén, és az érzékenyebb fajtákon ezek is kiszáradtak, idő előtt lehullottak, ami termés kieséshez vezetett (Sezer et al., 2017). Abasova és munkatársai (2018) Azerbajdzsánban 2014 és 2016 között számos lisztharmat gombát identifikáltak, köztük az *E. corylacearum* fajt is a *C. avellana*-n. Iránban Arzanlou és munkatársai (2018) szintén a *Corylus avellana* fajon írták le az *E. corylacearum* lisztharmat gombát. Ukrajnában (Heluta et al., 2019), Grúziában (Meparishvili et al., 2019) ugyancsak azonosították az *E. corylacearum* fajt. A tüneteket a levelek színi részén és a termésfürtök kupacsain is megfigyelték. A betegség előfordulási gyakorisága elérte a 100%-ot, az okozott termés kiesés mértéke 10 és 70% közötti volt. Az erősen fertőzött leveleken 9-13 nappal az első tünetek megjelenése után nekrotikus elváltozásokat figyeltek meg. A végső tünetként a levelek a levélszín felé kanalasodtak, majd lehullottak. Svájcban, Lugano városától északra, Sonvico környékén, hat különböző helyen Beenken és munkatársai (2020) írták le az *E. corylacearum* lisztharmat fajt, ugyancsak a *C.*

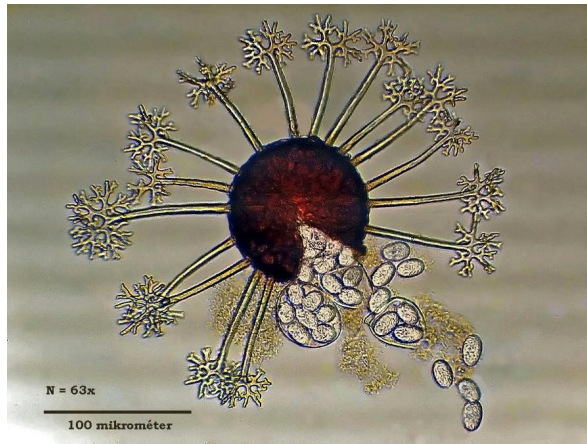
avellana-ról, melyet a szelídgesztenye (*Castanea sativa*) által uralt sövényekben és a lombhullató erdőkben az európaiogyoró cserjék levelein figyeltek meg 510 és 700 m közötti tengerszint feletti magasságban. Romániában Rosati és munkatársai (2021) az *E. corylacearum* lisztharmat fajt 2020 októberében találták meg a „Tonda di Giffoni” fajta levélszíni oldalán. A betegség a cserjék 70%-án volt jelen, növényenként legalább öt levél mutatott lisztharmat fertőzöttséget.

Anyag és módszer

2021 novemberében, Keszthely térségében: Cserszegtomaj, Keszthely, Ajka és Csabrendek helyiségekogyoró cserjéről (*Corylus avellana*) leveleket gyűjtöttünk be. A levelek felszínén nagyméretű lisztharmatos foltokat találtunk. A mikroszkópos és morfológiai megfigyelések az európaiogyorón, a Magyarországon eddig még nem ismert *Erysiphe* sp. fitopatogén gomba (*Erysiphe* sect. *Microsphaera*) megjelenésére utalnak, amely a jól ismert, endémikus *Phyllactinia guttata* faj mellett – termőhelytől függően – a leveleken 60-80 %-ban fordult elő. A morfológiai azonosításhoz sztereo- és átvilágító-mikroszkópi megfigyeléseket és méréseket végeztünk. Meghatároztuk a kazmotéciumok, a hifák, perídium-sejtek, az aszkuszok és az aszkospórák méreteit ($n = 50$). Megmértük a függelékek (appendixek) hosszát ($n = 50$). A morfológiai azonosítást Bradshaw és munkatársainak (2021) leírásai alapján végeztük.

Eredmények

A felszíni (epifiton) hifák elágazóak, hialinok, vékonyfalúak, simák, szeptáltak, 3-7 μm szélesek. A kazmotéciumok átmérője 69-115 μm közötti ($\bar{x} = 89,5 \mu\text{m}$). A perídium-sejtek 9,6-14 μm méretűek ($\bar{x} = 13,8 \mu\text{m}$). A kazmotéciumok (1. ábra) a levél felszínén sokszor a *Phyllactinia guttata* kazmotéciumai (2. ábra) szomszédságában képződnek.



1. ábra Az *Erysiphe* sp. magától, vagy nyomásra felnyíló kazmotéciuma, függelékei (appendix-ek), az előbújó tömlők (aszkuszkok) és kiáramló aszkospórák (Fotók: Pintér Cs.)

Az új lisztharmat-gomba (*Erysiphe* sp.) termőtest függelékei (3. ábra) többszörös dichotómikus elágazásúak, merevek, egyenesen állók vagy kissé íveltek, a kazmotécium egyenlítői síkjában (ekvatoriálisan) keletkeznek. Kazmotéciumonként 8-16 db appendix található. Méretük – elágazások nélkül – 32 - 37 μm (\bar{x} = 34,5 μm), elágazásokkal 55 - 96 μm (\bar{x} = 75,5 μm). Átmérőjük a tövüknél 6 - 7 μm (\bar{x} = 6,5 μm), az elágazásoknál 4,5 - 5 μm (\bar{x} = 4,75 μm). A függelékek hosszúsága 0,8 - 1,5-szerese a kazmotécium átmérőjének. Az aszkuszkok száma termőtestenként 3-4 db, méretük 36 - 44 μm (\bar{x} = 40 μm). Az aszkuszkokban 4-6 db szintelen, ellipszoid-tojás alakú aszkospóra található, ezek 11-14,4 x 19 - 22,5 μm (\bar{x} = 11,2 x 20,75 μm) méretűek. A lisztes bevonatot alkotó konídiumok felálló konídiumtartókon magányosan keletkeznek, ellipszoid – tojásdad vagy hordó alakúak, méretük 26-35 x 15-20 μm .



2. ábra *A Phyllactinia guttata* kazmotéciumai, a jellegzetes, tövüknél gömbölyű, tűhegyben végződő függelékkel, mellette két, lényegesen kisebb átmérőjű *Erysiphe* sp. kazmotécium látható



3. ábra A mogyorón megfigyelt *Erysiphe* sp. (sect. *Microsphaera*) függelék többszörösen dichotómikus végelágazásai

Eredmények értékelése

Az eredmények alapján elmondható, hogy egy – Magyarországon eddig nem közölt – *Erysiphe* fajt figyeltünk meg az *Erysiphales* rend *Microsphaera* szekciójából (*Erysiphe* sect. *Microsphaera*) az európai mogyoró (*Corylus avellana*) cserje fajon. A gomba fajszerű, pontos azonosításhoz további, specifikus primerekkel folytatandó molekuláris biológiai vizsgálatok szükségesek, melyek a Debreceni Egyetem Növényvédelmi Intézetében folyamatban vannak.

Irodalom

- Abasova, L., Aghayeva, D. and Takamatsu, S. 2018. Notes on powdery mildews of the genus *Erysiphe* from Azerbaijan. *Current Research in Environmental and Applied Mycology*. **8**. 30-53.
- Arzanlou, M., Torbati, M. and Golmohammadi, H. 2018. Powdery mildew on hazelnut (*Corylus avellana*) caused by *Erysiphe corylacearum* in Iran. *Forest Pathology*. **48**. e12450.

- Beenken, L., Brodtbeck, T. and De Marchi, R. 2020. First record of *Erysiphe corylacearum* on *Corylus avellana* in Switzerland and in central Europe. *New Disease Reports*. **41**. 11.
- Bradshaw, M., Braun, U., Meeboon, J. and Tobin, P. 2021. Phylogeny and taxonomy of powdery mildew caused by *Erysiphe* species on *Corylus* hosts. *Mycologia*. **113**. 459-475. <https://doi.org/10.1080/00275514.2020.1837568>
- Braun, U. and Cook, R. T. A. 2012. Taxonomic manual of the *Erysiphales* (powdery mildews). *CBS Biodiversity Series* No. 11. Utrecht, The Netherlands: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. 707.
- Braun, U. and Takamatsu, S. 2000. Phylogeny of *Erysiphe*, *Microsphaera*, *Uncinula* (Erysiphaceae) and *Cystotheca*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca* (Cystothecaceae) inferred from rDNA ITS sequences - some taxonomic consequences. *Schlechtendalia*. **4**. 1-33.
- Chen, Z-D., Manchester, S.R. and Sun, H-Y. 1999. Phylogeny and evolution of the Betulaceae as inferred from DNA sequences, morphology and paleobotany. *American Journal of Botany*. **86**. 1168-1181.
- Heluta, V.P., Makarenko, N.V. and Al-Maali, G. A. 2019. First records of *Erysiphe corylacearum* (Erysiphales, Ascomycota) on *Corylus avellana* in Ukraine. *Ukrayins'kyi Botanichnyi Zhurnal*. **76**. 252-259.
- Meparishvili, G., Gur, L., Frenkel, O., Gorgiladze, L., Meparishvili, S., Muradashvili, M., Koiava, L., Dumbadze, R., Reuveni, M. and Jabnidze, R. 2019. First report of powdery mildew caused by *Erysiphe corylacearum* on hazelnuts in Georgia. *Plant Disease*. **103**. 2952.
- Rosati, M., Bogoescu, M. and Spadaro, D. 2021. First report of *Erysiphe corylacearum*, agent of powdery mildew, on hazelnut (*Corylus avellana*) in Romania. *Plant Dis*. 2021 Feb 22. doi: 10.1094/PDIS-01-21-0024-PDN. Epub ahead of print. PMID: 33616431.

Sezer, A., Dolar, F. S., Lucas, S. J., Kose, C. and Gumus, E. 2017. First report of the recently introduced, destructive powdery mildew *Erysiphe corylacearum* on hazelnut in Turkey. *Phytoparasitica*. **45**. 577-581.

Yang, X-Y., Wang, Z-F., Luo, W-C., Zhang, C-H., Liu, J-Q. and Ren, G-P. 2019. Plastomes of Betulaceae and phylogenetic implications. *Journal of Systematics and Evolution*. **57**. 508-518.

ERWINIA AMYLOVORA BAKTÉRIUMFAJRA ERZEKENY ES TOLERÁNS KÖRTEFAJTÁK VIZSGÁLATA

Varga Dorina - Kocsisné Molnár Gitta*

MATE, Kertészettudományi Intézet

*dorka0611@gmail.com

Összefoglalás

Vizsgálataink során különféle körtefajták *Erwinia amylovora* (Burril) Winslow et al. (továbbiakban *Erwinia amylovora*) baktériumfaj fogékonyságával és ellenállóságával foglalkoztunk. Kísérleteink során virág és éretlen gyümölcs-fertőzést végeztünk két baktériumtörzs felhasználásával.

A virágfertőzés során hét fajtát kapilláris technikával fertőztünk. A vizsgálat eredménye azt mutatta, hogy a ‚Packham Triumph‘ fajta volt a legfogékonyabb. Mivel a virágszervek érzékenyek, ezért mérsékelten fogékony fajtát nem tudtunk megfigyelni. Legkisebb változást a ‚Harrow Delicios‘ fajta mutatta.

Éretlen gyümölcs vizsgálata során tizenegy fajtát vontunk be kísérletünkbe. Megállapítottuk, hogy a ‚Worden Seckel‘ körtefajta mutatta a legkisebb elváltozást, míg a ‚William‘ fajtán figyeltük meg a legtöbb tünetet.

Kulcsszavak: tűzelhalás, *Erwinia amylovora*, körte, fogékonyság, rezisztencia

Abstract

We studied fire blight susceptibility and resistance on different pear cultivars. During the research we infected two *Erwinia amylovora* strains on flowers and raw fruits.

We developed infections on seven pear cultivar's flower with capillary technique. We concluded that the 'Packham Triumph' cultivar was the most susceptible. The flower organs are really sensitive that is why we could not record moderate resistant cultivar. The 'Harrow Delicious' showed the least symptoms throughout the flower infections.

During the infection on the eleven pear cultivar's raw fruits, we concluded that the 'Worden Seckel' showed the most resistance and the 'Williams' cultivar was the most susceptible.

Keywords: fire blight, *Erwinia amylovora*, pear, susceptibility, resistance

Bevezetés

Magyarországon az elmúlt negyven évben a körte termésátalaga 100 ezer tonnáról 22 ezer tonnára csökkent. A nagy redukálódásban szerepet játszik a hazánkban 1996-ban detektált baktériumos tüzelhalás okozta betegség, amelyet az *Erwinia amylovora* baktériumfaj okoz.

Főbb termesztő tájaink Magyarországon a Nyugat-Dunántúlon, Budapest és Pest megye környékén, Borsod- Abaúj- Zemplén megyében és Heves megyében található (Z. Kiss, 2001).

A Magyarországi termesztésben a legelterjedtebb fajta a 'Bosc Kobak' (Soltész, 1998).

A tüzelhalás egy különleges betegség, amit már több mint száz éve ismerünk, viszont a kutatókat a mai napig foglalkoztatja, hogy a baktériumos fertőzés miatt csak a Rosaceae családnál figyelhető meg és miért csak az *Erwinia amylovora* baktérium okozza (Vanneste, 2000). A Rosaceae növénycsaládon belül az *Erwinia amylovora* mintegy 40 nemzetségből 200 fajt képes megfertőzni (van der Zwet- Keil, 1979), ennek ellenére a kórokozó fellépése mégsem korlátozódik a Maloideae alcsalád képviselőire. Néhány *Rubus spp.* (Rosoideae) és *Prunus*

(Prunoideae) fajánál megfigyeltek természetes fertőzést (Bubán et al., 2003).

Az *Erwinia amylovora* az *Erwinia* nemzetségbe tartozó faj, mely pálcika alakú, lehetnek egyesével, párosával és láncban. Gram-negatívak. Flagellumok peritrih formában helyezkednek el (Glits- Folk, 2000).

A tűzelhalás okozta fertőzést elsődleges és másodlagos ciklusra tudjuk bontani (van der Zwet-Keil, 1979).

Elsődleges megbetegedést a tavaszi időszakban figyelhetjük meg. A nedvkeringés megindulása során a repedésekben áttelelő *Erwinia amylovora* baktériumok könnyen eljutnak természetes nyílásokon a virág szöveteibe (van der Zwet- Keil, 1979).

Másodlagos fertőzés a vegetáció során megy végbe, melynek forrása a baktériumnyálka vagy a baktériumsejtből létrejött fonalas struktúra (van der Zwet- Keil, 1979).

A baktérium terjedésében nagy szerepet játszik a különböző meteorológiai viszonyok, a szűrő szívó szájszervű rovarok, a viráglátogató méhek és a nagyobb távolságra eljutó madarak. Az emberi gondatlanság során és szakértelem hiányában is bekövetkezhet a fertőzés (van der Zwet-Keil, 1979).

A tűzelhalás, mint elnevezés leírja a betegség legfőbb tüneteit. A kórfolyamat gyors lefolyású. Beszélhetünk virágelhalásról, hajtáselhalásról, gyümölcselhalásról, törzselhalásról, gyökérmakelhalásról és gyökérelhalásról (van der Zwet- Keil, 1979).

Anyag és módszer

Kísérletünkben szereplő körtefajtákat a Nébih Pölöskei Fajtakísérleti Állomásról és a keszthelyi Körte génbankból gyűjtöttük be 2019-ben és 2020-ban. A fertőzésekhez szükséges baktériumfajok a Nébih ÉLI Pécsi Növényegészségügyi Bakteriológiai Diagnosztikai Nemzeti Referencia Laboratóriumból származnak.

Az **éretlen körtefajták** fertőzését a MATE Georgikon Campus, Kertészeti Tanszékén 2019.

július 3-án végeztük el ,Kieffer‘, ,Cook Starking Delicious‘, ,Arvanchesi Jó Lujza‘, ,Orient‘, ,Hosui‘, ,Worden Seckel‘, ,Harrow Delicious‘, ,Williams‘, Jules Guyot dr.‘ ,Packham Triumph‘, Bosc Kobak’ fajtákon. Az eredmények kiértékelésére 2019. július 10-én került sor. Kiértékelés során két tünetet vettünk figyelembe. Az egyik a szűrés körül megjelenő barna koncentrikus folt, a másik a szűrés helyén megjelenő baktérium nyálka csepp átmérője. Az éretlen gyümölcsön a fertőzési indexet a megjelenő nekrotikus foltok és a cseppátmérő alapján határoztuk meg.

A fertőzési indexet a gyümölcsön megjelenő nekrotikus foltok cseppátmérő alapján határoztuk meg. A kialakult betegség mértékét (Bgy) a következő képlettel határoztuk meg: $Bgy = (\sum fi \times ni) / n$

1. táblázat Éretlen gyümölcsök értékelése

Fertőzési index	Nekrotikus foltok	Cseppátmérő
0	Tünetmentes gyümölcs	Tünetmentes gyümölcs
1	0-5 mm	0-1 mm
2	6-10 mm	1-2 mm
3	11-20 mm	2-4 mm
4	21-30 mm	4-6 mm
5	> 31 mm	> 6 mm

Bgy: a betegség mértéke gyümölcsön,

fi: fertőzési index

ni: a fertőzödési indexhez tartozó gyakoriság

n: a fajtán belül vizsgált összes gyümölcs

Az így kapott Bgy értéket átszámítottuk százalékos formába, amely alapján négy fogékonysági csoportba soroltuk a fajtákat.

0- 25% - mérsékelt rezisztens (MR)

26-55% - közepesen fogékony (KF)

56-75% - nagyon fogékony (NF)

76- 100% - igen erősen fogékony (EF)

A **virágfertőzés** két különböző időpontban történt meg. Egy korai virágzású fajta 2020.április 2-án került megszedésre és megfertőzésre, majd 4 nap elteltével kiértékelésre. Keszthelyről és Pölöskeről további hat fajtát vontunk be 2020.április 7-én és 2020.április 11-én vételeztük fel az eredményeket. A vizsgált fajták virágfertőzésnél a ‚Kieffer‘, ‚Cook Starking Delicious‘, ‚Williams‘, ‚Bosc Kobak‘, ‚Packham Triumph‘, ‚Jules Guyot dr.‘és a ‚Harrow Delicious‘ voltak.

A virágokat kapilláris technikával fertőztük meg. A baktérium okozta tüneteket a szíromleveleken, csészeleveleken, vacok környékén, porzókon és a bibén lévő barnuláson figyelhettük meg. Négy kategóriába soroltuk az *Erwinia amylovora* fertőzés mértéke szerint a virágokat.



1

2

3

4

1. ábra Virágszervek elhalásának bemutatása

1. Az ép virág, 2. Bibe elbarnult, 3. Csésze elbarnult, 4. Egész virág elbarnult

(A fotót a szerkesztő készítette 2020-ban)

A megfigyeléseink során kettő *Erwinia amylovora* törzset vontunk be, melyek a 898. baktériumtörzs (továbbiakban 1. baktériumtörzs) és a 891. baktériumtörzs (továbbiakban 2.

baktériumtörzs).

A betegség mértékét a $Bv=(nb/n) \times 100$ egyenlettel számoltuk, ahol

Bv: a betegség mértéke a virágokon

nb: a beteg ivarszervek száma

n: az összes virágszerv száma

A virágszervek fertőzésének értékeit négy fogékonysági csoportba soroltuk.

0- 25% - mérsékelten fogékony (MF)

26-55% - közepesen fogékony (KF)

56-75% - nagyon fogékony (NF)

76- 100% - igen erősen fogékony (EF)

Eredmények

A tűzelhalás fertőzés éretlen gyümölcsön csak speciális esetekben jelenik meg a természetben.

A gyümölcsfertőzés epidermisz lenticelláin keresztül vagy sebzéseken keresztül jön létre.

Tünetek főbb jellemzői köztén, hogy a gyümölcs elbarnul és baktériumos nyálka csepp alakul ki, míg az elhalt gyümölcs a fán marad.

2. táblázat Éretlen gyümölcsök fogékonysága, a vizsgálatba bevont baktériumtörzsekre 2019-ben

Fajta	'Kieffer'	'Cook Starking Delicious'	'Arvanchesi Jó Lujza'	'Orient'	'Hosui'
1. baktériumtörzs	(45%)	(7%)	(43%)	(30%)	(17%)
	KF	MR	KF	KF	MR
2. baktériumtörzs	(54%)	(50%)	(62%)	(46%)	(29%)
	NF	KF	NF	KF	KF

Magyarázat: MR-mérsékelten rezisztens, KF-közepesen fogékony, NF- nagyon fogékony, EF- igen erősen fogékony

3. táblázat Éretlen gyümölcsök fogékonyága, a vizsgálatba bevont baktériumtörzsekre 2019-ben

Fajta	'Worden Seckel'	'Harrow Delicious'	'Williams'	'Jules Guyot dr.'	'Packham Triumph'	'Bosc Kobak'
1. baktériumtörzs	(14%)	(65%)	(83%)	(79%)	(70%)	(56%)
	MR	NF	EF	EF	NF	NF
2. baktériumtörzs	(13%)	(84%)	(91%)	(82%)	(32%)	(81%)
	MR	EF	EF	EF	KF	EF

Magyarázat: MR-mérsékelt rezisztens, KF-közepesen fogékony, NF-nagyon fogékony, EF-igen erősen fogékony

Az *Erwinia amylovora* fertőzés első jelei a virágon figyelhető meg. Az elhalás terjedése a kocsányon jelentkezik, amely vizenyős és sötétzöld színű, majd fekete lesz és elszárad.

4. táblázat Az 1. és 2. baktériumtörzssel való virágok fogékonyága 2020-ban

Fajta	'Kieffer'	'Cook Starking Delicious'	'Williams'	'Bosc Kobak'	'Packham Triumph'	'Jules Guyot dr.'	'Harrow Delicious'
1. baktériumtörzs	(70%)	(50%)	(50%)	(25%)	(100%)	(80%)	(40%)
	NF	NF	KF	KF	EF	EF	KF
2. baktériumtörzs	(58%)	(50%)	(50%)	(65%)	(100%)	(70%)	(50%)
	NF	KF	KF	NF	EF	NF	KF

Magyarázat: MR-mérsékelt rezisztens, KF-közepesen fogékony, NF-nagyon fogékony, EF-igen erősen fogékony

Eredmények értékelése

Fontosnak tartottuk a különböző körtefajták megismerését és viselkedését az *Erwinia*

amylovora baktériummal szemben. A kórokozó agresszív terjedése és az ellene való nem megoldott védekezés miatt az ellenálló körtefajták létrehozása jelenthet megoldást a termesztők számára.

A 2019-ben végzett gyümölcsfertőzés során megfigyelhettük, hogy ebben az évben a ‚Worden Seckel‘ mellett a ‚Hosui‘ a ‚Cook Starking Delicious‘ is gyenge megbetegedést mutattak. A ‚Kieffer‘ és az ‚Orient‘ fajtákat a közepesen fogékony osztályba soroltuk. Nagyon fogékony kategóriába a kísérletünk során az ‚Arvenchesi Jó Lujza‘, ‚Packham Triumph‘ és a ‚Bosc Kobak‘ fajtákat sorolhatjuk. Az igen erősen fogékony csoportba a ‚Jules Guyot dr.‘ és a ‚Williams‘ fajták tartoztak a megfigyelésünk során. Nagyon fontos kiemelnünk, hogy egyes fajták a különböző baktériumtörzsekre másképpen reagáltak. A ‚Cook Starking Delicious‘ fajtánál ez jól megfigyelhető, mivel az 1. baktériumtörzssel való fertőzést követően a tünetek nem voltak számottevőek, míg a 2. baktériumtörzs fertőzését követően ez nem mondható el. Ellenben a ‚Packham Triumph‘ fajta esetén az ellenkezőjét figyeltük meg.

A 2020-ban történő virágfertőzés során a ‚Bosc Kobak‘ mutatott mérsékelt rezisztenciát az 1. baktériumtörzs fertőzésekor. A ‚Cook Starking Delicious‘, ‚Williams‘ és a ‚Harrow Delicious‘ fajták mutattak közepes fogékonyságot. Eredményeink alapján a ‚Kieffer‘ nagyon fogékony fajta és az igen fogékony kategóriába a ‚Packham Triumph‘ és a ‚Jules Guyot dr.‘ fajták tartoznak. A kettő baktériumtörzs fertőzésénél a ‚Bosc Kobak‘ mutatott eltérő eredményeket, a többi fajtánál nem figyelhettünk meg számottevő különbséget.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki Kocsisné Dr. Molnár Gitta tanárnőnek, a téma-ötletért és odaadó munkájáért. Hálás vagyok a Nébih ÉLI Pécsi Növényegészségügyi Bakterológiai Diagnosztikai Nemzeti Referencia Laboratórium és a Nébih Pölöskei Fajtakísérleti Állomás munkatársainak, hogy biztosították számomra a kísérletemhez szükséges anyagokat.

Irodalom

- Bubán T., Orosz-Kovács Zs. és Farkas Á. 2003. Az *Erwinia amylovora* fertőzés elsődleges helye a virágok nektáriumában. *Kertgazdaság*. **35**. 10-16.
- Glits M. és Folk Gy. 2000. Kertészeti növénykórtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest, 582.
- Soltész M. 1998. Gyümölcsfajta-ismeret és -használat. Mezőgazda kiadó. Budapest, 156-181.
- van der Zwet, T. and Keil, H.M. 1979. Fire Blight - A bacterial disease of Rosaceous plants. *Agriculture Handbook 510*. US Department of Agriculture, Washington DC, 200.
- Vanneste, J. L. 2000. What is fire blight? Who is *Erwinia amylovora*? How to control it? *In: Z.*
- Kiss L. 2001. Gyümölcsfajták I. Almatermésűek és bogyósok. Mezőgazda Kiadó. Budapest, 48-65.

POSZT-HARVESZT PESZTICIDEK ALKALMAZÁSTECHNOLÓGIÁJA AZ ÉLELMISZER- BIZTONSÁG FÉNYÉBEN

Buzás Anna* - Lányi Katalin

Állatorvostudományi Egyetem, Élelmiszerhigiéniai Tanszék

*anna.buzas@icloud.com

Poszt-harveszt peszticidek használata

Globalizált társadalmunk egy fontos megoldandó élelmiszer-biztonsági problémája a termesztett zöldségek, gyümölcsök tárolása és szállítás során kialakuló penészgomba-fertőzés, amit különböző gombafajok, például Aspergillusok vagy *Penicillium* törzsek okoznak. A *Penicillium digitatum* (zöldpenész) és a *Penicillium italicum* (kékpenész) a citrusfélék esetén a betakarítás utáni veszteségek közel 90%-áért felelős, ami valószínűleg annak köszönhető, hogy természetes védekező reakció nem alakul ki vagy nem elég hatékony a gyümölcsben a *P. digitatum* fertőzés után. A *P. digitatum* fertőzött citrusban csökkent a védekezéssel összefüggő hidrogén peroxid termelés.

A poszt-harveszt növényvédelem terén újabb és újabb alternatív biológiai védekező stratégiák alkalmazása merül fel folyamatosan, a változó fogyasztói elvárások, és a fungicid szerek lehetséges egészségügyi kockázatai miatt. A betakarítás utáni betegségek megelőzésére kétféle megelőzési mód állhat rendelkezésre. Egyrészt a már meglévő, gyümölcs felületén található jótékony mikroflóra felhasználása, vagy pedig külső, mesterséges antagonisták mikroorganizmusok használata. Ugyanakkor az antagonisták ágensnek sok kritériumnak kell

megfelelnie, így a gyakorlatban az általánosan használt fungicideket felváltani nem tudják, ezek a mikroorganizmusok még nélkülözhetetlenek a piacon.

Alkalmazástechnológia

A pre- és posztharvest növényvédelem hagyományos stratégiája különböző szintetikus peszticideken alapul. A virágzás kezdetétől többféle gombaölő szert alkalmaznak, amit akár többször is ismételnek a betakarításig, egyes szereket a betakarítás után is használhatnak. Az alkalmazás módja jelentősen befolyásolhatja a használt szerek hatékonyságát. Például a tiabendazol citromon bemerítéssel hatékonyabbnak bizonyul zöldpenész ellen, mint az áztatás. Ugyanakkor a tárolás módja (hőmérséklet, páratartalom) is befolyásolni fogja a fungicid készítmény hatékonyságát. A legtöbb szabadforgalomban kapható készítmény a könnyebb használhatóság miatt emulzióképző koncentrátum (EC) vagy szuszpenzióképző koncentrátum (SC) oldat formájában kapható, ilyenek például a propikonazolt, difenokonazolt, hexakonazolt vagy az azoxistrobint, proklorázt tartalmazó készítmények. Az imazalil és a pirimetanil hatóanyagok pedig a gyümölcsön viaszos bevonatban hasznosíthatók a legjobban.

A különböző azolok csoportjába tartozó imidazolok (prokloráz) és triazolok (propiokonazol) a gomba sejtfalának megfelelő szintézisét fogják gátolni. A propiokonazol gátolja az ergosterol beépülését a sejtfalba a demetiláció gátlásával. A pirimetanil a metionin szintézisével gátolja a gomba sejtanyagcseréjét.

Peszticidek hatása az ökoszisztémára

Az említett fungicidek mind biológiailag aktív vegyületek, veszélyt jelenthetnek az ökoszisztéma minden tagjára bizonyos körülmények között. Az azoxistrobin, az iprodion és a tiabendazol a vízi élővilágra veszélyes elsősorban, az emberekre, madarakra és emlősökre enyhén toxikusak, a tiabendazol esetében bőrtoxicitást mutattak ki. A vízi élővilágra való

hatásukat a *Daphnia magna* fajon keresztül vizsgálták. Azoxistrobinra az LC50 0.277 mg/L 48h alatt, iprodionra LC50 3.93 mg/L 48h alatt, tiabendazol esetében pedig az LC50 48h alatt 843.6 ug/L, Az azoxistrobin tőkés récére megállapított per os LD50 értéke >250 mg/kg, a mérsékeltén védett virginiai fogasfűrjre >2000 mg/kg., az iprodion tőkés récére per os LD50 >10400 mg/kg, virginiai fogasfűrjre per os LD50 >2000 mg/kg. Az imazalil hepatotoxikus, egerekben és patkányokban pedig karcinogén. A difenokonazol hepatotoxicitását mutatták ki egerekben, zebradánióban pedig az embrionális fejlődésben regressziót, deformitást is okozott. Az azoxistrobin, az iprodion és a tiabendazol azért igazán veszélyesek, mivel bárki megvásárolhatja az ezeket a peszticideket tartalmazó permetszert, sokan a kertjükben permeteznek, majd ugyanitt mossák is ki a permetezőt, ezáltal rögtön bekerül a körforgásba a peszticidmaradvány. Egy 2017-es tanulmány alapján a pirimetanil hosszútávon erősen toxikus. *Hyla intermedi* békafajon vizsgálták a hatásait, ami során a petefészkek degenerációját okozta és egyértelműen kimutatott hatása volt a májra és vesére is.

A MRL (Maximum Residue Limit) érték nemzetközileg meghatározott minden hatóanyag esetében terményenként, teljes gyümölcsre értendő és ebben a formában nagyon ritkán történik túllépés. Ugyanakkor egy pakisztáni vizsgálatban több MRL érték feletti értéket is mértek gyümölcsfélékben, a vizsgált minták 22%-ánál találtak határértéket meghaladó peszticid maradványt, fungicid MRL értéket meghaladó maradványt metalaxyl esetében mértek. 2005-ben pedig Ortelli és munkatársai svájci mintákban találtak szennyezett gyümölcsöket, melyek „bio” címkével voltak ellátva, ezen kívül MRL értéket meghaladó fenhexamid, chlorpyrifos és imazalil reziduum-szintet is mértek több citrusféléből mért mintában, Saját kutatásunkban mi is találkoztunk magasabb maradványértékkel, igaz, egy koncentrált minta esetében, ami csak citromhéját tartalmazta, így a teljes gyümölcsre értendő hivatalos MRL értéket nem haladta meg az átlagérték.

Európai viszonylatban a hivatalos módon meghatározott MRL értéket meghaladó mennyiségű peszticidet nehezen tudjuk elfogyasztani, hiszen egy-két gyümölcsöt fogyasztunk egyszerre, ugyanakkor napi szinten folyamatosan ki vagyunk téve az expozíciónak és a kumulált vagy a hosszútávú hatásokat ezidáig még keveset vizsgálták. Háztartási körülmények között megfelelő mosási eljárást még nem publikáltak a szakirodalomban, előzetes mosási kísérletünk alapján pedig az egyszerűbb módszerek sajnos nem hatékonyak. Jelenleg a hámozás a legjobb megoldás az expozíció csökkentésére vagy a bio gyümölcs preferálása, de a tárolási körülmények miatt, ebben az esetben sem lehetünk biztosak a teljes vegyszermentességben. A gyümölcsök, zöldségek elfogyasztása után a maradékok, héjak a kommunális hulladékba és a komposztálóba kerülnek. Egy torinói tanulmány szerint egyértelműen fennáll a felhalmozódás veszélye a fungicidek esetén, hiszen 241 nap elteltével még jelentős mennyiségű ép peszticid maradványt (Procymidone) és további toxikus metabolitot (Iprodione izomer, 3,5-DCA) mutattak ki a mintáikból.

Összességében elmondható, hogy a poszt-harveszt peszticidek használata lényeges eleme az élelmiszer-biztonsági kritériumok teljesítésének és az élelmiszer-hulladék mennyiségének csökkentésére irányuló erőfeszítéseknek. Ugyanakkor ezen szerek hatása az ökoszisztémák szintjén mind a mai napig nem teljesen tisztázott, és a humán egészségkockázat becslése is további finomításokat igényel, tekintettel a változó fogyasztói szokások miatt megváltozott expozíciós utakra.

Irodalom

Macarasin, D., Cohen, L., Eick, A., Rafael, G., Belausov, E., Wisniewski, M. and Droby, S. 2007. *Penicillium digitatum* Suppresses Production of Hydrogen Peroxide in Host Tissue During Infection of Citrus Fruit. *Phytopathology*. **97**(11). 1491-1500.

Droby, S., Cohen, L., Daus, A., Weiss, B., Horev, B., Chalutz, E., Katz, H., Keren-Tzur, M., and Shachnai, A. 1998. Commercial testing of aspire: A yeast preparation for the biological control of postharvest decay of citrus. *Biol. Control*. **12**. 97-101.

El-Ghaouth, A., Smilanick, J., and Wilson, C. 2000. Enhancement of the performance of *Candida saitoana* by the addition of glycolchitosan for the control of postharvest decay of apple and citrus fruit. *Postharvest Biol. Technol.* **19**. 103-110.

Mohammadi, P., Tozlu, E., Kotan, R., and Kotan, Enol M. 2017. Potential of some bacteria for biological control of postharvest citrus green mould caused by *Penicillium digitatum*. *Plant Protect. Sci.* **53**.

Michael E. Wisniewski and Charles L. Wilson 1992. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: recent advances. *Hortscience*. **27**(2). 94-98.

E. Feliziani and G. Romanazzi 2016. Postharvest decay of strawberry fruit: Etiology, epidemiology, and disease. *Journal of Berry Research*. **6**. 47-63.

Smilanick, J. L., Mansour, M. F. and Sorenson, D. 2006. Pre- and postharvest treatments to control green mold of citrus fruit during ethylene degreening. *Plant Dis.* **90**. 89-96.

MacKenzie, S. J., and Peres, N. A. 2012. Use of leaf wetness and temperature to time fungicide applications to control Botrytis fruit rot of strawberry in Florida. *Plant Dis.* **96**. 529-536.

McKay, A. H., Förster, H., and Adaskaveg, J. E. 2012. Efficacy and application strategies for propiconazole as a new postharvest fungicide for managing sour rot and green mold of citrus fruit. *Plant Dis.* **96**. 235-242.

Kanetis, L., Förster, H., and Adaskaveg, J. E. 2007. Comparative efficacy of the new postharvest fungicides azoxistrobin, fludioxonil, and pyrimethanil for managing citrus green mold. *Plant Dis.* **91**. 1502-1511.

Bernabò, I., Guardia, A., Macirella, R. et al. 2017. Chronic exposures to fungicide pyrimethanil: multi-organ effects on Italian tree frog (*Hyla intermedia*). *Sci Rep.* **7**. 6869.

Parveen, Z., Riazuddin, A., Iqbal, S., Bhutto, M.A. and Khuhro, M.I. 2011. Monitoring of multiple pesticide residues in some fruits in Karachi, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*. **43**(4). 1915-1918.

Ortelli, Didier, Edder, Patrick and Corvi, Claude 2005. Pesticide residues survey in citrus fruits, *Food Additives & Contaminants* **22**(5). 423-428.

Paolo Cabras, Paolo Diana, Marco Meloni, and Filippo M. Pirisi 1982. Residue determination of some insecticides and fungicides on grapes by reversed-phase high-performance liquid chromatography *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **30**(3). 569-572

Buzás A. és Lányi K. 2019. A citrusfélék gomba elleni védelmének élelmiszer-egészségügyi vonatkozásai *HuVetA*. URL: <http://www.huveta.hu/handle/10832/2320>

HERBICIDEK FOTOBOMLÁSI FOLYAMATAI, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A KINETIKÁRA ÉS A VÉGTERMÉKEK TOXICITÁSÁRA

Lányi Katalin

Állatorvostudományi Egyetem, Élelmiszer-higiéniai Tanszék

lanyi.katalin@univet.hu

Összefoglalás

Összehasonlító vizsgálatokat végeztünk négy triazin-származék gyomirtó szer hatóanyagán (atrazin, cianazin, terbutilazin, terbutryn) azok fotobomlási folyamatainak tanulmányozására. A vizsgálatok alapján felvázoltuk az egyes hatóanyagok bomlási sémáját és a bomlás időbeli lefutását. Megállapítottuk, hogy valamennyi vizsgált vegyület jól mérhető fotoaktivitást mutatott a vizsgálati körülményeink között, valamint, hogy a legtöbb vegyület bomlásterméke kevésbé környezetidegen, mint az eredeti vegyület volt.

Kulcsszavak: fotobomlás, herbicidek, ökotoxicitás

Abstract

Within this study photodegradation features of four nitrogen-containing triazine-derivative herbicides (atrazine, cyanazine, terbuthylazine, terbutryn) were examined. The compounds were degraded completely by a high pressure mercury vapour lamp, and the degradation process was followed by consecutive gas chromatographic measurements. The structure of degradation

products was determined by gas chromatographic – mass spectrometric measurements. All of the compounds studied had measurable photochemical activity, although the actual and average degradation rates varied significantly. The most significant processes of photodegradation of the studied compounds are the partial or complete loss of sidechains.

Keywords: photodegradation, herbicides, ecotoxicity

Bevezetés

A növényvédő szerek környezetünkben való eltávozásának egyik fontos módja a napfény hatására történő lebomlás, a fotobomlás. Ezek a fotoátalakulások különböző körülmények között történhetnek, de a két legjellemzőbb körülmény a vizes oldat (a vízoldható vegyületek esetén), és a diszpergálás vagy száraz felületeken történő adszorbeálódás utáni átalakulás (a vízben nem oldódó anyagok esetén). Igen lényeges, hogy azonosítani tudjuk a bomlástermékeket, mivel azok biológiai hatása jelentősen eltérő lehet az eredeti peszticidétől. A triazinok a világszerte jelentős mennyiségben használt gyomirtó szerek közé tartoznak. Mivel számos környezeti elemben előfordulhatnak, fontos lehet ismerni az ökoszisztémában lezajló sorsukat és a lebomlási útvonalukat. Ezen kutatás célja bizonyos nitrogén tartalmú gyomirtó szerek fototranszformációs tulajdonságainak tanulmányozása volt.

Anyag és módszer

Kutatásaink során a következő peszticid sztenderdeket vetettük alá a fotobontási kísérleteknek: atrazin, cianazin, terbutilazin, terbutrin. A kiválasztott növényvédőszer-hatóanyagok nagy tisztaságú sztenderdjét diklór-metánban oldottuk, majd kvarc edényben nagynyomású higanygőz-lámpa (125 W) ultraibolya sugárzásának tettük ki egy meghatározott ideig. Az elegyek összetételét gázkromatográffal vizsgáltuk. Az eredeti hatóanyag csúcásának százalékos

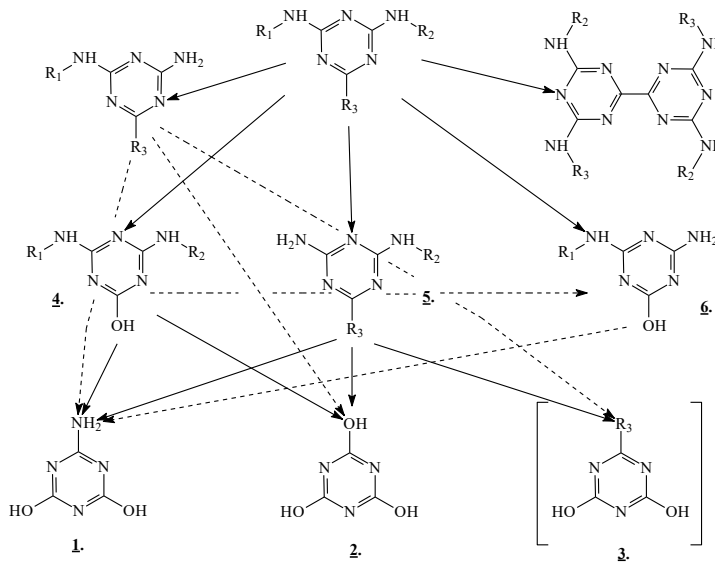
arányát figyelve, annak csökkenéséből következtettünk a hatóanyag bomlásának mértékére. Amikor az eredeti hatóanyag teljesen elbomlott, az elegyet gázkromatográfiás-tömegspektrometriás vizsgálatnak vetettük alá, hogy megállapíthassuk a bomlástermékek molekulaszervezetét.

Eredmények

A vizsgált hatóanyagok bomlási sorrendje a következő volt: terbutrin – cianazin – atrazin – terbutilazin. Az atrazin bomlási folyamatának lefutása jól közelíthető egy egyenessel ($y = 0,9946 \cdot x + 100$; $R^2 = 0,928$). A terbutilazin esetében a fotobomlás sebességének változása konstans mértékben csökkent (az anyagmennyiség - bontási idő grafikon pontjaira harmadfokú összefüggés illeszthető; $y = -4 \cdot 10^{-5} \cdot x^3 + 0,0154 \cdot x^2 - 2,1072 \cdot x + 100$; $R^2 = 0,992$). A cianazin esetében a bomlás lefutása jó közelítéssel lineárisnak tekinthető ($y = -1,5821 \cdot x + 100$; $R^2 = 0,983$). A terbutrin bomlási képe viszonylag egyszerű: a bomlási görbéje majdnem lineáris egészen a folyamat végéig ($y = -15,058 \cdot x + 100$; $R^2 = 0,852$).

A teljesen elbontott elegyek tömegspektrometriás vizsgálatai alapján triazinok fotobomlásának legjellemzőbb folyamatai az oldalláncok részleges vagy teljes lehasadása, illetve a heteroatomot tartalmazó oldallánc hidroxil-csoportra cserélődése (ld. 1. ábra). Az oldalláncok elvesztése nemcsak egymást követően, hanem párhuzamosan is lejátszódik. A terbutrin gyakorlatilag egy fő komponensre bomlik, a hidroxiterbutilazinra, melynek mennyisége a teljesen elbontott elegyben közel 70% volt. Egy nagyságrenddel kisebb mennyiségben ugyan, de megjelenik a cianursav és a 2-amino-4,6-dihidroxi-1,3,5-s-triazin is a reakcióelegyben. Az atrazin, cianazin és terbutilazin legnagyobb arányban előforduló bomlástermékei a 2-amino-4,6-dihidroxi-1,3,5-s-triazin, valamint a cianursav voltak. A 6-klór-2,4-dihidroxi-1,3,5-s-triazin általában igen kis arányban volt csak kimutatható, kivéve a cianazin esetében, amikor is a cianursavnál nagyobb arányban jelent meg a bomlástermékek között.

A bomlástermékekről részletes toxikológiai információ nem lehet fel; ezeknek az anyagoknak az élő szervezettel való kölcsönhatásait érzékelhetően jelentősen kevesebbet vizsgálták, mint az eredeti peszticid hatóanyagokét. A hidroxi-terbutilazin meglehetősen hidrofób ($\log P = 3,53$), de perzisztenciát nem mutat. A cianursav és a 2-amino-4,6-dihidroxi-1,3,5-s-triazin már kifejezetten hidrofílek ($\log P = -1,31$; illetve $-1,5$). A 6-klór-2,4-dihidroxi-1,3,5-s-triazin $\log P$ értéke 0,1; ami enyhe hidrofóbításra utal. Ezek alapján az utóbbi három vegyület felhalmozódása a környezetben vagy az élő szervezetekben nem valószínűsíthető, ellenben további kémiai vagy biotranszformáció könnyedén áteshetnek.



1. ábra A triazinok fotobomlásának általános sémája a kutatás eredményei alapján

A kísérletek azt mutatták, hogy a vizsgált herbicidek túlnyomórészt a természetben is előforduló, alacsony ökotoxicitású metabolitokra bomlottak. Az esetlegesen előforduló mérgező, karcinogén, vagy más speciális méreghatással rendelkező bomlástermékek mennyisége elenyésző volt, vagy stabilitásuk nem elég nagy ahhoz, hogy hosszabb időn át

megmaradjanak a reakcióelegyben. Az összehasonlító kísérletek adataiból következtetéseket vonhatunk le az egyes herbicid hatóanyagok egymáshoz viszonyított bomlási sebességeiről, mivel feltételezhető, hogy az egyes folyamatok sebességeinek aránya nem változik jelentősen természetes körülmények között sem. Így, ha lehetőség van több, mezőgazdasági szempontból hasonló értékű hatóanyag közül választani, lehetőség nyílik környezetvédelmi szempontok figyelembevételére is azzal, hogy az alacsonyabb perzisztenciájú készítményt választjuk, például a triazin hatóanyagok közül a terbutrin használata lehet ilyen szempontból privilegizált.

Irodalom

- Gatidou, G. and Iatrou, E. 2011. Investigation of photodegradation and hydrolysis of selected substituted urea and organophosphate pesticides in water. *Environmental Science and Pollution Research*. **18**. 949–957.
- Hasan, Z. and Jung, S. H. 2015. Removal of hazardous organics from water using metal-organic frameworks (MOFs): Plausible mechanisms for selective adsorptions. *Journal of Hazardous Materials*. **283**. 329–339.
- Lányi, K. and Dinya, Z. 2005. Photodegradation study for assessing the environmental fate of some triazine-, urea- and thiolcarbamate-type herbicides. *Microchemical Journal*. **80**. 79– 87.
- Masiá, A., Campo, J., Vázquez-Roig, P., Blasco, C. and Picó, Y. 2013. Screening of currently used pesticides in water, sediments, and biota of the Guadalquivir River Basin (Spain). *Journal of Hazardous Materials*. **263**. 95–104.
- Wick, A., Marincas, O., Moldovan, Z. and Ternes, T. A. 2011. Sorption of biocides, triazine and phenylurea herbicides, and UV-filters onto secondary sludge. *Water Research*. **45**. 3638–3652.

Barbash, J. E. 2007. The geochemistry of pesticides. *In: Environmental Geochemistry*. (Ed.: Lollar, B. S.); Volume 9 of Treatise on Geochemistry (Eds.: Holland, H. D. and Turekian, K. K.) Elsevier-Pergamon. Oxford, 1–43.

Pesticide Properties DataBase of University of Hertfordshire (UoH), 2015.
<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/452.htm>

NÖVÉNYVÉDŐ SZEREK PRIMER SZEMIRRITÁCIÓS VIZSGÁLATA EPIOCLAR™ SZÖVETMODELL ALKALMAZÁSÁVAL

Buda István^{1} - Lehel József² - Szabó Rita¹ - Budai Péter¹*

¹MATE, Növényvédelmi Intézet Növényvédelmi Tanszék

²Állatorvostudományi Egyetem, Élelmiszer-higiéniai Tanszék

*istvan.buda@toxicoop.com

Összefoglalás

A jelenleg is még széles körben alkalmazott OECD 405 iránymutatást, amelynek alapja a Draize-féle primer szemirritációs teszt, nagyon sok kritika éri az eredmények szubjektív értékelése, de legfőképp a vizsgálatok során felhasznált állatok szenvedése miatt. Napjainkban számos *in vitro* módszer elérhető, melyek a körülményektől függően részben vagy akár teljes mértékben képesek kiváltani ezt az *in vivo* technikát. Ezen módszerek közé tartozik a rekonstruált emberi szaruhártyaszerű hámszöveten (EpiOcular™ szövet) végzett vizsgálat. A vizsgálatokba bevont öt különböző növényvédő szer irritáló hatásának elbírálása az alapján történt, hogy az expozíciós idő alatt milyen mértékben csökkent a sejtek életképessége, amelyet MTT teszttel határoztunk meg. Az öt vizsgált növényvédő szer közül négy mutatkozott irritáló tulajdonságúnak, míg egy vizsgálati anyag esetében nem volt megfigyelhető irritatív hatás az alkalmazott *in vitro* módszer alapján. A vizsgálati anyagok biztonsági adatlapján meglévő *in vivo* eredményekkel összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy az összes vizsgált anyag esetében a saját *in vitro* és az *in vivo* eredmények megegyeztek.

Kulcsszavak: szemirritáció, *in vitro*, Draize teszt, MTT módszer, EpiOcular™ szövet

Abstract

The *in vivo* Draize-test, which is based on the OECD 405 guideline, is one of the most criticized *in vivo* methods, because of the subjective nature of the clinical observations and injuries of the test animals. Nowadays, several *in vitro* tests are available which can be partly or totally replaced the *in vivo* eye irritation testing depending on the circumstances. The EpiOcular™ model is one of these alternative methods. Five different agrochemicals were examined with this method and the irritation potential of the test items were predicted by measurement of their cytotoxic effect, as reflected in the MTT assay, on the EpiOcular™ tissue. Four test items showed irritation potential and one test item did not show irritation potential out of five examined test items. Compared these results with the available information about *in vivo* data of the tested agrochemicals, all test items are corresponded to them.

Keywords: eye irritation, *in vitro*, Draize test, MTT assay, EpiOcular™ tissue

Bevezetés

A növekvő társadalmi nyomás hatására sürgetővé vált olyan alternatív módszerek kifejlesztése, amelyek képesek kiváltani a Draize-féle szemirritációs vizsgálati módszert. Ezen alternatív módszerek közé tartoznak azok az *in vitro* technikák is, ahol szövettenyészetet használva váltják ki a kísérleti állatok felhasználását a toxikológiai vizsgálatokban. Azonban ezek az eljárások jelen formájukban csak bizonyos feltételek mellett alkalmasak az *in vivo* Draize-féle szemirritációs teszt teljes mértékű kiváltására, melynek legfőbb oka, hogy ezen *in vitro* vizsgálati rendszerek viszonylag rövid ideig tarthatók fenn (pár órától maximum pár napig). Így

nem tanulmányozhatók velük megbízhatóan a kémiai irritáció eredményeként jelentkező szövetkárosodások reverzibilitása, mely fontos szempont az irritatív hatás értékelésénél. Ezen hiányosságuk következtében önmagukban jelenleg nem alkalmasak az enyhe és a mérsékelt irritációs potenciálok tanulmányozására. Kísérleteink során öt különböző növényvédőszer irritatív hatását tanulmányoztuk a rekonstruált emberi szaruhártyaszerű hámszöveten (OECD 492, 2019). Vizsgálatunk során célul tűztük ki mind az öt vizsgálati anyag irritációs potenciáljának meghatározását az alkalmazott *in vitro* módszerrel, valamint ezek összehasonlítását a rendelkezésre álló *in vivo* eredményekkel azért, hogy az *in vitro* teszt jövőbeni alkalmazhatóságát is értékelni tudjuk.

Anyag és módszer

A vizsgálatok során a következő növényvédő szerek kerültek felhasználásra: Amega Up, Movento, Orius 20 EW, Systhane 20 EW és Topas 100 EC. A kísérleti anyagokat hígítás nélkül alkalmaztuk. Az EpiOcular™ szöveteken végrehajtott vizsgálatainkat az OECD 492 irányelv alapján végeztük. Az egyéjszakás előinkubációt követően előnedvesítettük az egységek felszínét Dulbecco foszfát pufferelt sóoldattal (DPBS) (20 µl/hámszövet), amit egy fél órán át tartó előinkubáció követett a standard inkubálási körülmények között (37±2 °C, 5±1% CO₂ és ≥95% páratartalom). Ezután történt a kezelés, ahol a vizsgált növényvédő szereket (50 µl/hámszövet) egy pipetta segítségével juttattuk a hámszövet felszínére. Az expozíciós idő minden esetben 30±2 perc volt, amelynek végén a tesztanyagot lemostuk. Első lépésben a hámszövet felszínéről leöntöttük a növényvédő szert, majd ezt követően egy kb. 150 ml DPBS oldatot tartalmazó pohárba merítettük az egységet és körkörös mozgással mostuk. A mosást követően történt az utóáztatás, ahol az egységeket tápközeggel töltött üregekbe helyeztük és 12±2 percen keresztül tartottuk abban. Ezt követően az egységeket friss és előmelegített tápközeggel tartalmazó üregekbe helyeztük és két órán át inkubáltuk standard körülmények

között. Az utóinkubációt követően az egységeket a 3- (4, 5-dimetil-tiazol-2-il) -2, 5-difenil-tetrazolium-bromid (MTT) oldatot tartalmazó üregekbe helyeztük és három órán keresztül standard körülmények között, fénytől védve inkubáltuk. Az élő sejtekben lévő dehidrogenáz enzim hatására a sárga színű MTT átalakul formazánná. A felhámshövet lilás, kékes elszíneződése a képződő formazán csapadéknak volt köszönhető. Az MTT oldattal történő inkubációt követően az egységeket áthelyeztük izopropanollal feltöltött üregekbe, majd az egységeket tartalmazó lemezeket parafilmmel légmentesen lezártuk és 2-3 órán át rázattuk. A rázatást követően az egységeket eltávolítottuk az izopropanolos oldatból. Az egységek eltávolítása után visszamaradt formazán oldatot tartalmazó üregek mindegyikéből $2 \times 200 \mu\text{l}$ -t egy 96 lemez üregeibe pipettáztunk. A kapott minták abszorbanciáját (OD) spektrofotométerrel 570 nm hullámhosszon megmértük az izopropanolt használva vakként ($8 \times 200 \mu\text{l}$). A kapott eredmények értékelését Microsoft Excel program segítségével végeztük el az OECD 492 irányelvben, illetve a módszerhez tartozó szabvány műveleti előírásban szereplő algoritmus alapján. Az EpiOcular™ szöveteken végrehajtott vizsgálati módszer esetében a sejtek átlagos százalékban kifejezett életképességét határozzuk meg a negatív kontrollhoz viszonyítva. Ha a kapott százalékos életképesség a vizsgált vegyi anyag esetében a meghatározott 60%-os küszöbérték vagy annál nagyobb, a vizsgálati anyag nem rendelkezik szemirritációs potenciállal. Azonban, ha a kapott átlagos százalékban kifejezett életképesség a küszöbérték (60%) alatt van, az anyag szemirritálónak tekinthető. Ennek alapján ezzel a módszerrel abban az esetben, ha nem kerül kategóriába (nem kategorizálható), lehetséges a vegyi anyag osztályba sorolása, mint szemirritációs hatást nem okozó anyag. Minden egyéb esetben további *in vivo*, illetve *in vitro* vizsgálatok szükségesek a végső osztályba soroláshoz. A vizsgálatok során párhuzamosan pozitív és negatív kontroll egységeket is alkalmaztunk. A kontroll egységek használata (inkubáció, kezelés, mosás stb.) megegyezett a vizsgálati anyag esetében leírtakkal. A vizsgálatok során alkalmazott pozitív (metil-acetát) és negatív (steril desztillált víz) kontroll

anyagok minden esetben a várt eredményt hozták. Így az elvégzett vizsgálatok érvényesnek tekinthetők.

Eredmények

Az *in vitro* kísérleteink során az EpiOcular™ módszerrel meghatározott átlagos relatív életképesség az Orius 20 EW, a Systhane 20 EW és Topas 100 EC esetében volt a legalacsonyabb. Az Amega Up esetében az *in vitro* EpiOcular™ módszerrel meghatározott átlagos relatív életképesség bár magasabb volt az Orius 20 EW, a Systhane 20 EW és Topas 100 EC esetében mértekhez képest, de mivel nem érte el a küszöbértéket, így az eredmények alapján megállapítottuk, hogy az Amega Up, az Orius 20 EW, a Systhane 20 EW és a Topas 100 EC irritáló tulajdonságúak (1. táblázat). A Movento növényvédő szer esetében az *in vitro* EpiOcular™ módszerrel meghatározott átlagos relatív életképesség jelentősen meghaladta a küszöbértéket, így arra az eredményre jutottunk, hogy a Movento inszekticid nem rendelkezik irritatív hatással (1. táblázat).

1. táblázat A vizsgált növényvédő szerek vizsgálata során az EpiOcular™ módszerrel meghatározott átlagos relatív életképességek, valamint az *in vitro* és *in vivo* irritációs potenciálok

Tesztanyag	EpiOcular™ módszerrel	<i>in vitro</i> irritációs potenciál	<i>in vivo</i> irritációs potenciál*
	meghatározott átlagos relatív életképesség (%)		
Amega Up	16	Irritatív	Irritatív
Orius 20 EW	4	Irritatív	Irritatív
Systhane 20 EW	2	Irritatív	Irritatív
Topas 100 EC	4	Irritatív	Irritatív
Movento	97	Nem irritatív	Nem irritatív

* a biztonsági adatlapok alapján

Eredmények értékelése

Az *in vitro* EpiOcular™ módszerrel kapott kísérleti eredményeinket összehasonlítva a biztonsági adatlapokról elérhető *in vivo* irritációs eredményekkel azt tapasztaltuk, hogy mind az öt növényvédő szer esetében egyezés mutatkozott az *in vitro* és *in vivo* eredmények között, ez 100%-os pontosságot jelent. Az *in vivo* és *in vitro* irritációs eredmények megegyeztek az irritatív és a nem irritatív növényvédő szerek esetében is, így az érzékenység 100%. A vizsgálatba vont növényvédő szerek közül egy (Movento) nem rendelkezett szemirritációs potenciállal az *in vivo* eredmények alapján és négy (Amega Up, Orius 20 EW, Systhane 20 EW, Topas 100 EC) növényvédő szer rendelkezett irritációs potenciállal, amely mind a tévesen pozitív, mind a tévesen negatív eredmény esetében 0%-ot eredményezett (1. táblázat). Ezen összehasonlító eredmények alapján az *in vitro* EpiOcular™ módszer alkalmasnak mutatkozik a folyékony halmazállapotú növényvédő szerek irritációs potenciáljának meghatározására bizonyos korlátok figyelembevételével. Az irritatív hatás esetében ezen *in vitro* módszer nem alkalmas az irritáció súlyosságának (enyhe, mérsékelt, súlyos) megítélésére jelen vizsgálati körülmények között. Kolle és mtsai (2015) 97 db folyékony halmazállapotú mezőgazdasági kémiai anyag irritatív hatását tanulmányozták az *in vitro* BCOP és az EpiOcular™ módszerekkel. Az *in vitro* eredményeik *in vivo* eredményekkel történő összehasonlítása során megállapították, hogy a nem irritatív vegyi anyagok esetében az EpiOcular™ teszttel meghatározott *in vitro* eredmények esetében az érzékenység 91%-os, a specifitás 72%-os és a pontosság 82% volt. Ezek alapján megállapították, hogy az *in vitro* EpiOcular™ teszt jól alkalmazható az ilyen típusú kémiai vegyületek irritatív hatásának vizsgálatára. Az *in vitro* EpiOcular™ teszt elővizsgálati módszerként alkalmas az emlős kísérleti állatok számának csökkentésére. Más szerzők (Budai és mtsai, 2021; Tavaszai és mtsai, 2008) véleményével összhangban elmondhatjuk, hogy az EpiOcular™ teszt további alternatív tesztekkel (HET-

CAM teszt, ICE teszt) kombinálva egy *in vitro* tesztrendszer formájában képesek az *in vivo* teszt teljes irritációs potenciálját lefedő kiváltásra.

Irodalom

Budai, P., Kormos, É., Buda, I., Somody, G. and Lehel, J. 2021. Comparative evaluation of HET-CAM and ICE methods for objective assessment of ocular irritation caused by selected pesticide products. *Toxicology in Vitro*. **47**. 105150.

Kolle, S.N., Moreno, M.C.R., Mayer, W., van Cott, A., van Ravenzwaay, B. and Landsiedel, R. 2015. The EpiOcular™ Eye Irritation Test is the Method of Choice for the *In Vitro* Eye Irritation Testing of Agrochemical Formulations: Correlation Analysis of EpiOcular Eye Irritation Test and BCOP Test Data According to the UN GHS, US EPA and Brazil ANVISA Classification Schemes. *ATLA*. **43**. 181–198.

OECD 405, 2012. Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4, No. 405, „Acute Eye Irritation/Corrosion” 02 October 2012.

OECD 492, 2019. Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 4, No. 492, “Reconstructed human Cornea-like Epithelium (RhCE) test method for identifying chemicals not requiring classification and labelling for eye irritation or serious eye damage” 18 June 2019.

EpiOcular™ Eye Irritation Test (OCL-200-EIT) SOP; For the prediction of acute ocular irritation of chemicals. For use with MatTek Corporation’s Reconstructed Human EpiOcular™ Model (02 February 2021).

Tavaszi, J., Budai, P., Pálovics, A. and Kismányoki, A. 2008. An alternative test battery in detecting ocular irritancy of agrochemicals. *Communications in agricultural and applied biological sciences*. **73**(4). 891-895.

A KADMIUM ÉS A PENDIMETALIN TOXIKUS INTERAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA CSIRKEEMBRIÓN

Szabó Rita^{1} - Major László¹ - Lehel József² - Budai Péter¹*

¹MATE, Növényvédelmi Intézet Növényvédelmi Tanszék

²Állatorvostudományi Egyetem, Élelmiszer-higiéniai Tanszék

*szabo.rita@uni-mate.hu

Összefoglalás

Kísérletünkben a STOMP 330 EC (pendimetalin 330 g/l) herbicid és a környezet fémterhelését modellező kadmium-klorid egyedi és együttes méreghatását vizsgáltuk fejlődő házityúk-embriókon annak igazolása érdekében, hogy a vizsgálati anyagok természetes körülmények között érvényesülő expozíciója toxikus hatású lehet-e.

Kísérleti anyagként 0,01%-os kadmium-klorid-oldatot és a STOMP 330 EC gyomirtó szer 1,25%-os emulzióját alkalmaztuk. A vizsgálat során injektálós kezelési módot alkalmaztunk a keltetés megkezdésének napján. A tojások feldolgozására a keltetés 19. napján került sor, amelynek során lemértük az embriók testtömegét, lejegyeztük az elpusztult embriók számát, valamint megvizsgáltuk az embriók lehetséges fejlődési rendellenességeit. A testtömeg- adatokat varianciaanalízissel (ANOVA) értékeltük, míg az RXC Chi² tesztet az embriómortalitás és a fejlődési deformitások statisztikai értékelésére használtuk.

A STOMP 330 EC herbicid és a kadmium-klorid együttes madárteratológiai vizsgálatának eredményei alapján megállapítható, hogy az együttes kezelés során az önmagában is embriótoxikus kadmiumterhelés mellett a növényvédelmi gyakorlatban alkalmazott STOMP

330 EC gyomirtó szerves kezelés additív formában fokozta az embriótoxicitást, amely az embriók testtömeg-csökkenésében és az embriómortalitás növekedésében nyilvánult meg.

Kulcsszavak: kadmium-klorid, STOMP 330 EC, házityúk-embrió, embriómortalitás, együttes mérgeghatás

Abstract

The aim of this study was to determine the individual and combined toxic effects of STOMP 330 EC herbicide (330 g/l pendimethalin) and cadmium chloride on the development of chicken embryos. On the first day of incubation chicken eggs were injected by 0.1 ml of cadmium chloride solution (0.01%) and/or by 0.1 ml of STOMP 330 EC (1.25%). The chicken embryos were examined on day 19 by the followings: rate of embryo mortality, body weight, type of developmental anomalies. Body weight of the live embryos was evaluated with variance analysis, while RXC Chi² test was used to statistically evaluate embryo mortality and developmental deformities. Our teratogenicity study revealed that the combined administration of cadmium chloride and pendimethalin containing herbicide formulation (STOMP 330 EC) caused a reduction in the body weight of embryos and increased the rate of embryonic mortality. The joint toxic effect of cadmium chloride and STOMP 330 EC is an additive effect compared to the individual toxicity of the test materials.

Keywords: cadmium chloride, STOMP 330 EC, chicken embryo, embryo mortality, joint toxic effect

Bevezetés

A környezet védelme, a természeti értékek megőrzése napjainkra a társadalmi-gazdasági élet szerves részévé vált. Ennek alapvető oka egyrészt a természeti erőforrások egyre gyorsabb

ütemű felhasználása, másrészt a gazdasági tevékenységek során a környezetbe kibocsátott szennyező anyagok növekvő mennyisége. A mezőgazdasági művelésbe vont területek táplálékforrást, búvó- és költőhelyet jelentenek vadmadarainknak. A növényvédelmi munkák során kipermetezett szerek, illetve a művelt területeken nagyobb mennyiségben fellelhető egyéb, akár önmagukban is veszélyt jelentő xenobiotikumok, - többek között nehézfémek, valamint kombinációik - nemcsak a kifejlett madarakra, hanem a tojásban fejlődő embrióra is hatással lehetnek. A gyakorlatban használatos ökotoxikológiai vizsgálati módszerek elsősorban csak az egyedi méreghatás vizsgálatára szorítkoznak, ezért a növényvédő szerek interakciós hatásaira vonatkozó adatok különösen madárszervezetben hiánypótlónak tekinthetők.

Anyag és módszer

A környezeti kadmiumterhelés modellezéséhez 0,01%-os koncentrációjú kadmium-klorid-oldattal (Merck Life Science Kft., Budapest) végeztük az egyedi és együttes kezeléseket.

A 330 g/l pendimetalin hatóanyagú STOMP 330 EC gyomirtó szer (BASF Hungária Kft., Budapest, Magyarország) az egyedi és az együttes kezelések alkalmával gyakorlati permetlé töménységben (1,25%) került felhasználásra. A Farm fajtajú termékeny tyúktojások (Goldavis Kft. Sármellék, Magyarország) keltetése Ragus típusú (Wien, Ausztria) asztali keltetőgépben történt megfelelő hőmérséklet (37-38 °C), páratartalom (65-75%) és a tojások naponta történő forgatása mellett.

A tojások kezelésére (n=40/csoport) a keltetés megkezdésének napján került sor. A vizsgálati anyagokból készült oldatból és/vagy emulzióból az egyedi kezeléseknél 0,1–0,1 ml végtérfogatban, míg az együttes méreghatás vizsgálatoknál kombinációként a kísérleti anyagokból összesen 0,2 ml-t injektáltunk a tojások légkamrájába. Az oldat és emulzió készítéséhez, valamint a kontroll csoport kezeléséhez desztillált vizet használtunk. A kezelést követően megindítottuk a keltetést. A keltetés 19. napján elvégzett kórbonctani feldolgozás

során lemértük az embriók testtömegét, lejegyeztük az elpusztult embriók számát, továbbá értékeltük a makroszkópos fejlődési rendellenességek előfordulásának gyakoriságát és típusát. A testtömeg adatokat varianciaanalízissel értékeltük, az embriómortalitás és a fejlődési rendellenességek statisztikai értékeléséhez az RXC Chi² tesztet alkalmaztuk. A statisztikai értékelés során a szignifikancia minimumértékének a $p < 0,05$ szintet tekintettük.

Eredmények

Kontroll

A desztillált vízzel kezelt kontroll csoportban az elpusztult embriók aránya 5,26%-ot tett ki. Az embriómortalitás aránya sporadikusnak tekinthető, ami lehetővé tette a csoport viszonyítási alapként való alkalmazását. Fejlődési rendellenesség a csoportban nem fordult elő.

Kadmium-klorid

A 0,01%-os kadmium-kloriddal elvégzett egyedi kezelés hatásaként az embriómortalitás mértéke szignifikáns módon ($p < 0,01$) 45,95%-ra emelkedett a kontroll csoportban mért értékekhez viszonyítva. A csoportban három rendellenes fejlődésű embriót találtunk (3/20 db; 15%). A változás a kontroll csoporthoz viszonyítva szignifikáns mértékű ($p < 0,05$). Fejlődési rendellenességként a nyak tengelyének görbületét, hibás lábállást, a felső csőrakáva rövidülését, agysérvet és mindkét szem hiányát tapasztaltuk. A kadmium-klorid injekciója szignifikánsan ($p < 0,001$) csökkentette az embriók testtömegét a kontroll csoportban mért értékekhez képest.

STOMP 330 EC

Az 1,25%-os koncentrációjú STOMP 330 EC-vel történt kezelés 30,77%-os embrióhalandóságot eredményezett. A mortalitás növekedése a kontroll csoporthoz viszonyítva szignifikáns mértékűnek ($p < 0,05$) bizonyult. A herbiciddel kezelt csoportban három esetben diagnosztizáltunk fejlődési rendellenességet (3/27 db; 11,11%). A változás a kontroll csoporthoz mérten szignifikánsnak bizonyult ($p < 0,05$). Fejlődési rendellenességként nyitott

hasüreg, rövidült nyak és rendellenes lábállás jelentkezett. A herbicides kezelés hatására szignifikáns testtömeg-csökkenést ($p < 0,05$) tapasztaltunk a kontroll csoportban mért értékhez képest.

Kadmium-klorid + STOMP 330 EC

A kombinált kezelés 74,36%-os embrióhalandóságot eredményezett. A statisztikai vizsgálat szignifikáns növekedést igazolt mind a kontroll ($p < 0,001$) mind a kadmium-kloriddal (45,95%; $p < 0,05$) és a STOMP 330 EC-vel (30,77%; $p < 0,01$) egyedileg kezelt csoportokhoz viszonyítva. Az együttes kezelés hatásaként egy embrió mutatott fejlődési rendellenességet (1/10 db; 10%). Az eltérés statisztikailag nem volt bizonyítható sem a kontroll, sem az egyedileg kezelt csoportokhoz viszonyítva. Fejlődési rendellenességként a nyak tengelyének görbülete, hibás lábállás és nyitott hasüreg volt megfigyelhető. Az együttes kezelés hatásaként a statisztikai vizsgálat szignifikáns mértékű testtömeg-csökkenést igazolt a kontroll ($p < 0,001$), valamint a STOMP 330 EC-vel ($p < 0,01$) egyedileg kezelt csoportokhoz képest.

Eredmények értékelése

A kadmium-klorid és a pendimetalin hatóanyagú STOMP 330 EC herbicid interakciós madárteratológiai vizsgálatának eredményei alapján megállapítottuk, hogy a kísérleti anyagok együttes alkalmazása során az önmagában is embriótoxikus kadmiumterhelés mellett a növényvédelmi gyakorlatban alkalmazott STOMP 330 EC gyomirtó szeres kezelés additív formában fokozta az embriótoxicitást, amely az embriók szignifikáns mértékű testtömeg-csökkenésében és az embriómortalitás növekedésében nyilvánult meg.

Korábban Kránicz (2017) kísérletében azt tapasztalta, hogy a 0,01%-os kadmium-szulfáttal és a 0,1%-os MYSTIC 250 EC fungiciddal elvégzett bemerítéses kezelés eredményeként a házityúk-embriók testtömege szignifikánsan csökkent, az embriómortalitás és az élő embriók

között a fejlődési rendellenességet mutató egyedek száma nőtt a kontroll csoporthoz viszonyítva, előfordulásuk azonban nem volt jelentős.

Juhász (2009) réz és kadmium nehézfémekkel, valamint Dikamin D és STOMP 330 EC herbicidekkel elvégzett madárteratológiai vizsgálatainak eredményei alapján megállapította, hogy a 0,01%-os kadmium-szulfát oldattal egyedileg és a gyakorlati permetlé töménységű növényvédő szerrel (Dikamin D és STOMP 330 EC) együttesen elvégzett injektálós kezelések embriótoxikusak voltak, amelyek az embrióelhalások és a rendellenes fejlődésű embriók számának emelkedésében nyilvánultak meg.

A kadmium-klorid és a pendimetalin hatóanyagú STOMP 330 EC herbicid injektálós kezeléssel elvégzett interakciós toxikológiai vizsgálatának eredményei jelzik a madárembrió fokozott érzékenységét, amely az együttes kezelés hatására felülmúlja az egyedi kezelések toxikus következményeit. Ezek alapján elmondható más szerzők véleményével összhangban (Budai et al., 2000; 2001; Varga et al., 1999; Várnagy et al., 1996; 2001), hogy az interakciós madárteratológiai vizsgálatok megfelelő érzékenységgel jelzik a testidegen kémiai anyagok együttes expozíciójának eredményeként módosuló egyedi méreghatásokat.

Irodalom

Budai, P., Fejes S., Várnagy, L., Somlyay, I., Molnár, E. and Takács, I. 2000. Toxicity of a mancozeb containing fungicide formulation and lead acetate to chicken embryos after administration as single compounds or in combination. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.* **65**(2b). 881-886.

Budai, P., Fejes, S., Várnagy, L., Somlyay, I. and Takács, I. 2001. Teratogenicity test of dimethoate containing insecticide formulation and heavy elements (Cu, Cd) in chicken embryos after administration as single compounds or in combination. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.* **66**(2b). 885-889.

Juhász É. 2009. Herbicidek (STOMP 330 EC, Dikamin D) és nehézfémek (réz, kadmium, ólom) egyedi és együttes méreghatása madárembriókon. Doktori (PhD) értekezés. Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely.

Kránicz G. 2017. A kadmium-szulfát és a MYSTIC 250 EC fungicid együttes toxicitásának vizsgálata madárembriókon. Diplomadolgozat. Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely.

Varga, T., Hlubik, I., Várnagy, L., Budai, P. and Molnár, E. 1999. Embryonic toxicity of insecticide Sumithion 50 EC and herbicide Fusilade S on pheasant after individual or combined administration. *Acta Vet. Hung.* **47**(1). 123-128.

Várnagy, L., Varga, T., Hlubik, I., Budai, P. and Molnár, E. 1996. Toxicity of the herbicides Flubalex, Fusilade S and Maloran 50 WP to chicken embryos after administration as single compounds or in combination. *Acta Vet. Hung.* **44**(3). 363-376.

Várnagy, L., Budai, P., Molnár, E., Füzesi, I. and FánCSI, T. 2001. Teratogenicity testing of BI 58 EC (38% dimethoate) in chicken embryos with special respect to degradation of the active ingredient. *Acta. Vet. Hung.* **49**. 353-361.

A MOVENTO ÉS A TOPAS 100 EC NÖVÉNYVÉDŐ SZEREK KORAI INTERAKCIÓS TOXICITÁSI VIZSGÁLATA FÁCÁNEMBRIÓKON

Major László^{1} - Budai Péter¹ - Lehel József² - Szabó Rita¹*

¹MATE, Növényvédelmi Intézet Növényvédelmi Tanszék

²Állatorvostudományi Egyetem, Élelmiszer-higiéniai Tanszék

* major.laszlo@phd.uni-mate.hu

Összefoglalás

Vizsgálatunkban kettő, széles körben felhasználásra kerülő növényvédő szer egyedi és együttes méreghatását tanulmányoztuk fejlődő fácánembriókon, a fejlődés kezdeti szakaszában. A 100 g/l spirotramat hatóanyag tartalmú Movento inszekticidet 0,75%-os, míg a 100 g/l triazol típusú, penkonazol hatóanyagot tartalmazó Topas 100 EC fungicidet 0,166%-os koncentrációban alkalmaztuk, ami gyakorlati permetlé töménységnek felelt meg. A vizsgálati anyagokat mikropipettával 0,1 ml végtérfogatban injektáltuk a fácántojások légkamrájába az inkubáció megkezdése előtt. A keltetés harmadik napján a fácánembriókból csírákorong metszeteket készítettünk, amelyek tanulmányozása fénymikroszkóp alatt történt. Az embriómortalitásnak és a fejlődési rendellenességek előfordulási gyakoriságának biometriai elemzését Fisher-féle egzakt teszttel végeztük.

A kísérlet során nyert adatok részletes statisztikai elemzése alapján elmondható, hogy a fejlődési rendellenességet mutató fácánembriók előfordulási gyakorisága fokozódott a rovarölő szerrel és a gombaölő készítménnyel egyedileg és együttesen kezelt csoportokban a kontrollhoz

képest, de az eltérések statisztikailag nem voltak igazolhatók. A kezelések hatására az elváltozások gyengén fejlett test és szikérhálózat formájában jelentkeztek.

A kontrollal összehasonlítva az embrióelhalások száma az egyedileg kezelt csoportokban kismértékben emelkedett. A kombinációs kezelés hatására az embriómortalitás szignifikáns mértékben ($p < 0,05$) növekedett a kontroll csoport viszonyításában. A Movento 0,75%-os és a Topas 100 EC 0,166%-os koncentrációban alkalmazva, egyedileg és együttesen is embriótoxikusnak bizonyult a tojásban fejlődő fácánszervezetre nézve. A malformációk előfordulási gyakoriságából teratogén hatás nem volt igazolható. Az interakcióban a rovarölő szer toxicitása erőteljesebben érvényesült.

Kulcsszavak: spirotetramat, penkonazol, interakció, ökotoxikológia, fácánembrió

Abstract

The aim of this study was to determine the individual and combined toxic effects of Movento, spirotetramat containing insecticide (100 g/l) and Topas 100 EC penconazole containing fungicide (100 g/l) on the early embryonic development of pheasant embryos. The applied concentration of insecticide was 0.75% and that of the fungicide was 0.166%. Emulsions of the test materials were injected in 0.1 ml volume into the air chamber of the pheasant eggs before starting the incubation. On day 3 of incubation in order to study the early stage of development germinal disc was prepared. The embryo mortality and the abnormalities were analysed with Fisher test.

The embryonic mortality and the rate of developmental anomalies were not influenced by the single treatment of test materials. The combined treatment with Movento insecticide and Topas 100 EC fungicide resulted in enhanced embryo toxicity, since the rate of embryonic mortality

found in the combination treatment group was significantly ($p < 0.05$) higher than that obtained in the control group. Developmental abnormalities were sporadic in the treated groups.

The individual and the combined toxic effects of Movento and Topas 100 EC were embryotoxic, however, teratogenic changes were not detected in pheasant embryo. In the interaction, the toxicity of the insecticide was more pronounced.

Keywords: spirotetramat, penconazole, interaction, ecotoxicology, pheasant embryo

Bevezetés

A kémiai növényvédelem során kijuttatott növényvédő szerek a vegyi anyagok környezeti koncentrációjának folyamatos növekedését idézik elő (Szabó, 2009). A termesztett növényeket károsító mikro- és makroorganizmusok elleni peszticidek nem előírás szerinti alkalmazása, a nem megfelelő kijuttatás-technika és a készítmények elsodródása miatti expozícióból adódó veszélyek következtében nem csupán a célszervezetek vannak kitéve a peszticidek toxikus hatásának, hanem a művelt területen, illetve annak közelében élő vagy tartózkodó vadmadarak (fácán, fogoly, fűrj) is, mivel a mezőgazdasági termesztésbe vont területek táplálékforrást, továbbá bűvó- és költőhelyet biztosítanak számukra (Lehel et al., 2014).

A fácán szaporodási periódusa egybeesik a tavaszi kémiai növényvédelmi munkák idejével, ezáltal a kipermetezett szerek nemcsak a kifejlett madarakra, hanem a tojásban fejlődő fécánembrióra is hatással lehetnek (Szabó et al., 2020).

Figyelembe kell venni továbbá, hogy a környezet kémiai terhelése legtöbb esetben komplex módon jelentkezik. Ennek egyik oka lehet, hogy a növényvédelmi gyakorlat során az eltérő biológiai hatású, különböző hatóanyagú peszticidek rendszerint tankkeverékek formájában kerülnek kijuttatásra (Almádi és Nádasy, 1996). Az egyidejűleg jelen lévő vegyi anyagok

egymás méreghatását befolyásolhatják, ezáltal megváltozhat az összességében kifejtett hatás (Várnagy és Budai, 2003).

A madárteratológiai vizsgálatok során alkalmazott injektálásos kezelés lehetővé teszi a madárembrióra gyakorolt közvetlen hatások tanulmányozását, miáltal a vizsgálni kívánt anyag pontosan mért dózisban a tojás tetszőleges részébe - legtöbb esetben a tojás légkamrájába - juttatható (Lutz, 1974). A befecskendezés hátránya, hogy korlátozottan modellezi a környezetben érvényesülő expozíciós viszonyokat (Fejes, 2005).

Vizsgálatunk a Movento rovarölő szer és a Topas 100 EC gombaölő készítmény a fácán embrionális fejlődésének korai szakaszára gyakorolt egyedi és együttes méreghatásának tanulmányozására irányult, annak igazolása érdekében, hogy a növényvédő szerek természetes körülmények között érvényesülő expozíciója embriotoxikus hatású lehet-e.

Anyag és módszer

Kísérletünkben a 100 g/l spirotramat hatóanyagú Movento (Bayer Hungária Kft., Magyarország) inszekticid 0,75%-os, valamint a 100 g/l penkonazol hatóanyag-tartalmú Topas 100 EC (Syngenta Kft., Magyarország) fungicid 0,166%-os emulzióját alkalmaztuk, amelyek gyakorlati permetlé töménységnek feleltek meg. A vizsgálatunk során felhasznált termékeny fácántojások az abádszalóki Hubertus Vadásztársaság (Abádszalók, Magyarország) törzstelepéről származtak.

A fácántojásokat méretük és tömegük alapján hasonló eloszlásban négy csoportba osztottuk (n=10/csoport). A kezelést injektálásos módszerrel hajtottuk végre az inkubáció megkezdése előtt. A tojások héján lyukat fűrtünk, amelyen keresztül a vizsgálati anyagok megfelelő koncentrációjú emulzióit mikropipettával, 0,1 ml végtérfogatban (az együttes kezelés esetében egy tojásba mindkettő vizsgálati anyagból 0,1-0,1 ml-t) injektáltuk a tojások légkamrájába. A lyukakat paraffinnal zártuk le. A fácántojásokat a keltetőbe helyeztük és elindítottuk az

inkubációt. A keltetés RAGUS® (Wien, Ausztria) típusú asztali keltetőgépben történt, az embriófejlődéshez megfelelő hőmérséklet (37,5-37,8°C) és relatív páratartalom (48-65%) biztosítása mellett. A letapadás elkerülése érdekében a keltetőben lévő tojásokat naponta kétszer forgattuk (Nagy, 1994; Bogenfürst, 2004).

A feldolgozásra az inkubáció 3. napján került sor. A vizsgálat során a tojásokat laborcsipesz és olló segítségével a légkamránál felbontottuk. Eltávolításra került a légkamrát fedő méshéj és az embriót határoló héjmembrán, valamint az embrió feletti felesleges tojásfehérjét leöntöttük. A csírákorongra 1 csepp, 0,01%-os ozmium-tetroxidot cseppentettünk, megfestve és fixálva az embriót, ami így könnyebben vizsgálhatóvá vált. Ezt követően szűrőpapír-korongot helyeztünk a csírapajzsra, ami mentén körbevágtuk a szikhártyát. A szűrőpapír-korongról leválasztott fácánembriót madárfiziológiás sóoldatban (0,75tf% NaCl) tárgylemezre úsztattuk, és az így elkészített csírákorong metszeteket fénymikroszkóp alatt tanulmányoztuk (Szabó, 2009). A korai embrionális fejlődési vizsgálatban kapott embriómortalitási adatok és fejlődési rendellenességek biometriai értékelése Fisher-féle egzakt teszt alkalmazásával történt (Baráth et al., 1996).

Eredmények

A kontroll csoportban embrióelhalás és fejlődési rendellenesség nem volt tapasztalható.

A Movenro rovarölő készítmény 0,75%-os emulziójával egyedileg kezelt csoportban a tíz termékeny tojásból két fácánembrió elhalását (20%) detektáltuk a harmadik nap végére. A nyolc élő embrióból kettőnél volt megfigyelhető fejlődési rendellenesség (25%). Mindkét esetben gyengén fejlett test, valamint vérgyűrű és vérszigetek formájában megnyilvánuló, gátolt angiogenezis került feljegyzésre. Az embrióelhalások számának és a fejlődési rendellenességek előfordulási gyakoriságának kismértékű növekedése statisztikailag nem volt igazolható.

A Topas 100 EC fungicid 0,166%-os koncentrációban egyedileg alkalmazva egy fácánembrió pusztulását eredményezte (10%). A mikroszkópos vizsgálat során két élő egyednél (22,22%) mutatkozott fejlődési visszamaradás, gyengén fejlett test és szikérhálózat formájában, így sem az embriómortalitásban, sem pedig a malformációk előfordulási gyakoriságában szignifikáns eltérést a kontroll csoporthoz képest nem tapasztaltunk.

A spirotetramat hatóanyagú Movento inszekticiddel és a penkonazol tartalmú Topas 100 EC gombaölő szerrel elvégzett kombinációs kezelésben a kontroll csoporttal összehasonlítva megállapítható volt az embrióelhalás szignifikáns mértékű növekedése ($p < 0,05$), ellenben a fejlődési rendellenességek statisztikailag igazolható növekedést nem mutattak. A korai embrionális fejlődési vizsgálat során a peszticidek együttes méreghatása négy fácánembrió elhalásában (40%) mutatkozott meg. Két élő embriónál (33,33%) detektáltunk fejlődési visszamaradást (gyengén fejlett test és szikérhálózat).

Eredmények értékelése

A kísérletünkben 0,75%-os koncentrációban alkalmazott Movento rovarölő készítmény és a 0,166%-os töménységben felhasznált Topas 100 EC gombaölő szer egyedileg és együttesen alkalmazva egyaránt embriótoxikus hatásának bizonyult a fácán embrionális fejlődésének korai szakaszában. Kombinációban a spirotetramat hatóanyagú, spirociklusos tetraminsav-származék inszekticid méreghatása határozottabban érvényesült, ami az embriómortalitás szignifikáns mértékű növekedésében mutatkozott meg a kontroll csoporthoz képest. A megfigyelt fejlődési rendellenesség (gyengén fejlett test és szikérhálózat vérgyűrűvel és vérszigetekkel) az embrionális fejlődés további fázisaiban kompenzálódhat, így teratogén hatás nem igazolható. Ezen interakciós madárteratológiai vizsgálat eredménye is alátámasztja a fácánembrió fokozott érzékenységét a növényvédő szerek együttes méreghatására, amely meghaladhatja az egyedi expozíció következményét. Más szerzők véleményével összhangban kijelenthető, hogy az

interakciós madárteratológiai vizsgálatok megfelelő érzékenységgel jelzik a xenobiotikumok együttes expozíciójának eredményeként módosuló egyedi méreghatásokat (Varga et al., 1999; Juhász et al., 2005, 2006; Várnagy et al., 2003; Budai et al., 2012).

A vadmadárfajok között a különböző vegyi anyagokkal szemben érzékenységbeli különbségek állnak fenn (Kertész, 2001). Az expozíció mértékét fokozhatja egyes madárfajok tojásainak nagyobb fajlagos felülete és pórústérfogata. Az *Anatidae* családba tartozó fajok (tőkés réce) spirotetramattal szembeni érzékenysége a *Phasianidae* család fajaihoz, így a fácánhoz képest nagyobb (Maus, 2008).

Irodalmi források megerősítik, hogy a madárembrió első vonalbeli embriótoxicitási és teratológiai vizsgálatokban jól alkalmazható, mivel nagy érzékenységgel reagál a különböző kémiai és fizikai ágensek károsító hatására. A madarak embriogenezisének morfológiai és funkcionális változásai sok szempontból mutatnak hasonlóságot az emlősök embrionális fejlődésével, ami az extrapolációra is lehetőséget ad (Hill and Hoffman, 1984; Pan and Fouts, 1978).

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- Almádi K. és Nádasy M. 1996. Növényvédőszer kémia. Kari jegyzet. Keszthely, 27-99.
- Baráth Cs., Ittész A. és Ugrosdy Gy. 1996. Biometria. Mezőgazda Kiadó. Budapest, 37-217.
- Bogenfűst F. 2004. A keltetés kézikönyve. Gazda Kiadó. Budapest, 42-63.

- Budai, P., Szabó, R., Lehel, J., Kormos, É., Takács, A., Tatai, A. and Somody G. 2012. Toxicity of chlorothalonil containing formulation and Cu-sulphate to chicken. *Communications in agricultural and applied biological sciences*. **77(7)**. 449-455.
- Fejes S. 2005. Egyes nehézfémek és növényvédő szerek egyedi és együttes méreghatásának vizsgálata madárteratológiai tesztben. Doktori (PhD) értekezés. Veszprémi Egyetem, Keszthely, 83-84.
- Hill, E.F. and Hoffman, D.J. 1984. Avian Models for Toxicity Testing. *Journal Of The American College Of Toxicology*. **3(6)**. 357-376.
- Juhász, É., Szabó, R., Keserű, M., Budai, P. and Várnagy, L. 2006. Toxicity of a pendimethalin containing herbicide formulation and three heavy metals in chicken embryos. *Communications in agricultural and applied biological sciences*. **71**. 107-110.
- Juhász, É., Szabó, R., Keserű, M., Fejes, S., Budai, P., Kertész, V. and Várnagy, L. 2005. Early embryogenesis study on a dimethoate containing formulation and Cd-sulphate in chicken embryos. *Communications in agricultural and applied biological sciences*. **70(4)**. 1075-1078.
- Kertész V. 2001. Nehézfémek és PAH-vegyületek embrionális fejlődésre gyakorolt hatása madarakon. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő, 80.
- Lehel J., Szabó R., Gajcsi D., Jakab Cs., Grúz A., Kormos É. és Budai P. 2014. A réz-szulfát és a klórpírifosz interakciós toxicitási vizsgálata csirkeembrión. *Magy. Áo. Lapja*. **136(8)**. 494-500.
- Lutz, H. 1974. Pesticides et reproduction chez les homeothermes. *Bull. Soc. Zool. France*. **1**. 49-50.
- Maus, C. 2008. Ecotoxicological Profile of the Insecticide Spirotetramat. *Bayer CropScience Journal*. **61(2)**. 159-180.
- Nagy E. 1994. Zárt téri vadtartás. In: Köhalmly, T. (Szerk.): Vadászati enciklopédia. Mezőgazda Kiadó. Budapest, 514.

- Pan, H.P. and Fouts, J.R. 1978. Drug metabolism in birds. *Drug Metab. Rev.* **7**. 1-253.
- Szabó R. 2009. Környezetszennyező nehézfémek (réz, kadmium) és herbicidek (Dual Gold 960 EC, Stomp 330 EC) egyedi és együttes toxicitása házityúk-embriókon. Doktori (PhD) értekezés. Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 77-85.
- Szabó, R., Csonka, D., Major, L., Lehel J. and Budai, P. 2020. Toxicity test of individual and combined toxic effects of glyphosate herbicide and heavy metals on chicken embryos. XI. Int. Agric. Symp. *AGROFOR International Journal*. **5**(3). 64-71.
- Varga, T., Hlubik, L., Várnagy, L., Budai P. and Molnár, E. 1999. Embryonic toxicity of insecticide Sumithion 50 EC and herbicide Fusilade S on pheasant after individual or combined administration. *Acta Vet. Hung.*, **47**(1). 123-128.
- Várnagy L. és Budai P. 2003. A mezőgazdasági vegyi anyagok higiénája és toxikológiája. Veszprémi Egyetemi Kiadó. Veszprém, 64-67.
- Várnagy, L., Budai, P., Fejes, S., Susan, M., FánCSI, T., Keserű M. and Szabó, R. 2003. Toxicity and degradation of metolachlor (Dual Gold 960 EC) in chicken embryos. *Communications in agricultural and applied biological sciences*. **68**(4). 807-811.

A KUKORICA FUZÁRIUMOS SZÁRTŐKORHADÁSÁVAL SZEMBENI REZISZTENCIAVIZSGÁLAT MÓDSZERTANI ÉRTÉKELÉSE PROVOKÁCIÓS KÍSÉRLETEKBEN

Kovács Blanka^{1} - Pécs Márton¹ - Gergely László¹ - Szőke Csaba²*

¹Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Mezőgazdasági és Genetikai

Erőforrások Igazgatóság Szántóföldi Fajtakísérleti Osztály

² Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet

*kovacsbl@nebih.gov.hu

Összefoglalás

A kukorica fuzáriumos szártőkorhadása kötelezően vizsgálandó betegségforma az állami fajtaelismerés során. Annak érdekében, hogy évről-évre megfelelő fertőzöttségi körülményeket biztosítsunk a vizsgálatokhoz mesterséges fertőzéses kísérletet állítottunk be 2015-ben és 2019-ben Röjtökmuzsajon és Martonvásáron. Kétféle fertőzési módot vizsgáltunk, talajfertőzést és fogvájós szárfertőzést. Mindkét esetben a *Fusarium verticillioides* és a *Fusarium graminearum* izolátumával fertőztünk 3 különböző fogékonyaságú kukorica genotípust. Eredményeink alapján a kevésbé provokatív talajfertőzéses módszer is alkalmas a genotípusok megkülönböztetésére a fogékonyaság szempontjából. Az izolátumok közül a *Fusarium graminearum* bizonyult patogénebbnek a fogvájós módszer során. A talajfertőzés esetében a *Fusarium verticillioides* nagyobb mértékben fertőzte a közepesen fogékony genotípust, mint a *Fusarium graminearum*. Érdeemes a fertőzést mindkét fajjal elvégezni, hiszen a természetes körülmények között is mindkét faj előfordul.

Kulcsszavak: kukorica, fuzáriumos szártőkorhadás, betegség-provokációs kísérlet mesterséges fertőzési módszerek, fajtaelismerés

Abstract

Fusarium Stalk Rot (FSR) caused by *Fusarium* spp., especially *F. graminearum* and *F. verticillioides* is the No. 1. disease in Hungary. Therefore resistance testing is obligatory in the process of variety registration. In 2015 and 2019 disease-provocation trials were conducted in two locations (Röjtökmuzsaj and Martonvásár) using different methods, soil-inoculation and toothpick-inoculation. Three maize genotypes carrying different level of field resistance were inoculated with Hungarian isolates of *F. graminearum* and *F. verticillioides*. Based on our results, both inoculation techniques are suitable for resistance screening, but we prefer soil-inoculation as a non-invasive way of testing. Of the isolates, *F. graminearum* has shown higher pathogenicity in the toothpick trial. As for soil-inoculation, *F. verticillioides* has caused greater infection on the mid-susceptible genotype, than *F. graminearum*. In the practice of state registration, it is advisable to use both *Fusarium* species in resistance tests because they are prevalent in Hungary.

Keywords: maize, Fusarium Stalk Rot, disease-provocation trial, inoculation methods, variety registration

Bevezetés

A kukoricahibridek fuzáriumos eredetű megbetegedésének rezisztenciavizsgálatára már az 1960-as évek végén figyelmet fordítottak az állami fajtaelismerés során. A bajai Fajtakísérleti Állomáson 1966 óta monokultúrában figyelték meg a kukoricahibrideken a szártőkorhadással szembeni ellenállóságot, fejlesztették a vizsgálati módszertant. Az isaszegi Fajtakísérleti

Állomáson 1969-ben mesterséges fertőzéses kísérletet végeztek csőpenészedéssel szembeni ellenállóság céljából 4 *Fusarium* faj izolátumával (Hinfner és Békési, 1969). A röjtökmuzsaji Fajtakísérleti Állomáson 1959-től monokultúrában van beállítva a kukoricafajtakísérlet. Kezdetben a kísérlet célja a kukorica rostos üszöggel szembeni ellenállóság megfigyelése volt. 1980-tól a fuzáriumos szártőkorhadás és a csőpenészedés megfigyelésének provokációs kísérlete lett.

A szártőkorhadás miatt egyrészt a növény idő előtt elhal, emiatt gyengébb lesz a szentelítődés, ezáltal csökken a csövek mérete és ezerszemtömege is. Az ebből adódó termésnövekedés 6-35 %-tól (Bottalico et al., 1998 és Logrieco et al., 2002) egészen 50-60% is lehet (McKeen, 1951), továbbá a szártőkorhadás okozta szártörés és dőlés, betakarítási veszteséget okoz (Malvick, 1995).

Az állami fajtaelismerés során kizáró tényező, amennyiben egy fajta szártőkorhadásra nagyon fogékony rezisztencia kategóriába vagy ha csőpenészedésre és szártőkorhadásra is közepesnél fogékonyabb kategóriába tartozik a több éves, több termőhelyes vizsgálataink alapján (Ruga-Kovács, 2016).

A kukorica-fajtakísérletek fuzáriumos szártőkorhadás-ellenállóságának adatai a gazdasági értékvizsgálat céljából beállított kísérletekből, illetve monokultúrára alapozott provokációs kísérletekből származnak. A betegség kialakulásában fontos szerepe van az adott év hőmérséklet- és csapadékviszonyainak, a termőhelyi adottságoknak, valamint az agrotechnológiának (Szőke, 2011). A környezeti tényezők közül a szárazság okozta stressz az egyik legnagyobb kockázati tényező, mely növeli a szártőkorhadás kialakulásának a veszélyét (Dodd, 1980). A fajtakísérletekben is azt tapasztaljuk, hogy szárazabb évjáratban több fajtakísérleti állomáson alakul ki nagyobb fertőzési nyomás. Az értékelés során rezisztenciakategóriába való besorolás csak olyan kísérleti helyek alapján történik, amelyeknél legalább 1 hibrid fertőzöttsége elérte a 20 fertőzöttségi db%-ot. Annak érdekében, hogy a 3,

gyakran 2 éves kukorica-fajtavizsgálat során megfelelő fertőzőttségű kísérletből származzon fogékonyági adat, mesterséges fertőzéses kísérleti módszereket vizsgáltunk 2015-ben és 2019-ben.

Anyag és módszer

2015-ben és 2019-ben vizsgáltuk a kukorica fuzáriumos szártőkorhadás mesterséges fertőzéses vizsgálati módszereit Martonvásáron és Röjtökmuzsajon 3 különböző kukorica genotípuson. Mindhárom a FAO 300-as éréscsoportba tartozó kétvonalas hibrid. A fuzáriumos szártőkorhadásra való fogékonyág tekintetében különböztek: egy fogékony, egy közepes fogékonyágú és egy jó ellenállósággal rendelkező genotípuson végeztük a kezeléseket.

Kísérleti elrendezés:

A vizsgálatokat 4 ismétléses, véletlenblokk-elrendezésű kisparcellás kísérletben végeztük. A parcellaméret 4,2 m² volt (1 soros parcellák, 30 db növényrel).

Mesterséges fertőzés:

Felhasznált kórokozók: a *Fusarium graminearum* (FG36) és a *Fusarium verticillioides* (FV95) izolátumai.

Fertőző anyag előállítása:

A talajfertőzéshez használt rizsszemeket és a fogvájós fertőzéshez alkalmazott fogvájókat a beoltások előtt sterilizáltuk. A rizsszemeket a felületi (70%-os etanol/ 2 perc, majd 20%-os hypos oldat + Tween 20 detergens/ 20 perc, 3x desztillált vizes öblítés) és belső (60 °C-os, 2x5 min vízfürdő, majd 121 °C-os 20 perc szárazlevegős) sterilizációjukat követően szobahőmérsékleten sterilboxban megszáritottuk. A fogvájókat 12 órát desztillált vízbe áztattuk, majd ezt követően 1200 egységként befőttesüvegbe raktuk és autoklávban 121 °C-on 20 percig sterilizáltuk. A rizsszemeket 2000 ml-es főzőpohárba mértük, majd a fenti izolátumok 10⁶ konidium/ml-re beállított szuszpenziójának 100 ml-nyi mennyiségével

beoltottuk. A sterilizált fogvájók beoltását szintén a fenti izolátumok PDA táptalajon felnevelt tisztatenyészetekből kivágott 5 mm-es korongjaival (1200 db fogvájó/4 db korong) hajtottuk végre. Az így elkészített egységeket 27 °C-on, 21 napig inkubáltuk. A kontrollként használt steril fogvájókat is a fentiek szerint készítettük el, elhagyva a beoltás lépését.

Talajfertőzés

A talajfertőzést mindkét helyen virágzaskor (július első fele) végeztük 2015-ben és 2019-ben is. A talajfertőzés célja, hogy a talajba juttatott fertőző anyaggal úgy fokozzuk a növényekre ható fertőzési nyomást, hogy az alkalmazott provokáció, minél közelebb álljon a természetes fertőzéshez. A 20 cm tőtávolságra vetett tövek közé 10 cm távolságra lefűrtünk 10-20 cm mélyen, amelybe 70 g fertőzött rizsszemet juttattunk ki (Yang et al., 2010).

Fogvájós fertőzés

A fogvájós fertőzést Young (1943) módszerét adaptálva, a talajfertőzést követően 1-2 héttel, a virágzástól számított 10-12. napon végeztük. A kukoricaszár földfelszínétől számított 2-3 internódiumait először alkohollal feltőtlenítettük, majd ezt követően egy steril, 2 mm átmérőjű kézi lyukfúróval lyukat fűrtünk a 2. internódium közepébe, melybe elhelyeztük a kórokozóval benőtt fogvájókat. A felülfertőzés elkerülése érdekében leukoplasztal lezártuk a szűrt sebeket. Parcellánként 10 növényt fertőztünk. Kontrollként steril fogvájóval is szűrtünk töveket, melyet ugyanúgy lezártunk leukoplasztal.

Értékelés

Októberben történt a szárok begyűjtése. A talajfelszín felett metszőollóval kivágtuk a fertőzött növényegyedeket, majd 3 internódium hosszúságban a szarát felhasítottuk.

A bélszövet korhadásának mértékét vonalzó segítségével határoztuk meg: milliméterpontosan lemértük a fertőzött lézió hosszát és szélességét. A foltot ellipszisnek értelmeztük és a területét az ellipszisre vonatkozó képlettel $((\text{szélesség}/2) * (\text{hosszúság}/2) * 3,14)$ határoztuk meg.

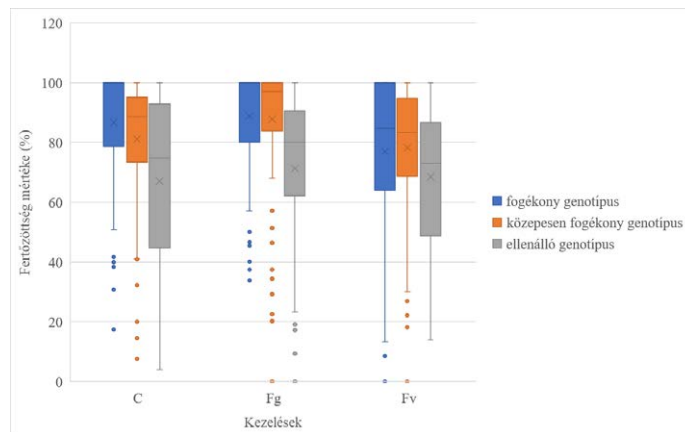
Megmértük továbbá az egész internódium hosszát és szélességét is. A kapott adatok alapján meghatároztuk a teljes terület és az beteg terület egymáshoz viszonyított százalékos arányát.

Alkalmazott statisztikai módszer

Az adatok értékelése során nem paraméteres Kruskal-Wallis próbát és Dunn utótesztet alkalmaztunk Bonferroni korrekcióval SPSS statisztikai programban.

Eredmények

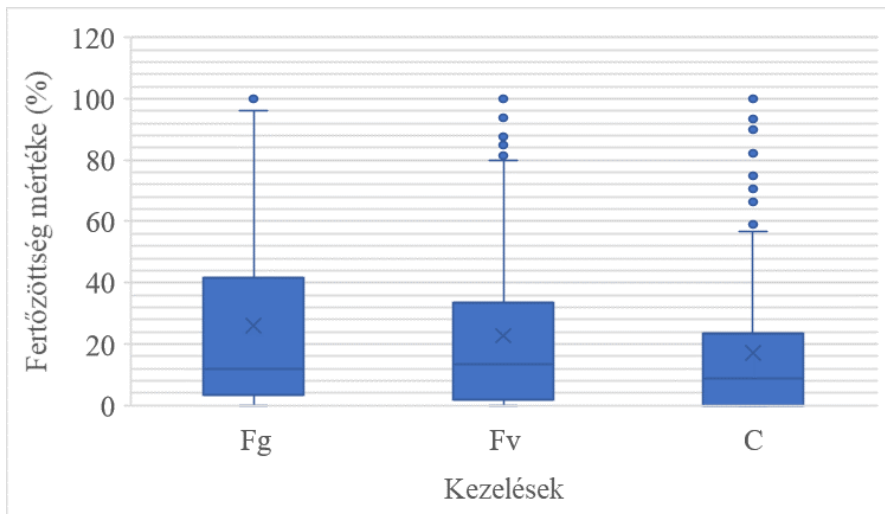
Fogvájós fertőzési módszer fertőzöttségi adatai



1. ábra A fogvájós fertőzés során kialakult fertőzöttség mértéke a felvágott szárak egészséges és beteg rész %-os aránya alapján (C= kontroll, Fg= *Fusarium graminearum*, Fv= *Fusarium verticillioides*) (Röjtőkmuvsaj, Martonvásár 2015 és 2019)

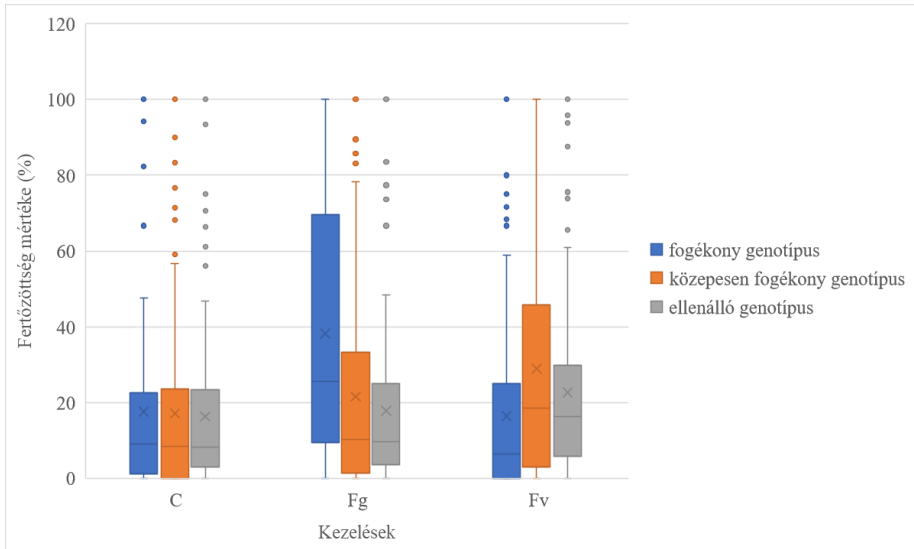
Magas fertőzöttséget okozott a fogvájós módszer a *Fusarium graminearum*, a *Fusarium verticillioides* és a kontrollkezelés esetén (steril fogvájó) is. A legnagyobb mértékben a *Fusarium graminearum* fertőzte a fogékony és a közepesen fogékony genotípust. A közepesen fogékony genotípus esetében is előfordult 100%-ban fertőződött szártó (1. ábra).

Talajfertőzéses módszer fertőzöttségi adatai



2. ábra A talaj-inokuláció okozta fertőzöttségi adatok összehasonlítása a különböző genotípusok átlagában (C= kontroll, Fg= *Fusarium graminearum*, Fv= *Fusarium verticillioides*,) (Röjtökmuzsaj, Martonvásár 2015 és 2019)

Az inokuláció során is a legmagasabb fertőzöttséget a *Fusarium graminearum* okozta, ha a különböző genotípusok fertőzöttségi átlagát értékeltük kezelésként (2. ábra).



3. ábra A talajfertőzés során kialakult fertőzöttség mértéke a felvágott szárak egészséges és beteg rész %-os aránya alapján (C= kontroll, Fg= *Fusarium graminearum*, Fv= *Fusarium verticillioides*,) (Röjtökmuzsaj, Martonvásár 2015 és 2019)

A kezeléseket genotípusonként értékelve, a *Fusarium graminearum* okozta a fogékony genotípus legnagyobb fertőzöttségét. A *Fusarium verticillioides* hatására a közepesen fogékony genotípuson nagyobb mértékű fertőzöttség alakult ki, mint a *Fusarium graminearum* hatására (3. ábra).

Eredmények értékelése

A fogvájós inokulációs módszer fertőzöttségi adatainak értékelése során megállapítható, hogy a fertőzöttségi értékek nagyon magasak voltak (1. ábra). A fogékony genotípus esetében szinte minden tő 80-100% között befertőződött, a közepesen fogékony és az ellenálló genotípus esetében is voltak 80% felett fertőződött tövek. A fertőzöttségi értékek nagysága alapján a genotípusok közötti fogékonyságbeli különbség következetes volt, tehát a legmagasabb

fertőzöttségi értékeket a fogékony, a legalacsonyabbakat az ellenálló genotípus fertőzése eredményezte. A kezelések között volt szignifikáns különbség Kruskal-Wallis próba alapján ($H(2)=25,510$, $P=0,000$). A kezelések páronkénti összehasonlítása Dunn utóteszt alapján megállapítható, hogy a *Fusarium graminearum* okozta fertőzöttség szignifikánsan ($p<0,05$) megkülönböztethető volt a *Fusarium verticillioides* okozta fertőzöttségtől. Nagyobb mértékű fertőzöttséget okozott a *Fusarium graminearum*. Mesterséges csőfertőzéses kísérletek során is a *Fusarium graminearum* erősebb megbetegítőképessége tapasztalható a *Fusarium verticillioides*-hez képest (Mesterházy et al., 2020). A fogvájós mesterséges fertőzés esetében azt tapasztaltuk, hogy a kontrollkezelés következményeként is (sterilfogvájó) nagy mértékű szárfertőzöttség alakult ki. Ennek egyik magyarázata lehet, hogy – ugyan leukoplasztal zártuk a sebzéseket – a szövetroncsolás következményeként a talajban jelenlévő *Fusarium* fajok könnyebben fertőzték a kukoricaszárat a gyökéren keresztül. Mivel a két fuzárium faj közül a *Fusarium verticillioides* fertőzése volt csekélyebb mértékű, mint a kontrollkezelés, azt feltételezhetjük, hogy a felülfertőzést okozó fuzárium faj *Fusarium graminearum* volt.

Az inokuláció adatait vizsgálva, ha a genotípusok fertőzöttségét összevonva értékeljük Kruskal-Wallis próbával (2. ábra), akkor szignifikánsan különböznek a kontrolltól a *Fusarium graminearum* és a *Fusarium verticillioides* kezelések fertőzöttségi adatai is ($H(2)=16,456$, $P=0,000$). Tehát mindkét talajkezelésnek volt provokáló hatása a fertőzöttség kialakulására. A *Fusarium graminearum* fogékony genotípust fertőző kezelése esetén tapasztaltuk a legmagasabb fertőzöttséget. A *Fusarium verticillioides* a kontrollkezeléshez képest nagyobb mértékű fertőzöttséget okozott mindhárom genotípusnál. Azonban ellentmondást tapasztaltunk a genotípusok viselkedésében ennél a kezelésnél, mivel a fogékony kevésbé fertőződött, mint a közepesen fogékony és az ellenálló genotípus. Ha helyenként külön vizsgáltuk az adatokat, akkor is ezt tapasztaltuk.

Össességében megállapítható, hogy a fajtakísérletekben a szártőkorhadás-ellenállóság vizsgálatához szükséges megkülönböztethetőséget biztosíthatjuk talajfertőzéssel provokált mesterséges fertőzéssel. Az értékelés megbízhatósága érdekében előnyös, ha az alkalmazott provokációs módszer nem jár seb ejtésével a növényen.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk az Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetének, hogy lehetőséget biztosított a kísérlet beállítására Martonvásáron, illetve a kivitelezésben nyújtott segítségért.

Irodalom

- Bottalico, A. 1998. Fusarium diseases of cereals: Species complex and related mycotoxin profiles, in Europe. *Journal of Plant Pathology*. **80**. 85-103.
- Dodd, J.L. 1980. The role of plant stresses in development of corn stalk rot. *Plant Disease*. **64**. 533-537.
- Hinfner K. és Békési P. 1969. Kukoricahibridek fuzáriumos eredetű megbetegedésének rezisztenciavizsgálati módszerei. Különlenyomat az 1969. évi Országos Fajtakísérletek című kiadványból 253-267.
- Logrieco, A., Mulè, G., Moretti, A. and Bottalico, A. 2002. Toxigenic Fusarium species and mycotoxins associated with maize ear rot in Europe. *European Journal of Plant Pathology*. **108**. 597–609
- Malvick, D.K. 1995. Corn stalk rots. Department of Crop Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign, *Report on plant disease*. **200**. 1-6

- McKeen, W.E. 1951. A corn root- and stalk-rot complex hitherto known as *Giberella zeae* stalk rot. *Phytopathology*. **41**. 26
- Mesterhazy, A., Toldine Toth, E., Szel, S., Varga, M. and Toth, B 2020. Resistance of Maize Hybrids to *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, and *F. verticillioides* Ear Rots with Toothpick and Silk Channel Inoculation, as Well as Their Toxin Production. *Agronomy*. **10**(9). 1283.
- Ruga-Kovács B. 2016. A kukorica legfontosabb betegségeinek jelentősége a fajtaminősítés tükrében *Agrofórum*. **27**(67). 88-90.
- Szőke Cs. 2011. Kukorica genotípusok fuzáriumos szártőkorhadása és a szár szöveti szerkezete közötti összefüggés-vizsgálatok és hatásuk a szárszilárdságra. Doktori (PhD) értekezés
- Yang, Q, Yin, G, Guo, Y, Zhang, D, Chen S. and Xu, M. 2010. A major QTL for resistance to *Gibberella* stalk rot in maize. *Theor. Appl. Genet.* **121**. 673-687
- Young, H C 1943. The toothpick method of inoculating corn for ear and stalk rots. *Phytopathology*. **33**. 16.

DÍSZFÁK KÉRGÉN REPEDÉST, VÁLADÉKFOLYÁST OKOZÓ BAKTÉRIUMFAJOK AZONOSÍTÁSA

Tenorio-Baigorria Imola¹ - Palkovics László² - Végh Anita^{3}*

*¹NÉBIH, Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratórium Igazgatóság, Növény-
egészségügyi Diagnosztikai Nemzeti Referencia Laboratórium*

*²Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
Növénytudományi Tanszék*

³MATE, Növényvédelmi Intézet

*karacs.vegh.anita@uni-mate.hu

Összefoglalás

Számos nemzetközi és hazai publikációban számolnak be *Brenneria* és *Lonsdalea* nemzetségbe tartozó újabb és újabb baktériumfajokról, melyek kéregrepedést és váladékfolyást okoznak díszfákon. 2019-2021 között Budapest több pontjáról mintákat gyűjtöttünk a közterületek, parkok különböző díszfáiról, kéregrepedésekből, váladékfolyásokból. King B táptalajon tiszta tenyészetet állítottunk elő. A kórokozókat klasszikus (morfológiai, biokémiai, Gram-tulajdonságok, hiperszenzitív reakció és patogenitás vizsgálata) és molekuláris vizsgálati módszerekkel (PCR-16S rRNS) azonosítottuk. Eredményeink alapján a kórokozókat a *Brenneria* nemzetségbe soroltuk. Az utóbbi évek hosszú, meleg és párás nyarai elősegítették a *Brenneria* és *Lonsdalea* fajok megjelenését és terjedését. Részben ez a tényező is hozzájárul ahhoz, hogy hazánkban a közterületek, parkok díszfáin egyre több baktériumfaj kerül leírásra

ezekből a nemzetségekből. A baktériumok elleni védelemben problémát jelent a közterületek növényvédelmi szabályozása, a lombfelület nem megfelelő kezelése, a higiéniai rendszabályok be nem tartása, valamint a hatásos növényvédő szerek hiánya.

Kulcsszavak: kéregbetegség, *Brenneria*, *Lonsdalea*, díszfák

Abstract

In the last few years several reports were published about bacterial species (*Brenneria* and *Lonsdalea* spp.) causing bark cancers on deciduous ornamental trees. Infected trees are characterised by symptoms of woody parts: vertical cracks on trunk and branches, necrosis, cankers from which black or reddish-brownish fluid is oozing. These bacteria cause serious problems in nurseries, public areas and parks. Our purposes were to survey, isolate and identify the causing agents of bark cancers and oozing liquids. Between 2019 and 2021 from several points of Budapest samples were collected. By classical and molecular methods were analysed and verified that *Brenneria* species are responsible for the bark canker diseases on ornamental trees. Their presence on ornamental trees in Hungary is increasing problems of plant protection in urban environment. Pathogens attack primarily older trees which treatment could be solved hardly. There aren't effective appropriate application methods and pesticides against bacteria, the treatments could perform in the evenings or at night – after informing people who lives there.

Keywords: bark canker, *Brenneria*, *Lonsdalea*, ornamental trees

Bevezetés

Az elmúlt évszázadban az erdők faállományára, díszfákra veszélyt jelentő kórokozók száma jelentősen megnőtt (Redondo et al., 2015). Évről évre több új kórokozó és kártevő faj jelenik meg nagy számban, amelyeket korábban sem hazánkban, sem a szomszédos országokban nem gondoltak potenciális problémának (Csóka et al., 2013). A kórokozó fajok invazívá válásában a változó környezeti tényezőknek döntő szerepe van.

A fás szárú növények, díszfák kéregbetegségeinek kezelését illetően jelenleg korlátozott lehetőségek állnak rendelkezésünkre. A klímaváltozás miatt erdeink, parkfáink egészségügyi állapotára egyéb tényezők is befolyással bírnak: az egyre gyakoribb szélsőségek miatt az abiotikus tényezők okozta károkat is számításba kell vennünk. Ez jelentheti az aszályos időszak során végzett öntözést, vagy akár a faápolási munkálatok körülmények elvégzését, különös tekintettel a fán ejtett sebzések elkerülésére. Erre azért van szükség, mert a sebzések utat nyitnak a kórokozóknak, innen pedig egyenes út vezet magához a fertőzéshez (Forrás: TCIA). Ha a klímaváltozásra alapozott előrejelzések akár csak kis hányada is beigazolódik, a jövőre nézve sem valószínű, hogy ezek a negatív trendek fordulatot vesznek. A növényvédelmi problémák jelentősége nőni fog, a kórokozók és kártevők terjedése, globalizációja folytatódik (Csóka et al. 2013).

Az utóbbi években számos nemzetközi és hazai publikáció jelent meg a lombhullató díszfák kéregrepedését, kátrányosodását, feketefolyását okozó baktériumok (*Brenneria nigrifluens*, *Brenneria alni*, *Brenneria rubrifaciens*, *Brenneria salicis*, *Brenneria populi*, *Lonsdalea quercina* subsp. *quercina*) előfordulásáról, azonosításáról.

Hazánkban előforduló *Lonsdalea* és *Brenneria* baktériumfajok közül a *Brenneria salicis* került elsőként leírásra. A fűzfák baktériumos hervadását Győr-Moson-Sopron megyéből jelezték, ugyanis a kórokozó fertőzése következtében nagymértékű fapusztulást figyeltek meg. A baktérium azonosítása klasszikus módszerekkel történt (Németh et al., 1999). Több, mint tíz

évvel később Végh és munkatársai (2015) végezték el a kórokozó azonosítását molekuláris módszerekkel is, miután budapesti fűzfáról is izolálták a baktériumfajt. Végh és munkatársai (2013) számoltak be a *Brenneria nigrifluens* kórokozó magyarországi megjelenéséről. A kórokozó által okozott tüneteket Zánkán figyelték meg, egy házikertben található diófán. A *Brenneria* fajokra jellemző tünetek jelentek meg a fertőzött diófa törzsének kérgén (kéregrepedések és váladékszivárgás). A *Lonsdalea quercina* subsp. *populi* kórokozó első megjelenését Tóth és munkatársai (2013) írták le. A baktériumfaj a nyárfákat fertőzi, rákos sebeket, és fehéres színű nyálkafolyást okoz a fák törzsén. Hazánkban 2016-tól kezdve több díszfán (szil, nyár, nyír, platán, vadgesztenye) előforduló kéregrepedésből, valamint abból előtörő váladékból azonosításra került több *Brenneria* faj is (Dávid, 2015; Galambos, 2016; Gyuris, 2020; Tenorio-Baigorria et al., 2017; 2019).

Anyag és módszer

2019-2021 között mintákat gyűjtöttünk a közterületek, parkok lombhullató díszfáiról (1. ábra). Mintát vettünk azokról a fákról, amelyeknek törzsén rákos sebeket, kéregrepedéseket, valamint azokból szivárgó sötét színű váladékot figyeltünk meg. A mintákat a MATE, Budai Campus, Növényvédelmi Intézet, Növénykörtani Laboratóriumába szállítottuk. A mintákat feldolgoztuk, homogenizáltuk, majd tenyésztettük. Az izolátumokat King B táptalajon (King et al., 1954) tartottuk fenn, tiszta tenyészetet állítottunk elő, és megállapítottuk a kórokozók morfológiai tulajdonságait. Ezt követően klasszikus és molekuláris bakteriológiai módszerekkel is vizsgáltuk az izolált baktériumokat (Garrity et al., 2007). Kálium-hidroxid teszttel meghatároztuk a kórokozók Gram-tulajdonságát. Vizsgáltuk hiperszenzitív reakció kialakulását dohányleveleken (*Nicotiana tabacum* L. cv. 'Xanthi'), melyhez 24 órás tenyészetből készítettünk baktérium szuszpenziót (5×10^7 sejt/ml) (Klement, 1982). Minden kórokozó esetén patogenitási vizsgálatot végeztünk, melyekhez 24 órás tenyészetből készített

baktérium szuszpenziót használtunk a fásdugványok fertőzéséhez. A tüneteket három hónappal az inokulációt követően értékeltük. A molekuláris vizsgálatok során specifikus primerekkel (63f, 1389r) kiemeltük, majd felszaporítottuk a 16S rRNS-t kódoló génszakaszt és meghatároztattuk nukleinsav sorrendjüket (Maniatis et al., 1989). A kapott szekvenciákat összehasonlítottuk a hazánkban már azonosított *Brenneria* izolátumok, valamint az NCBI adatbázisban rendelkezésre álló, szintén kéregbetegséget okozó, különböző országokból, különböző gazdanövényekről származó baktériumfajok szekvenciáival.



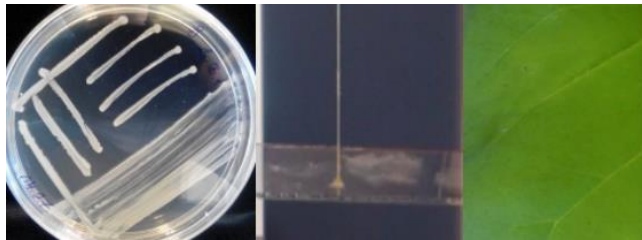
1. ábra Tüneteket mutató díszfák Budapesten

(Fotó: Végh, 2019,2020)

Eredmények értékelése

Az utóbbi években közterületeken, parkokban lévő díszfák törzsén kéregpedéseket figyeltünk meg, melyekből párás és meleg körülmények között sötét színű, vízszerű, esetenként kellemetlen szagú váladék szivárgott. A különböző díszfákról (nyír, platán, vadgesztenye, szil) nyolc izolátumot tudtunk tiszta tenyészetbe hozni, melyek könnyen tenyésztethetőek voltak King B táptalajon. A tenyészetek egyöntetűen sima felületűek, ép szélűek, fehéres színűek voltak, enyhén kékes árnyalattal és enyhén kiemelkedtek a táptalajból. Gram-tulajdonságukat tekintve minden izolátum Gram-negatív volt, mivel a 3%-os KOH oldat oldotta a baktériumok sejtfalát. Az izolátumok 5×10^7 sejt/ml töménységű szuszpenziójával inokulált dohánynövények levelein

nem alakult ki szöveti nekrozis egyik esetben sem (2. ábra). A patogenitás vizsgálatok az izolátumok szuszpenziójával inokulált fásdugványok minden esetben fertőződtek, a tünetek értékelése 3 hónappal a fertőzést követően történt. A nyír, platán, vadgesztenye esetén gyengébb, kevésbé tipikus tünetek alakultak ki, míg a szil esetén ezzel ellentétben az ágak elszáradtak, elhaltak, rajtuk a levelek elbarnultak. A fertőzött dugványokról a kórokozót sikeresen visszaizoláltuk.



2. ábra Klasszikus bakteriológiai vizsgálat eredményei (Fotó: Végh, 2021)

(Balról jobbra: tenyészbélyeg King-B táptalajon; Gram-negatív tulajdonság meghatározás KOH teszttel; hiperszenzitív indukáló képesség vizsgálat negatív-nincs szöveti nekrozis dohánynövény levelén)

A 16S rRNS génszakasz vizsgálatát követően 1300 bázispár hosszúságú termékeket kaptunk. A rendelkezésünkre álló szekvenciákat összevetettük a hazánkban eddig izolált *Brenneria* és *Lonsdalea*, valamint az NCBI adatbázisban rendelkezésre álló, kéregbetegséget okozó, különböző származású *Lonsdalea* és *Brenneria* baktériumfajok szekvenciáival. Izolátumaink szekvenciái legnagyobb mértékben (97-99%) *Brenneria* fajok izolátumaival egyeztek meg, közülük is, legközelebbi rokonságot a *Brenneria nigrifluens* izolátumokkal mutatták.

A kórokozók klasszikus és molekuláris bakteriológiai vizsgálata alapján elmondhatjuk, hogy a kéregpedéseket, váladékfolyást a platán-, szil-, vadgesztenye- és nyírfákon eddigi eredményeink alapján a *B. nigrifluens* kórokozó okozta. A *Brenneria*

nemzetiségbe tartozó baktériumfajok melegkedvelők, az utóbbi évek hosszantartó forró nyarai elősegíthetik a kórokozók felszaporodását, elterjedését hazánkban. A lombhullató díszfák között vannak jó várostűrő fajok, melyek jelenlétükkel télen-nyáron hozzájárulhatnak a nagyvárosokban élő emberek egészségéhez. Ezeknek a fáknek köszönhetően jobb a városok levegője, a forróbb napokon árnyékot biztosítanak, valamint stresszoldó hatásuk is bizonyított. Ezért tartjuk fontosnak a jövőben azonosítani a további, jelen lévő baktériumfajokat is, felmérni elterjedésüket, valamint az ellenük való védekezési lehetőségek kidolgozását (például egészséges szaporítóanyag használata új telepítéseknél, lehetőségekhez mérten eszközök fertőtlenítése).

Köszönetnyilvánítás

„Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-5-MATE-6 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.”

Irodalom

- Csóka Gy., Hirka A., Koltay A. és Kolozs L. 2013. Erdőkárok. Budapest. NÉBIH Erdészeti Igazgatósága és az Erdészeti Tudományos Intézet.
- Dávid O. 2015. A platán új baktériumos betegsége. Diplomamunka. Budapesti Corvinus Egyetem. Budapest.
- Galamboš N. 2016. A brennériás betegség új gazdanövénye a nyír (*Betula pendula* Roth.). Diplomamunka. Szent István Egyetem. Budapest.
- Garrity, G., Brenner, Don J., Krieg, N.R. and Staley, J.R. 2007. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Volume 2: The Proteobacteria. Part B The Gammaproteobacteria. *Springer Science & Business Media*. 2. 587-640.

- Gyuris R. 2020. A vadgesztenyefa injektálása során felmerülő növényvédelmi problémák, Diplomamunka. Szent István Egyetem. Budapest.
- King, E.O., Moore, E.R.B., Vauterin, L., Steenackers, M., Mergaert, J., Verdonck, L. and Swings, J. 1954. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescin. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*. **44**. 301–307.
- Klement, Z. 1982. Hypersensitivity, In: *Phytopathogenic Prokaryotes*, Vol. 2. Mount, M.S. and Lacy, G.H. eds. Academic Press, New York, 147–177.
- Maniatis, T., Sambrook, J. and Fritsch, E.F. 1989. *Molecular cloning: A laboratory manual* (3rd volume). New York: Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor.
- Németh J., Csonka I. és Szabó L. 1999. *Erwinia salicis* okozta fapusztulás fehér fűz állományban. 45. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest. 119.
- Redondo, M.A., Boberg, J., Olsson, C.H.B. and Oliva, J. 2015. Winter conditions correlate with *Phytophthora alni* subspecies distribution in Southern Sweden. *Phytopathology*. **105**(9). 1191-1197.
- Tenorio-Baigorria, I., Végh, A. and Palkovics, L. 2017. Plant protection problems of ornamental trees in public spaces and parks. 15th Wellmann International Scientific Conference, Hódmezővásárhely, 2017. május 3., Book of abstracts. 76-77.
- Tenorio-Baigorria, I., Koltay, A., Karacs-Végh, A. and Palkovics, L. 2019. *Brenneria* and *Lonsdalea* species in Europe. IUFRO 7.03.10. Methodology of forest insect and disease survey in Central Europe Meeting 2019, Recent Changes in Forest Insects and Pathogens Significance 16 - 20 September 2019 Suceava, Romania. Book of abstracts. 84.
- Tóth, T., Lakatos, T. and Koltay, A. 2013. *Lonsdalea quercina* subsp. *populi* subsp. nov., isolated from bark canker of poplar trees. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. **63**. 2309–2313.

Végh A., Tóth A., Zámbó Á., Borsos G. és Palkovics L. 2013. A dió (*Juglans regia* L.) kéregrepedése, feketefolyása: új baktériumos betegség Magyarországon. *Növényvédelem*. **49**(9). 397–401.

Végh A., Soós I. és Palkovics L. 2015. A *Brenneria salicis* baktériumfaj jellemzése, első hazai molekuláris azonosítása. 61. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest. 55.

**A LEANDERRÁK KÓROKOZÓJÁNAK, A *PSEUDOMONAS SAVASTANOI* PV. *NERII* BAKTÉRIUMFAJ
IZOLÁTUMAINAK AZONOSÍTÁSA ÉS
ÖSSZEHASONLÍTÁSA HAZÁNKBAN**

Fodor Attila¹ - Palkovics László² - Juhász Áron¹ - Végh Anita^{1}*

¹MATE, Növényvédelmi Intézet

*²Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
Növénytudományi Tanszék*

*karacs.vegh.anita@uni-mate.hu

Összefoglalás

Hazánkban már régóta népszerű és mutatós dézsás növény a leander. Bárhol, ahol feltűnik, mediterrán hangulatot teremt. Legsúlyosabb betegsége a leanderrák vagy másnéven a leander pszeudomonászos betegsége, amit a *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii* baktérium okoz. A betegség tipikus tünetei a rákos daganatok, melyek a növény összes földfeletti részén képződhetnek. A dísnövények esztétikai értékének csökkenése mellett idővel a növény kondíciója leromlik, és el is pusztulhat. Vizsgálatunkban az ország különböző pontjairól gyűjtött leander növényekből izoláltuk a *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii* kórokozót. Azonosítását, jellemzését, valamint az izolátumok összehasonlítását klasszikus módszerekkel - hiperszenzitív reakció, Gram tulajdonság, biokémiai jellemzők, patogenitási teszt, LOPAT teszt- végeztük el.

Kulcsszavak: *Nerium oleander*, *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii*, leanderrák

Abstract

Oleander (*Nerium oleander* L.) is a popular woody ornamental plant. Unfortunately, a plant pathogenic bacterium, *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii* causes serious disease with neoplastic lesions in all parts of the plant. This disease is called oleander cancer. Between 2020 and 2021 we collected many infected plant parts nationwide and examined the pathogen by classical methods - hypersensitivity reaction, Gram-property, biochemical characteristics (API20 NE), pathogenicity test, LOPAT test.

Keywords: *Nerium oleander*, *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii*, oleander cancer

Bevezetés

A *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii* a *Pseudomonas syringae* fajkomplex tagja, melyet világszerte a legjelentősebb fitopatogén baktériumcsoportnak tekintenek (Mansfield et al., 2012). A betegséget Ferraris (1926) írta le először 1926-ban. Hazánkban Szatmári és munkatársai (1998) izolálták elsőként a kórokozó jelenlétét. *P. savastanoi* pv. *nerii* mellett még három patotípust különíthetünk el: *P. savastanoi* pv. *savastanoi*, *P. savastanoi* pv. *fraxini* és *P. savastanoi* pv. *retacarpa* (Janse, 1981, 1982; Surico et al., 1985; Matas et al., 2009; Young et al., 1996). Az egyes törzsek fenotípusosan és genotípusosan egyaránt heterogének. Számos dísz – *Ligustrum japonicum*, *Retama sphaerocarpa*, *Mandevilla sanderi*, *Myrtus communis*, *Jasminum officinalis*, *Phillyrea* sp., *Forsythia* sp., *Rhamnus alaternus* – és gazdaságilag meghatározó – *Olea europaea*, *Punica granatum*, *Fraxinus* sp. – növényt képesek megfertőzni (Bradbury, 1986; Szatmári et al., 1998; Garcia, 1999; Saad and Hanna, 2002; Eltlbany et al.,

2012; Bozkurt et al., 2014; Cinelli et al., 2014;). Tipikus tünetként sejt túlburjánzást figyelhetünk meg a fertőzött növényi részeken, amiket a baktérium által termelt fitohormonok váltanak ki (Surico and Iacobellis, 1992).

Anyag és módszer

Az ország különböző pontjáról a leander rákra jellemző tipikus tüneteket mutató mintákat gyűjtöttünk 2020-2021 között. A fertőzött növényi részeket a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet, Növénykórtani Tanszék laboratóriumába szállítottuk. A szállítást követően a mintákat 70% etilalkohollal fertőtlenítettük, steril desztillált vízzel homogenizáltuk, táptalajra szélesztettük, és tiszta tenyészetet készítettünk.

A baktériumok tenyésztéséhez King-B táptalajt használtunk (King et al., 1954), amiket szobahőmérsékleten inkubáltunk. A Gram-tulajdonságot 3%-os KOH oldattal határoztuk meg (Gregersen, 1978). A hiperszenzitív reakció vizsgálatához dohánynövény (*Nicotiana tabacum* L. cv. *Xanthi*) levelébe 5×10^7 sejt/ml mennyiségű baktérium szuszpenziót injektáltunk fecskendővel (Klement, 1982). A patogenitási vizsgálat során az egy éves, saját szaporítású leander csemeték hajtásait a második és negyedik internódiumnál $100 \mu\text{l}$ baktérium szuszpenzióval fertőztük. A kontroll növényekbe steril, desztillált vizet injektáltunk. A fertőzött növényeket szobahőmérsékleten pára kamrába helyeztük magas relatív páratartalom (90% feletti) mellett. A biokémiai tulajdonságok vizsgálatához a Biomérieux (France) által gyártott API20 NE tesztsíkokat alkalmaztuk. A gyártó előírásainak megfelelően 5×10^7 sejt/ml töménységű baktérium szuszpenziót juttattunk a zsebekbe, amiket a gyártó által meghatározott színkódok alapján értékeltünk.

A LOPAT teszt során a Levan-termelést 5% cukrot tartalmazó Nutriet agaron vizsgáltuk. Az oxidáz tulajdonság meghatározásához a Biolab által forgalmazott oxidáz tesztsíkot használtuk.

A burgonya rohasztás során, a piacon vásárolt gumókat fertőtlenítettünk, szeletekre vágtuk, és

steril fogpiszkáló segítségével baktérium kolóniákkal fertőztük meg. Kontroll esetében steril desztillált vízbe mártott fogpiszkálóval fertőztünk. Az arginin-dihidroláz termelést ADH táptalajon határoztuk meg. A hiperszenzitív reakció indukáló képesség vizsgálata az előző bekezdésben leírt módon dohánynövényen történt (Lelliott et al., 1966; Schaad et al., 2001; Thornley, 1960).

Eredmények

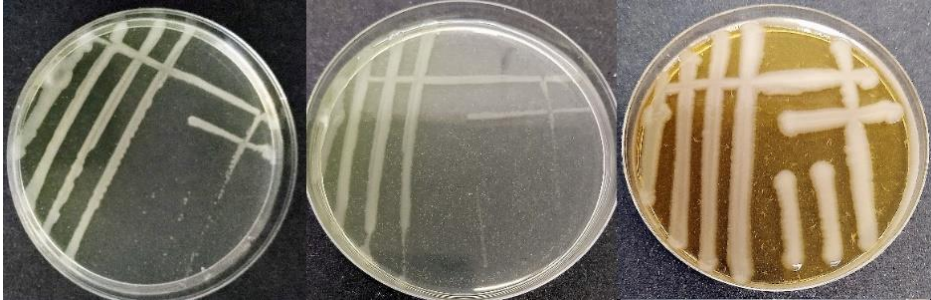
Minden gyűjtött leander mintán a *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii* által kiváltott leander rákra utaló, tipikus tüneteket tapasztaltuk (1. ábra).



1. ábra A leander rák megfigyelt tünetei

Az izolálás során nagymértékben kevert tenyészetek nem voltak jellemzőek. A korai fertőzés szakaszában lévő minták bizonyultak a legjobbnak, amiket a gyűjtés után a lehető leghamarabb feldolgoztunk. King-B táptalajon összesen 25 tiszta tenyészetet (L6, L13, L15, L17, L19, L20, L25, L36, L37, L38, L50, L51, L52, L53, L56, L57, L58, L62, L64, L65, L66, L67, L18, L54, L49) hoztunk létre, melyek könnyen tenyészthetők és fenntarthatók voltak (2. ábra). Apró,

szürkés -fehér színű, szabálytalan szegélyű telepeket figyeltünk meg. A baktériumok fluoreszcens pigmentet termeltek és a táptalajba diffundáltak. Hosszabb inkubálás után (96 óra) két izolátum (L6, L15) a többitől eltérően nem zöld, hanem barna diffundáló pigmentet termelt.



2. ábra Izolátumok tenyészbélyege (L36, L54, L15) King-B táptalajon 24 órás és 96 órás inkubálás után

Minden izolátum Gram-negatív tulajdonságot mutatott, mivel a KOH oldat oltotta az izolátumok sejtfalát. A dohánynövény (*Nicotiana tabacum* L. cv. *Xanthi*) leveleibe inokulált szuszpenziók 24 óra után gyors szöveti nekrozist okoztak (3. ábra).



3. ábra Hiperszenzitív reakció dohánynövény levelén (L13, L36, L50) az inokulálás után 36 órával

A patogenitási teszt során az első tünetek a fertőzés utáni 28. napon jelentkeztek. 46 nap elteltével mindegyik beoltott növényen kialakultak a tipikus tünetek, vagyis az inokulálás helyén rákos sebek jelentek meg. A kontroll növény esetében elváltozásokat nem tapasztaltunk (4. ábra). A mesterségesen fertőzött csemetékről visszaizoláltuk az izolátumok mindegyikét és igazoltuk a Koch posztulátumokat.



4. ábra Patogenitási teszt leander növényen (balról jobbra: kontroll, L58, L18, L56 izolátumok)

Az izolátumok biokémiai tulajdonságait API20 NE kittel hasonlítottuk össze (1. táblázat). Összesen 16 vizsgálat során (nitrát-redukció, indol, D-glükóz fermentáció, L-arginin, ureáz, eszkulin, zselatin, β -galaktozidáz, D-glükóz, D-mannóz, D-mannitol N-acetil-glükózamin, D-maltóz, K-glükonát, kaprilsav asszimiláció, adipinsav asszimiláció) kaptunk pozitív eredményt, mely során izolátumaink eltéréseket mutattak. L-arabinóz, almasav, fenil-ecetsav, Na-citrát teszteken minden izolátum esetében egységesen negatív eredményt tapasztaltunk. Az L15 és L20, az L13 és a L17, valamint az L19, L36, L37, L38, L50, L51, L52, L53, L56, L57, L67, L49 izolátumok biokémiai tulajdonságaikban teljesen megegyeztek.

I. táblázat A vizsgált 25 izolátum AP120 NE teszt eredményei

	NO ₃	TRP	GLU	ADH	URE	ESC	GEL	PNPG	GLU	ARA	MNE	MAN	NAG	MAL	GNT	CAP	ADI	MLT	CIT	PAC
L6	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
L13	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
L15	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L17	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
L19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L20	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L25	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
L36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L58	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

LOPAT tesztek során az összes izolátum azonosan viselkedett. Csak dohánynövényen végzett hiperszenzitív reakciók során kaptunk pozitív eredményeket, a többi teszten negatív eredményt kaptunk (5. ábra).



5. ábra LOPAT teszt eredményei

Eredmények értékelése

A leanderrák betegség kórokozója, a *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii* növénypatogén baktérium jelentős problémát okoz, hiszen a leander (*Nerium oleander*) növények díszítőértékét jelentősen csökkenti. Kutatásunk során hazai, tipikus tünetet mutató mintákat gyűjtöttünk, majd vizsgáltunk meg 2020-2021 között. Ezek a szakirodalomban leírt tünetekhez viszonyítva eltérést nem mutattak (Surico et al., 1985). Izolátumaink King-B táptalajon könnyen tenyésztethők és fenntarthatók voltak. Apró, szürkés -fehér színű, szabálytalan szegélyű telepeket figyeltünk meg (Kavak and Ustun, 2009). Fluoreszcens pigmentet termeltek, de két izolátum a többitől eltérően barna diffundáló pigmentet termelt (Janse, 1981). Minden izolátum Gram-negatív tulajdonságot mutatott, és hiperszenzitív reakciót indukált dohánynövény levelén (Janse, 1982). A patoginitási tesztek során az izolátumokkal való visszafertőzés után a tesztnövényeinken megjelentek a rákos elváltozások, melyek a kórokozó tipikus tünetei. A

mesterségesen fertőzött csemetékről visszaizoláltuk, és klasszikus módszerek alkalmazásával igazoltuk a Koch posztulátumokat. A LOPAT teszt során izolátumaink azonosan viselkedtek, csak a dohánynövényen végzett hiperszenzitív reakció során tapasztaltunk pozitív választ. Így minden izolátum a LOPAT 1b csoportba tartoznak. Ezáltal megállapíthatjuk, hogy izolátumaink a *P. syringae* fajkomplexen belül a csak hiperszenzitív reakciót mutató *Pseudomonas* fajok közé sorolhatók (Janse, 1982). A biokémiai tulajdonságaikat API20NE tesztekkel határoztuk meg. Biokémiai tulajdonságaikban az L15 és L20, az L13 és a L17, valamint az L19, L36, L37, L38, L50, L51, L52, L53, L56, L57, L67, L49 izolátumok teljesen megegyeztek, a többi izolátum eltérő tulajdonságokkal jellemezhető. Más izolátumokkal való összehasonlítást nehezíti, hogy a kórokozó nevezéktana gyorsan változott. Több tanulmány alátámasztja, hogy a *P. savastanoi* pv. *nerii* izolátumok többnyire a nitrátot redukálják. A glükózt, a cellobiózt és a trechalózt hasznosítják, de a mannitot és a szorbitot nem képesek hasznosítani (Kavak and Ustun, 2009; Marchi et al., 2006). Ezen tulajdonságok alapján a korábban vizsgált izolátumokhoz két izolátumunk mutat egyezést, a többi izolátumaink eltérő biológiai tulajdonsággal jellemezhető.

Eredményeink hozzájárulnak hazánkban a leanderrákkal kapcsolatos ismeretek bővítéséhez, valamint újabb adatokat, ismereteket is eredményeztek a kórokozó hazai populációjáról. A kísérletet a jövőben tovább folytatjuk az izolátumok molekuláris vizsgálatával, más fajokkal való összehasonlítással, és újabb izolátumok azonosításával. Emellett a jövőben tervezzük a leanderrák elleni védekezési lehetőségek vizsgálatát is, ezekkel is hozzájárulva a kórokozó elleni hatékony védekezés kidolgozásához.

Köszönetnyilvánítás

Tématerületi Kiválósági Program 2020- Intézményi Kiválóság Alprogram (TKP2020IKA-12) növénynemesítés, növényvédelemmel kapcsolatos kutatások tématerületi programja keretében valósult meg.

Irodalom

- Bozkurt, I.A., Soyly, S., Mirik, M., Ulubas Serce C. and Baysal Ö. 2014. Characterization of bacterial knot disease caused by *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* on pomegranate (*Punica granatum* L.) trees: a new host of the pathogen. *Letters in Applied Microbiology*. **59**. 520–527.
- Bradbury, J.F. 1986. *Guide to Plant Pathogenic Bacteria*. Wallingford, UK: CAB International.
- Cinelli, T., Marchi, G., Cimmino, A., Marongiu, R., Evidente, A. and Fiori, M. 2014. Heterogeneity of *Pseudomonas savastanoi* populations infecting *Myrtus communis* in Sardinia (Italy). *Plant Pathology*. **63**(2). 277–289.
- Eltlbany, N., Prokscha, Z.Z., Castañeda-Ojeda, M.P., Krogerrecklenfort, E., Heuer, H., Wohanka, W., Ramos, C. and Smalla, K. 2012. A new bacterial disease on *Mandevilla sanderi*, caused by *Pseudomonas savastanoi*: lessons learned for bacterial diversity studies. *Applied and Environmental Microbiology*. **78**. 8492-8497.
- Ferraris, T. 1926. *Trattato di patologip e terapia vegetale*, vol. 1, 3rd ed. Hopli, Milan.
- Garcia De Los Rios, J.E. 1999. *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss, a new host of *Pseudomonas savastanoi*. *Phytopathologia Mediterranea*. **38**. 54–60.
- Gregersen, T. 1978. Rapid method for distinction of gram-negative from gram-positive bacteria. *European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology*. **5**(2). 123–127.
- Mansfield, J., Genin, S., Magori, S., Citovsky, V., Sriariyanum, M., Ronald, P. and Foster, G.D. 2012. Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. **13**(6). 614–629.

- Janse, J.D. 1982. *Pseudomonas syringae* subsp. *savastanoi* (ex Smith) subsp. nov., nom. rev., the bacterium causing excrescences on *Oleaceae* and *Nerium oleander* L. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. **32**(2). 166–169.
- Janse, J.D. 1981. The bacterial disease of ash (*Fraxinus excelsior*), caused by *Pseudomonas syringae* subsp. *savastanoi* pv. *fraxini* II. Etiology and taxonomic considerations. *European Journal of Forest Pathology*. **11**(7). 425-438
- Kavak, H. and Ustun, N. 2009. Oleander knot caused by *Pseudomonas savastanoi* pv. *nerii* in Turkey. *Journal of Plant Pathology*. **91**(3). 701-703.
- Klement, Z. 1982: Hypersensitivity, In: Phytopathogenic Prokaryotes, Vol. 2. Mount, M.S. and Lacy, G.H. eds. Academic Press, New York, 147–177.
- King, E.O., Ward, M.K. and Raney, D.E. 1954. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescin. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*. **44**. 301-307.
- Lelliott, R.A., Billing, E. and Hayward, A.C. 1966. A Determinative Scheme for the Fluorescent Plant Pathogenic *Pseudomonads*. *Journal of Applied Bacteriology*. **29**(3). 470–489
- Marchi, G., Sisto, A., Cimmino, A., Andolfi, A., Cipriani, M.G., Evidente, A. and Surico, G. 2006. Interaction between *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* and *Pantoea agglomerans* in olive knots. *Plant Pathology*. **55**(5). 614–624.
- Matas, I.M., Pérez-Martínez, I., Quesada, J.M., Rodríguez-Herva, J.J. Penyalver, R. and Ramos, C. 2009. *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* contains two *iaaL* paralogs, one of which exhibits a variable number of a trinucleotide (TAC) tandem repeat. *Applied and Environmental Microbiology*. **75**. 1030–1035.
- Surico, G. and Iacobellis, N.S. 1992. Phytohormone and olive knot disease. In: Verma, D.P.S. *Molecular Signals in Plant-Microbe Communications*. CRC Press, Boca Raton, USA. 209-227.
- Saad, A.T. and Hanna, L. 2002. Two new hosts of *Pseudomonas savastanoi* and variability in strains isolated from different hosts. *Phytopathology*. **92**. S71.

Schaad, W., Jones, J.B. and Chun, W. 2001. Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. 3rd Edition, American Phytopathological Society, St. Paul, 373.

Szatmári Sz., Khadija E. és Hevesi M. 1998. Daganatképző baktériumok hazai előfordulása. *In* IX. Lippay János-Vas Károly Nemzetközi Tudományos Ülésszak, Növényvédelmi Szekció, 1998. szeptember 16-18., Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Budapest. 340.

Surico, G., Iacobellis, N.S. and Sisto, A. 1985. Studies on the role of indole-3-acetic acid and cytokinins in the formation of knots on olive and oleander plants by *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*. *Physiological Plant Pathology*. **26**. 309–320.

Thornley, M.J. 1960. The differentiation of *Pseudomonas* from other Gram-negative bacteria on the basis of arginine metabolism. *Journal of Applied Bacteriology*. **23**. 37–52.

Young, J.M., Saddler, G.S., Takikawa, Y., De Boer, S.H., Vauterin, L., Gardan, L., Gvozdyak, R.I. and Stead, D.E., 1996. Names of plant pathogenic bacteria 1864-1995. *Review of Plant Pathology*. **75**. 721-763.

**A MIRIGYES BÁLVÁNYFA (*AILANTHUS ALTISSIMA*)
POLLENKONCENTRÁCIÓ MÉRÉSE 2019-2020 KÖZÖTT A
DÉL-ALFÖLDI RÉGIÓBAN**

Vojnich Viktor József¹ - Udvardy Orsolya² - Kajtor-Apatini Dóra² - Szigeti
Tamás² - Magyar Donát²*

¹*Szegedi Tudományegyetem, Mezőgazdasági Kar*

²*Nemzeti Népegészségügyi Központ, Laboratóriumi Főosztály*

*vojnich.viktor@mgk.u-szeged.hu

Összefoglalás

Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kap az inváziós fajokkal kapcsolatos problémakör. Azokon a területeken, ahol a mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*) megjelenik és elszaporodik, az eredeti növényzet degradálódik és átalakul. A bálványfa városi környezetben is nagy jelentőséggel bír, ahol, mint gyomfa épületkárokat, statikai problémákat okoz, és a közműveket veszélyezteti. Emellett említést érdemel, hogy a bálványfa virágpora allergén, bár kisebb jelentőségű, mint a parlagfű pollen. A bálványfa pollenkoncentrációt a dél-alföldi régió (Bács-Kiskun megye, Csongrád-Csanád megye, Békés megye) három megyeszékhelyén (Kecskemét, Szeged, Békéscsaba) mértük a 7-napos Hirst-típusú (Burkard) pollencsapdával. A legnagyobb éves össz pollenzámot 2019-ben detektáltuk Bács-Kiskun megyében (66 db) és Csongrád-Csanád megyében (36 db), míg Békés megyében (16 db) 2020-ban. Békés megyében a 2019-es évi *A. altissima* pollenzám mérésekor csapdahibát észleltünk, emiatt az eredmények

nem használhatók. Munkánk a mirigyes bálványfa dél-alföldi elterjedésének különbségeire hívja fel a figyelmet, amely alapján látható, hogy az egyes városok között több, mint kétszeres különbségek is lehetnek az éves össz pollenszám vonatkozásában.

Kulcsszavak: Dél-alföldi régió, mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*), pollenkoncentráció, allergia, épületkárok

Abstract

Nowadays, there is an increasing emphasis on the problem of invasive species. In areas where the tree of heaven (*Ailanthus altissima*) appears and multiplies, the original vegetation degrades and transforms. The tree of heaven of great importance in urban environments, where it causes building damage, static problems and endangers utilities. In addition, it is worth mentioning that the pollen of *A. altissima* is an allergenic, although less important than ragweed pollen. Pollen concentration of tree of heaven was measured in three counties of the Southern Great Plain region (Bács-Kiskun county, Csongrád-Csanád county, Békés county) with the 7-day Hirst-type (Burkard) pollen trap. The highest annual total pollen count was detected in 2019 in Bács-Kiskun county (66 pieces) and Csongrád-Csanád county (36 pieces), while in Békés county (16 pieces) in 2020. In Békés county, a trap error was detected when measuring the pollen count of *Ailanthus altissima* in 2019, therefore the results cannot be used. Our work draws attention to the differences in the distribution of the tree of heaven in the Southern Great Plain, based on which it can be seen that there can be more than twice the differences between the cities in terms of the total annual pollen count.

Keywords: Southern Great Plain Region, tree of heaven (*Ailanthus altissima*), pollen concentration, allergy, building damage

Bevezetés

A bálványfa (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) a *Simaroubaceae* (bálványfafélék) családjába sorolható. A körülbelül 10 fajt számláló nemzetség elő- és hátsó-indiai, valamint távol-keleti elterjedési súlyponttal rendelkezik. A faj alapváltozata, az *A. altissima* var. *altissima* elsősorban Kína területén honos. A tajvani elterjedésű *A. altissima* var. *tanakai* kérge az alapfajnál sárgásabb, levelei rövidebbek. Az *A. altissima* var. *sutchuenensis* vöröses ágairól ismerhető fel. A nemzetségből a mirigyes bálványfa mellett a molyhos bálványfa (*A. giraldii* Dode) és a tüskés bálványfa (*A. vilmoriniana* Dode) tartozik még a mérsékelt égövi fajok közé (Hegi, 1924; Hu, 1979; Udvardy, 2004).

A bálványfának csak porzós virágokkal rendelkező és hímnős virágú példányai is lehetnek. A virágok laza végálló bugákban nyílnak, zöldessárgák, belül gyapjasak, 5 vagy 6 csésze-, szírom- és termőlevélből állnak. A porzók virágonkénti tagszáma 5+5 vagy 6+6. A virágok sok nektárt termelnek (Barkman, 1988; Bartha, 1994; Udvardy, 1997).

A mirigyes bálványfa a Jangce alsó folyása mentén Északkelet-, Közép-Kínában (Hupej, Honan, Anhuj, Csiangszu; Hunan, Csianghszi és Csöcsiang tartományokban) és Koreában őshonos. A szinantróp elterjedése jelenleg a 22–43° északi szélesség között egészen az 1500–1800 m tengerszint feletti magasságig terjed. Világméretű elterjedése az 1740-es években kezdődött, midőn magvait egy Szibérián át vezető szárazföldi út során Párizsba szállították. Londonban díszfaként ültették 1751-ben. Észak-Amerikába a 18. században került, ahol először díszfaként telepítették az északi városokban. 1856-ban, Dél-Tirol területéről már természetes erdőben előforduló állományáról számolnak be a források. Párizsban már a platánfa pótlására ültették 1875-ben. Manapság a nyugati félteke legnagyobb részén elterjedt. A szubtrópusi és az északi mérsékelt övi területeken gyakran ültetik, így egész Kelet-Ázsiában és Európában, valamint Észak-Amerikában. Kedvezőnek ítélt tulajdonságai miatt az elmúlt évszázadokban

minden lakott földrészén elterjedt (Ascherson and Graebner, 1914; Good, 1974; Böcker and Kowarik, 1982; Kowarik, 1983; Kowarik and Böcker, 1984).

A bálványfa első, 1841–1843-ból származó magyarországi adatai a fafaj mesterséges telepítési kísérleteiről tanúskodnak Villányból. A 20. század közepétől már meghonosodottnak tekinthető az Alföld területén, köszönhetően állományszerű, tudatos telepítéseinek és spontán kivadulásainak. Napjainkban az ország melegebb klímájú dombvidéki, alföldi területein szinte mindenhol előfordul, viszonylag ritka a Nyugat-Dunántúlon és középhegységeink magasabb régióiban (Bartosságh, 1841; Bartosságh, 1843; Soó és Jávorka, 1951; Kovács és Priszter, 1974; Udvardy, 1998).

A mirigyes bálványfát inváziós fajként tartjuk számon (Landenberger et al., 2007). Napjainkban az inváziós fajokkal kapcsolatos problémakör egyre nagyobb hangsúlyt kap. Azokon a területeken, ahol a mirigyes bálványfa megjelenik és elszaporodik, az eredeti növényzet degradálódik és átalakul. A bálványfa városi környezetben is nagy jelentőséggel bír, ahol, mint gyomfa épületkárokat, statikai problémákat okoz, és a közműveket veszélyezteti. Emellett említést érdemel, hogy a bálványfa virágpóra allergén (Mousavi et al., 2017), bár kisebb jelentőségű, mint a parlagfű pollen.

Jelen dolgozatunk célja a mirigyes bálványfára jellemző pollenkoncentráció vizsgálata Magyarország dél-alföldi régiójában.

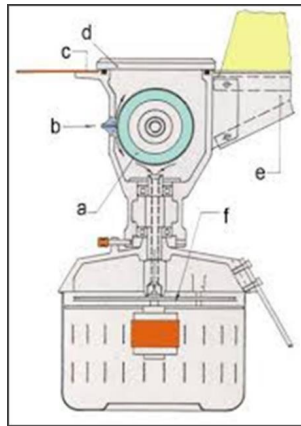
Anyag és módszer

A mirigyes bálványfa pollenkoncentrációját a dél-alföldi régió (Bács-Kiskun megye, Csongrád-Csanád megye, Békés megye) három megyeszékhelyén (Kecskemét, Szeged, Békéscsaba) mértük a 7-napos Hirst-típusú (Burkard) pollensapdával (1. ábra) 2019–2020 között.

A készülék a beszívott levegő pollentartalmát egy ragadós felületű szalagra (Melinex- szalag) ütközteti. A szalagot két órás sávokra osztjuk be és széleitől 6-6 mm távolságra lévő 2 db 0,5

mm-es sávban, 400-szoros nagyításon leszámoljuk a bázikus fukszinnal megfestett pollenszemeket. Az eredményeket 24 órás átlagban, db/m³ egységre kifejezett értékben adjuk meg.

A pollenszezont a következő módon határoztuk meg: a szezon kezdetének azt a napot adtuk meg, amelyen a napi átlag pollenkoncentráció összege eléri a végösszeg 1%-át míg a szezon végén, amikor eléri a 99%-ot.



1. ábra Hirst-típusú (Burkard) pollencsapda.

Eredmények

Bács-Kiskun megyei pollenadatok

A 2019-es évben összesen 66 darab *A. altissima* pollenszemet detektáltuk Kecskeméten. A legtöbb pollenszemet június 7-én számoltuk (14 pollen/m³). Egy évvel később az éves bálványfa pollenszám 54 darab volt, ekkor a legnagyobb mennyiségű (7 pollen/m³) napi *A. altissima* adatot június 11-én és 14-én mértük. 2019-ben a szezonra vonatkozó átlagos pollenkoncentráció 4,4 pollen/m³ volt, a következő évben 1,4 pollen/m³.

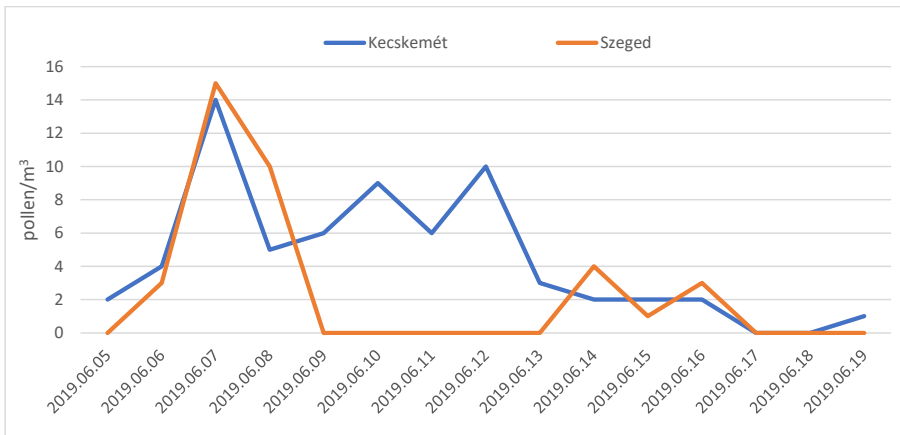
Csongrád-Csanád megyei pollenadatok

2019-ban a teljes bálványfa pollenzám 36 darab volt Szegeden. A legnagyobb mennyiséget június 7-én detektáltuk (15 pollen/m³). A következő évben 33 darab éves *A. altissima* pollenzámot mértünk. A legnagyobb mennyiséget június 24-én és július 4-én (4 pollen/m³) detektáltuk. 2019-ben az átlagérték 3,2 pollen/m³ volt, míg 2020-ban ez az érték 0,5 pollen/m³-re csökkent.

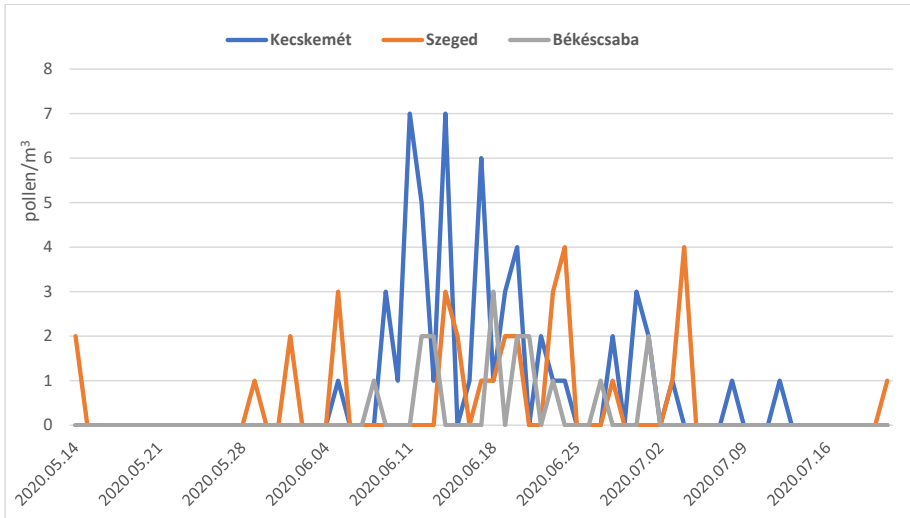
Békés megyei pollenadatok

2019-ben az éves *A. altissima* pollenzám mérésekor csapdahibát észleltünk, emiatt az eredmények nem használhatók. A 2020-as évben a legtöbb bálványfa pollenszemet (3 pollen/m³) június 18-án mértük Békéscsabán. Az éves össz virágpor szám 16 db volt. A 2020-as évben a pollen szezonra vonatkozó átlag 0,7 pollen/m³.

A mirigyes bálványfa 2019. évi napi pollenzám adatait a 2. ábra, a 2020. évi napi virágpor értékeket a 3. ábra ismerteti.



2. ábra *A mirigyes bálványfa légköri pollenzám adatai napi bontásban (2019)*



3. ábra *A mirigyes bálványfa* légköri pollenszám adatai napi bontásban (2020)

Eredmények értékelése

A legnagyobb éves össz pollenszámot 2019-ben detektáltuk Bács-Kiskun megyében (66 db) és Csongrád-Csanád megyében (36 db), míg Békés megyében (16 db) 2020-ban. Békés megyében a 2019-es évi *A. altissima* pollenszám mérésekor csapdahibát észleltünk, emiatt az eredmények nem használhatók.

A növényfajok elterjedtségének mértékéről kétféle módszerrel szerezhetünk adatokat: a növényzet közvetlen felmérésével (pl. országos gyomfelvételezés) vagy közvetett módon, a növények potenciális elterjedésével összefüggő, egyéb adatok összegzésével és térképen történő megjelenítésével. Ez utóbbi csoportba tartoznak a növény termőhelyi igényeit meghatározó környezeti változók (talajtípus, csapadékösszeg, stb.), emberi hatások (pl. vetésszerkezet), de a pollenadó növények esetében fontos információval szolgálnak a légköri pollenkoncentráció mérések adatai is (Thibaudon et al., 2014; McInnes et al., 2017). E célból a több éves pollen adatokat eredménytérképen jelenítjük meg, amelyen a különböző pollenkoncentrációval jellemzett területeket színekkel ábrázoljuk. Vizsgálataink alapján a

pollenzám adatok a mirigyes bálványfa esetében is felhasználhatóak lennének e növényfaj elterjedésének vizsgálatára. Munkánk a mirigyes bálványfa dél-alföldi elterjedésének különbségeire hívja fel a figyelmet, amely alapján látható, hogy az egyes városok között több, mint kétszeres különbségek is lehetnek az éves össz pollenzám vonatkozásában. További kutatásokat tartunk szükségesnek több év adatainak vizsgálatával, amely nagyobb pontosságot tenne lehetővé. Emellett más magyarországi városok pollenadatainak bevonását is tervezzük, amelyek országos térképen ábrázolásával feltárhatjuk a növény elterjedésének térbeli különbségeit.

Más, városi környezetben gyakori pollenadó fás növények (*Acer*-, *Betula*-, *Fraxinus*-, *Moraceae*-, *Platanus*-, *Tilia*-fajok) éves össz pollenzáma (1. táblázat) általában magasabb, mint a bálványfáé (Udvardy et al., 2020; Kajtor-Apatini et al., 2021). Ennek valószínűleg az az oka, hogy e növényeket többnyire városi sorfának ültetik, ezért magasabb az egyedszámuk és a pollen kibocsátásuk, mint a bálványfának. Mivel a bálványfa invazív fajnak számít, nem szerepel városi zöldfelületeken ültetésre javasolt fajokat tartalmazó, ún. Közterületi Sorfák Jegyzékében (Szabó, 2019).

A fák mérete (magassága, a koronavetület sugara) egyes modellszámítások szerint arányos a pollen kibocsátás mértékével (Cariñanos et al., 2014; Magyar és mtsai., 2020). A bálványfát, mint gyomfát, gyakran eltávolítják, mielőtt nagyobb mértet érne el. Ez szintén alacsonyabb pollenzámot eredményez a többi városi fafajhoz képest, amelyek nagyméretű példányai jelentős mennyiségű pollent bocsátanak ki – itt elég csak az idős platánfákra gondolnunk.

A bálványfához hasonló a helyzet a papíreperfa (*Broussonetia papyrifera*) esetében, amely szintén egy invazív, pollenadó, városi környezetben gyakori fafaj. Azonban pollentermelésük nem hasonlítható össze, mert a papíreperfa pollenzemei hasonlóak a többi, *Moraceae* családba tartozó, ültetett fafajéhoz (*Morus alba*, *Morus nigra*), s ezért ezek pollenzámát család szinten összegzik.

1. táblázat Városi sorfának ültetett taxonok éves össz pollenszáma a dél-alföldi régióban (2019-2020)

Allergén növényfajok	Kecskemét		Szeged		Békéscsaba	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
<i>Acer spp.</i>	1.358	996	1.215	673	429	343
<i>Betula spp.</i>	5.234	4.263	3.402	4.251	4.965	3.811
<i>Fraxinus spp.</i>	1.797	2.065	2.615	2.957	1.859	1.818
<i>Moraceae</i>	2.704	---	1.175	---	1.622	---
<i>Platanus spp.</i>	2.411	565	5.815	2.290	903	294
<i>Tilia spp.</i>	---	727	---	312	---	81

A mirigyes bálványfa tömeges megjelenése szinte minden területen (nemzeti parkok, erdészet, városok és települések belterületei) komoly problémát jelent, visszaszorítása több milliós tételeket jelent. A pollenadatok elsősorban a pollenmonitorozást folytató városok belterületeit, közműveit és épületeit veszélyeztető mirigyes bálványfa állományok méretéről szolgáltat információt, amelynek birtokában megalapozhatóak az invazív faj visszaszorítását és az általa eredményezett kár enyhítését célzó intézkedési javaslatok és tervek.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők szeretnék megköszönni Bócsi Erika és Pál Vivien a Nemzeti Népegészségügyi Központ, és Dr. Kiss Edit, Borsos Erika, Hoványiné Kádár Erika, Lukács Mariann és Miklós Tímea a Csongrád-Csanád Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály munkatársainak pollenadatok előállításában végzett munkáját.

Irodalom

- Ascherson, P. and Graebner, P. 1914. Synopsis der Mitteleuropäischer Flora. Leipzig-Berlin, 1. 220-370.
- Barkman, J.J. 1988. New system of plant growth forms and pheno-logical plant types; *In*: Werger, M.J.A., Aart, P.J.M., van der Doring, H.J. and Verhoeven, J.T.A. (eds.): Plant Form and Vegetation Structure. SPB Academic Publishing, *The Hague*. 9-44.
- Bartha D. 1994. Magyarország faóriásai és famatuzsálemei. *Erdészet-történeti közlemények*. **15**. 242.
- Bartosságh, J. 1841. Beobachtungen und Erfahrungen über den Götterbaum (*Ailanthus glandulosa* L.) - Ofen. 47.
- Bartosságh J. 1843. Folytatólagos értesítés a bálványfa (*Ailanthus glandulosa*, Götterbaum) terjedése körül. *Magyar Gazda*. **3**. 298-300.
- Böcker, R. and Kowarik, I. 1982. Der Götterbaum (*Ailanthus altissima*) in Berlin (West). Berlin, *Naturschutzbl.* **26**. 4-9.
- Cariñanos, P., Casares-Porcel, M. and Quesada-Rubio, J.M. 2014. Estimating the allergenic potential in urban green zones: a case study in Granada. *Landscape and Urban Planning*. **123**. 134–144.
- Good, R. 1974. The Geography of the Flowering Plants. Longman, London.
- Hegi, G. 1924. Illustrierte Flora von Mittel-Europa. VII. München.
- Hu, S.Y. 1979. *Ailanthus*. *Arnoldia*. **39**(2). 29-50.
- Kajtor-Apatini D., Magyar D., Udvardy O., Bócsi E., Pál V. és Szigeti T. 2021. A magyarországi Aerobiológiai Hálózat tájékoztatója 2020. Nemzeti Népegészségügyi Központ (2021), Budapest.
- Kovács M. és Priszter Sz. 1974. A flóra és vegetáció változása Magyarországon az utolsó száz évben. *Botanikai Közlemények*. **61**. 185-196.

- Kowarik, I. 1983. Zur Einbürgerung und zum pflanzengeographischen Verhalten des Götterbaumes [*Ailanthus altissima* (MILL.) SWINGLE] in französischen Mittelmeergebiet (Bas-Languedoc). *Phytocoenologia*. **11**. 389-405.
- Kowarik, I. und Böcker, R. 1984. Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Einbürgerung des Götterbaumes [*Ailanthus altissima* (MILL.) SWINGLE] in Mitteleuropa. *Tuexenia*. **4**. 9-29.
- Landenberger, R.E., Kota, N.L. and McGraw, J.B. 2007. Seed dispersal of the non-native invasive tree *Ailanthus altissima* into contrasting environments. *Plant Ecology*. **192**(1). 55-70.
- Magyar D., Páldy A., Szigeti T., Szilágyi A. és Orlóci L. 2020. A potenciális allergénitás felhasználási lehetősége a zöldterületek minősítésében és az allergén terhelés szabályozásában. *Egészségtudomány*. **64**(4). 57-80.
- McInnes, R.N., Hemming, D., Burgess, P., Lyndsay, D., Osborne, N.J., Skjøth, C. A. and Vardoulakis, S. 2017. Mapping allergenic pollen vegetation in UK to study environmental exposure and human health. *Science of the Total Environment*. **599**. 483-499.
- Mousavi, F., Majd, A., Shahali, Y., Ghahremaninejad, F., Shoormasti, R.S. and Pourpak, Z. 2017. Immunoproteomics of tree of heaven (*Ailanthus altissima*) pollen allergens. *Journal of proteomics*. **154**. 94-101.
- Soó R. és Jávorka S. 1951. A magyar növényvilág kézikönyve. I-II. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Szabó K. 2019. Közterületi Sorfák Jegyzéke. Magyar Díszkertészek Szövetsége. Budapest. 1-41.
- Thibaudon, M., Šikoparija, B., Oliver, G., Smith, M. and Skjøth, C.A. 2014. Ragweed pollen source inventory for France-The second largest centre of Ambrosia in Europe. *Atmospheric Environment*. **83**. 62-71.
- Udvardy L. 1997. Fás szárú adventív növények Budapesten és környékén. Kandidátusi értekezés. KÉE Növénytani tanszék és SBK Budapest, kézirat

Udvardy, L. 1998. Spreading and cenological circumstances of tree of heaven [*Ailanthus altissima* (MILL.) SWINGLE] in Hungary. *Acta Botanica Hungarica*. **41**. 299-314.

Udvardy L. 2004. Bálványfa (*Ailanthus altissima* [Mill.] swingle). In: Mihály B. - Botta-Dukát Z. (szerk.): Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények. - A KvVM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei 9., Természet BÚVÁR Alapítvány Kiadó. Budapest, 143-160.

Udvardy O., Kajtor-Apatini D., Magyar D. és Szigeti T. 2020. A magyarországi Aerobiológiai Hálózat tájékoztatója 2019. Nemzeti Népegészségügyi Központ (2020), Budapest.

A PERMETEZŐGÉPEK VIZSGÁLATÁNAK JELENTŐSÉGE A NÖVÉNYVÉDELEMBEN

Kovács László^{1} - Rák Renáta¹ - Béres András¹*

¹MATE, Egyetemi Laborközpont

*kovacs.laszlo@uni-mate.hu

Összefoglalás

A növénytermesztési technológiák egyik fontos eleme a növényvédelem, mely egyrészt a biztonságos termelést, másrészt a kiváló minőségű termények előállítását teszi lehetővé. Jelentős szerepe van a gazdaságos és eredményes termelésben, ugyanakkor kiemelt figyelmet érdemel a környezetre, valamint a növényvédőszer használatból adódó egészségre gyakorolt hatása miatt is. A társadalom tudatos szemléletformálásának eredményeképpen a növényvédelem egyre nagyobb figyelmet kap. A permetezőgép gyártóknál már nem csak a nagy munkabírású, egyszerű használatú, jó ár-érték arányú gépek fejlesztése a cél, hanem a precíziós gazdálkodás igényeit kielégítő, környezetbarát növényvédelmi technológiák alkalmazása is hangsúlyossá válik. A peszticidek mezőgazdasági felhasználásának, így környezeti hatásának csökkentése terén fontos szerepe jut a növényvédelmi gépek műszaki színvonalának, technológiai fejlettségének. Jelen közleményünkben bemutatásra kerül a növényvédelmi gépek forgalmazására, üzemeltetésére vonatkozó jogszabályi környezet és a gépek műszaki színvonalára gyakorolt hatása.

Kulcsszavak: növényvédőgépek, permetezőgép vizsgálat, fenntartható mezőgazdaság

Abstract

An important element of crop production technologies is plant protection, which enables safe production and high-quality crops. It plays a significant role in economic and efficient production and deserves special attention because of its impact on the environment. The technical standard and technological development of plant protection machines play an important role in reducing the agricultural use of pesticides and thus their impact on the environment. Our paper presents the legal environment for the distribution and operation of plant protection machines and their impact on the technical quality of the machines.

Keywords: plant protection machines, sprayer testing, sustainable agricultural

Bevezetés

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE) Egyetemi Laborközpontjához tartozó Növényvédőgép Vizsgálólaboratórium nagy hangsúlyt helyez a növényvédelmi technológiák és eszközök fejlesztésére, vizsgálatára, valamint a gépgyártóknak, forgalmazóknak, illetve a termelőknek nyújtott szolgáltatásai révén a szakterület innovációs folyamatainak elősegítésére. A növényvédőgépek termés biztosításával kapcsolatos jelentőségét felismerve, a MATE jogelődjei már az ötvenes évek elején – lehetőségeikhez képest – igen széles körű vizsgálatokat végeztek kézi, háti, fogatos, motoros és traktorról hajtott gépekkel (Erdei et Flesch, 1969).

1987-ben a megnövekedett gépgyártói igényre, vizsgálati, gépfejlesztési megrendelések határozott követelményeinek kielégítésére épült a 271 m² alapterületű, acélszerkezetű laboratóriumi épület, melyben a növényvédőgépek vizsgálata a legszigorúbb környezetvédelmi előírások betartása mellett történhetett a 2000-es évek elejéig.

A növényvédőgépek műszaki állapotának fejlesztése érdekében a 90-es évek közepétől a nyugati, műszakilag fejlettebb országok gyakorlata alapján kifejlesztették a típusminősítés

követelményrendszerét, a vizsgálatok módszertanát, és meghatározták a szükséges műszerek, berendezések körét.

Ezeket a javaslatokat figyelembe véve a 2000-es évektől a szakminisztérium fokozatosan beépítette a jogszabályokba, alkalmazását kötelezővé tette a gépgyártók és forgalmazók részére. Ezáltal érvényt szerzett a nemzetközi jogszabályok előírásainak, és az azokon alapuló szabványok alkalmazásának. A bevezetett intézkedések hatására a Mezőgazdasági Gépesítési Intézetben létrehozták a jelenlegi Növényvédőgép Vizsgálólaboratóriumot, mely alkalmas a növényvédőgépek és részegységeik (szivattyú, ventilátor, armatúra, szórófej stb.) vizsgálatára. A laboratórium jogszabályi kötelezettségének eleget téve végzi az 5 dm³-nél nagyobb tartállyal rendelkező növényvédőgépek forgalomba hozatal előtti típusminősítési eljárását.

2009. októberében az EU 2009/128/EK direktívában a peszticidek fenntartható használatának elérését célzó intézkedéseket írt elő a tagországoknak. Cselekvési tervet kellett készíteni, valamint az áruterelésben és szolgáltatásban alkalmazott növényvédőgépek időszakos felülvizsgálatának bevezetését határidőhöz kötötte. A Nemzeti Növényvédelmi Cselekvési Terv (2019-2023) alapvető célkitűzései között szerepel a fenntartható növényvédőszerhasználat ösztönzése: növényvédő szerek használatából és a növényvédelmi technológiákból eredő humán egészségügyi és környezetre gyakorolt kockázat csökkentése, illetve alacsony szinten tartása; a talaj, a felszíni és a felszín alatti vizek, a levegő szennyeződésének csökkentése; a légi permetezés során felmerülő kockázati tényezők csökkentése. Ezzel összhangban, 2010. áprilisában a szakminisztérium harmonizálva az EU direktívával rendeletet alkotott a növényvédelmi tevékenységről, szabályozta a használatban lévő gépek időszakos felülvizsgálatát.

Anyag és módszer

A Növényvédőgép Vizsgálólaboratórium 2004. óta akkreditált státusszal rendelkezik az üzemi méretű szántóföldi és ültetvény permetezőgépek műszaki, környezetvédelmi jellemzőinek meghatározására. A szántóföldi permetezőgépek vizsgálatát az MSZ EN 12761-1:2001 és az MSZ EN 12761-2:2001, míg az ültetvény permetezőgépeket az MSZ EN 12761-1:2001 és az MSZ EN 12761-3:2001 szabványok alapján végzi. Szántóföldi permetezésnél a hatásosság és a vegyszerek hasznosulása nagymértékben függ attól, hogy mennyire egyenletesen kerül a célfelületre a permetlé. Ezért a permetezőgépekkel szemben támasztott legfontosabb követelmény a megfelelően egyenletes szórás. A szabvány szerint a permetezés keresztirányú egyenletességét 100 mm osztású vályúson kell a szórókeret mentén meghatározni. A variációs együttható (CV) új gépek esetén maximum 7% lehet, és a mért értékek az átlagtól maximum $\pm 15\%$ -kal térhetnek el. A PESSL Sprayertest 1000 típusú mérőpaddal (1. ábra) végzett vizsgálatnál a 10 db vályút tartalmazó mérőkocsi a talajra fektetett sín pályán haladva 1 m-es szakaszokon végez méréseket.



1. ábra Szántóföldi permetezőgép keresztirányú szórás egyenletességének meghatározása PESSL Sprayertest 1000 típusú mérőpaddal

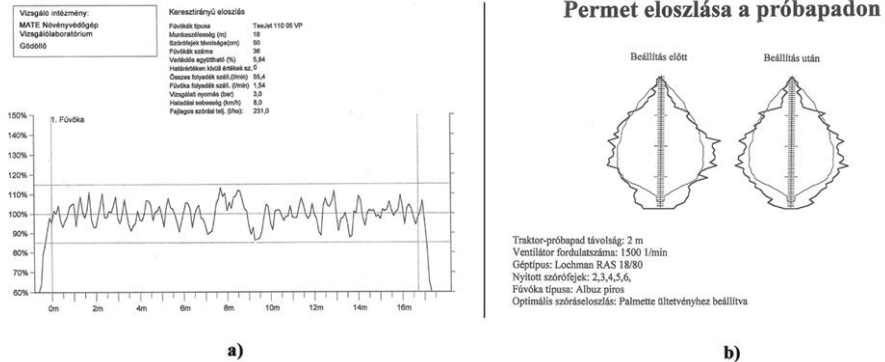
A vályúkban összegyűlt folyadék mennyiségének meghatározása után a kocsit a következő mérési szakaszhoz gördül. A berendezés nem csak laboratóriumi, hanem mobil mérésre is alkalmas. A vizsgálat automatikus, számítógép értékeli a kapott eredményeket (3/a. ábra).

Az ültetvény permetezőgépeknél a szórófejeket, illetve a szórószerkezetet a növényzet elhelyezkedésének megfelelően úgy kell beállítani, hogy a cseppek minél nagyobb arányban a célfelületre jussanak és elkerülhető legyen a permetlé talajra hullása, elsodródása vagy elpárolgása (Dimitrievits et Gulyás, 2011). Az ültetvény permetezőgépek vertikális szórás képét az ültetvény méreteinek és a lombzat méreteinek figyelembevételével kell beállítani. A fedettség egyenletessége és a veszteségek nagysága függ a szórófejek elhelyezésétől és irányától, a fúvókák méretétől, az üzemi nyomástól, a ventilátor által szállított légáram nagyságától, sebességétől, és irányától. A vertikális eloszlás meghatározása mellett a PESSL 4500 mérőberendezés (2. ábra) segítséget nyújt - a kezelt ültetvény jellemzői alapján - a permetezőgép optimális beállításához.



2. ábra PESSL 4500 mérőberendezés

A vizgálatnál a levegő által szállított permet a 4,5 m magasságig elhelyezett lamellákon áramlik át. Eközben a cseppek kiválnak és a magasság függvényében 15 cm szektoronként meghatározásra kerül az összegyűjtött folyadék mennyisége. A szórásképet számítógép modellezi (3/b. ábra).



3. ábra Szórás eloszlás mérés eredménye (a) szántóföldi permetezőgépnél, és (b) ültetvény permetezőgépnél

A permetezőgépek szórás egyenletességét nagyban befolyásolja a fűvókák teljesítményének megfelelősége. A gyártó által meghatározott névleges szállítási teljesítménytől maximum $\pm 15\%$ -kal térhet el. Ültetvény permetezőgépek esetében a szórás kép-szimmetriájának meghatározása PACHLER EP-570 típusú berendezéssel történik (4. ábra). Szántóföldi permetezőgépeknél a fűvóka szállítási teljesítményének meghatározása kézi átfolyásmérővel lehetséges.



4. ábra Ültetvény permetezőgépek szóráskép-szimmetriájának mérése PACHLER EP-570 típusú berendezéssel

A fentiekén túl a laboratórium a műszaki maradvénnyiséget, a permetezőgépek szabályozó berendezéseit-, a manométer pontosságát, a tartályok térfogatát, felületi érdességét, a keverőberendezések hatékonyságát, nyomásesést vizsgál.

Nem akkreditált tevékenység keretében a szántóföldi és ültetvény permetezőgépek, és az egyre nagyobb érdeklődést kiváltó permetező drónok üzemi vizsgálatát (5. ábra), valamint hordozható permetezőgépek, csávázógépek, granulátumszórók vizsgálatát is végzi, amely kiterjed többek között a relatív fedettség, a fajlagos cseppszám és az anyaglerakódás meghatározására.



5. ábra Permetező drón munkaminőségi vizsgálata

Reflektálva a jelen kihívásaira – a gépvizsgálatok által, valamint a géppártókkal együttműködve – elősegíti a korszerű növényvédő gépek és növényvédelmi technológiák fejlesztését, hatékonyságának javítását, és biztosítja a környezetvédelmi előírásoknak megfelelő gépüzemeltetést.

Szaktanácsadás keretén belül segítséget nyújt a növényvédelmi gépek helyes beállítására, szakszerű üzemeltetésre, a környezetvédelmi és gazdaságossági szempontokat figyelembevevő permetezéstechnika gyakorlatára, és a munkaminőségre vonatkozóan.

Eredmények

A laboratórium az ENTAM (European Network for Testing of Agricultural Machines) tagjaként a szervezet követelményeinek megfelelő permetezőgép vizsgálatot is vállal. A vizsgálati eredményekről készült jelentések, tesztek a gazdák számára is elérhetők, gépberuházásoknál döntéselőkészítő információkkal szolgálva, illetve a mezőgazdasági géppártóknak, forgalmazóknak megkönnyíti a határon túli terjeszkedését.

A laboratórium feladatai közé tartozik, hogy a növényvédelmi tevékenységet szabályozó 43/2010 (IV. 23.) FVM rendelet alapján meghatározott szempontok (cseppképzés, szórástechnika) szerint lefolytatja a növényvédelmi gépek forgalomba hozatalának engedélyeztetési eljárását. Az eljárás történhet dokumentumok értékelése, valamint a laboratórium által végzett vizsgálatok eredményei alapján.

A szántóföldi és ültetvény permetezőkön túl, eljárás alá tartoznak a hordozható (motoros, nem motoros) permetezők, csávázógépek, mikrogranulátumszórók. A forgalomba hozatali jegyzék alapján forgalomba hozható permetezőgépek típusonkénti eloszlását az alábbi táblázat mutatja (1. táblázat).

1. táblázat Forgalmazási engedéllyel rendelkező növényvédőgépek típus szerinti megoszlása

Növényvédelmi gépek	Típusok száma
Függesztett kivitelű üzemi szántóföldi permetezőgépek	175
Vontatott kivitelű üzemi szántóföldi permetezőgépek	418
Önjáró kivitelű üzemi szántóföldi permetezőgépek	77
Függesztett kivitelű üzemi ültetvény permetezőgépek	55
Vontatott kivitelű üzemi ültetvény permetezőgépek	171
Hordozható, nem motoros hajtású permetezőgépek	101
Hordozható, motoros hajtású permetezőgépek	99
Csávázógépek	2
Mikrogranulátum szórók	8

A típusminősítési rendszer közel húsz éves működtetése során szerzett tapasztalatok alapján az alább részletezett műszaki problémák merültek föl:

Hordozható kivitelű gépeknél:

- a permetlétartályok záró fedelének tömítettsége nem volt megfelelő,
- a tartályok térfogata egyes esetekben nem érte el még a névleges térfogatot sem, ezáltal nem rendelkeztek tartalék kapacitással,
- a tartályok pillanatnyi töltöttségi szintje, sok esetben nem volt leolvasható a tartályokon elhelyezett szintjelzőről,
- a nyomóvezetékben nem mindig helyeztek el szűrőt, nyomásmérőt,
- a hordozható gépek, valamint a fúvókák azonosítása (típusjelzés, gyártás éve, fúvókák mérete, folyadékszállítás) gyakran nem volt megfelelő.

Üzemi méretű gépeknél előforduló problémák:

- a permetlétartályok olykor nem rendelkeztek a névleges térfogathoz képest előírt minimum 5% tartalék kapacitással,
- a tartályok szintjelzőjének osztása egyes gépeknél nem volt előírásos, a szintjelzők pontossága pedig nem elégítette ki a vonatkozó követelményeket,
- a gépekre szerelt öblítő vizes, valamint a kézmosó vizes tartályok térfogata nem minden esetben volt megfelelő,
- a keverő berendezések, kialakításuk miatt nem tudták biztosítani a kijuttatott permetlé kellő homogenitását,
- a megengedettnél nagyobb mértékű nyomásesés következett be a nem megfelelően kiválasztott, alacsony áteresztő képességű szűrők, szelepek, nyomásszabályozók, valamint a túlságosan kis keresztmetszetű tömlők, alkalmazása miatt,
- a gépekre szerelt manométerek osztása, pontossága sokszor nem volt biztosított,
- az ültetvény (kertészeti) permetezőgépek ventilátorai, fúvókái nem minden esetben elégítették ki a kijuttatás szimmetriájára vonatkozó követelményeket,

- számos esetben nem volt megfelelő a szántóföldi permetezőgépek keresztirányú szóráségyenletessége, amit a szórókeret nem megfelelő kialakítása (szórófejek egymástól való távolsága, az önálló permetlé-ellátással rendelkező szakaszok hossza, a fűvókák nem megfelelő rögzítése), valamint a fűvókák nem megfelelő minősége (ismeretlen gyártótól származó, illetve utángyártott fűvókák) okozott.

A felmerült hiányosságok megszüntetése, a hibák kijavítása a laboratórium szakvéleménye alapján a kérelmezők részéről általában az eljárás időtartama alatt megtörtént. Amennyiben a hibák kijavítása hosszabb időt vett igénybe, a hibák számától és súlyosságától függően vagy 1 évig hatályos, ideiglenes forgalomba hozatali engedélyek kerültek kiadásra, vagy az érintett típusok nem kaptak engedélyt.

Az új gépekre vonatkozó forgalomba hozatali eljárás mellett bevezetésre került a használatban lévő növényvédő gépek időszakos felülvizsgálati rendszere. Jelenleg a kötelezettség az áruterelésben használt növényvédelmi gépekre vonatkozik. A vizsgálatokat 3 évente, az MSZ EN ISO 16122:2015 szabvány szerint végzik a regisztrált vizsgálóállomások. A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) nyilvántartása szerint 2021-ben 104 vizsgálóállomás biztosítja az országos lefedettséget. Az állomások szakembereinek elméleti és gyakorlati alapképzését a NÉBIH szervezésében a MATE Növényvédőgép Vizsgálólaboratóriuma végezte.

A kijuttató berendezések magas színvonalú, növényvédőszer-takarékos és biztonságos, a környezetet legkevésbé szennyező működését elősegítő technológiák fejlesztése jelentősen csökkenti a növényvédelem környezetre gyakorolt hatását. Ennek érdekében a gyártók innovációs tevékenységét a minősítési eljárások mellett a MATE Növényvédőgép Vizsgálólaboratóriuma K+F szolgáltatásaival is segíti.

Eredmények értékelése

A gyártók és forgalmazók a jogszabályokban, valamint szabványokban meghatározott a növényvédőgépekre vonatkozó követelmények ismeretében, valamint a lefolytatott minősítési eljárások eredménye alapján több alkalommal korszerűsítették, továbbfejlesztették gépeiket. Az új gépekre vonatkozó minősítési rendszer, valamint a használt gépek időszakos felülvizsgálati rendszere hozzájárul a gépek kivitelének, műszaki színvonalának folyamatos javulásához, valamint a használt gépek megfelelő műszaki állapotának biztosításához. Ennek eredményeként javul a növényvédelmi beavatkozások hatékonysága, csökken a környezet indokolatlan és szükségtelen vegyszerterhelése.

Irodalom

Erdei J. és Flesch Gy. 1969. A 100 éves Mezőgazdasági Gépkísérleti Intézet története. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat. 129.

https://2015-2019.kormany.hu/download/4/ab/b1000/NCST_%202019_FINAL.pdf

Magyar Szabvány MSZ EN 12761-1:2001 Mező- és erdőgazdasági gépek. Permetező- és folyékonyműtrágya-kijuttató gépek. Környezetvédelem. 1. rész: Általános előírások

Magyar Szabvány MSZ EN 12761-2:2001 Mező- és erdőgazdasági gépek. Permetező- és folyékonyműtrágya-kijuttató gépek. Környezetvédelem. 2. rész: Szántóföldi permetezőgépek

Magyar Szabvány MSZ EN 12761-3:2001 Mező- és erdőgazdasági gépek. Permetező- és folyékonyműtrágya-kijuttató gépek. Környezetvédelem. 3. rész: Szállítólevegős bokor- és faállomány-permetező gépek

Dimitrievits Gy. és Gulyás Z. 2011. A növényvédelem gépesítése. Szaktudás Kiadó Ház. 164.

Magyar Szabvány MSZ EN ISO 16122:2015 Mező- és erdőgazdasági gépek. Használatban lévő permetezőgépek ellenőrzése

TARTALOMJEGYZÉK

A BURGONYA ALTERNATÍV ÉS HERBICIDES GYOMSZABÁLYOZÁSI TECHNOLÓGIÁINAK VIZSGÁLATA	
Dezső Dániel, Pásztor György	1
A NAPRAFORGÓ GYOMSZABÁLYOZÁSI TECHNOLÓGIÁJÁNAK ÉS HERBICID ÉRZÉKENYSÉGÉNEK TANULMÁNYOZÁSA	
Pásztor György, Bakocs Marcell	10
A FAJTAVÁLASZTÁS JELENTŐSÉGE A TERMŐHELYHEZ IGAZÍTOTT TÁPANYAG- UTÁNPÓTLÁSI SZAKTANÁCSADÁS SZEMPONTJÁBÓL	
Kállai Mónika, Szabó Balázs	21
A MELEG VIZŰ VÍZFOLYÁSOK HATÁSA A PETTYESSZÁRNYÚ MUSLICA ÉVES FENOLÓGIÁJÁRA	
Deutsch Ferenc, Kiss Balázs	31
ZALA MEGYEI INTENZÍV ÉS FELHAGYOTT ALMA ÜLTETVÉNYEK PÓKFAUNÁJÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA 2006-OS TALAJCSAPDÁS GYŰJTÉSEK ALAPJÁN	
Körtélyesi Réka, Keresztes Balázs	37
MEGMENTHETI-E A TÖRZSINJEKTÁLÁS A HÁZTÁJI DIÓTERMÉST?	
Kiss Máté, Sörös Csilla, Gutermuth Ádám, Szabó Árpád	52
CSERESZNYELÉGY ELLENI VÉDEKEZÉS TÖRZSINJEKTÁLÁSSAL	
Gyuris Rita, Sörös Csilla, Gutermuth Ádám, Szabó Árpád	74
A FAJTAMINŐSÍTÉS KÉRDÉSE GABONAFÉLÉKBEN TOXIKUS GOMBÁKKAL SZEMBEN. A TERMÉS NEM MINDEN	
Mesterházy Ákos, Szabó Balázs, Berényi Attila, Meszlényi Tamás, Tóth Beáta	85

AGRONOMIC IMPACTS ON FUSARIUM INFECTION AND MYCOTOXIN CONTAMINATION OF WHEAT GRAIN	
Elias El Chami, Josepha El Chami, Ákos Tarnawa, Katalin M. Kassai, Zoltán Kende, Márton Jolánkai	96
NAPRAFORGÓ VETŐMAG CSÍRÁZÁSKORI BETEGSÉGEINEK VIZSGÁLATA	
Kádár Kitti, Pásztor György, Poór Judit, Takács András	105
VÉDEKEZÉS A FEHÉRPENÉSZES ROTHADÁST OKOZÓ <i>SCLEROTINIA SCLEROTIORUM</i> NÖVÉNYKÓROKOZÓ GOMBA ELLEN CICKAFARK OLAJJAL ÉS NÁTRIUM-KLORIDDAL <i>IN VITRO</i> KÖRNYEZETBEN	
Csüllög Kitti, Tarcali Gábor, Ragó Adrienn, Lelesz Judit Éva, Fehér Milán, Kutasy Erika, Virág István Csaba, Biró Györgyi	115
THE POTENTIAL IMPACT OF FLOWER INFECTING BOTRYTIS BUD ROT (<i>BOTRYTIS CINEREA</i> PERS.) ON HEMP (<i>CANNABIS SATIVA</i> L.) SELECTIVE BREEDING	
Gergő Somody, Nikolett Réka Aranyi	126
A <i>BOTRYTIS CINEREA</i> EXTRACELLULÁRIS FEHÉRJEHÁLÓZATÁNAK VIZSGÁLATA TÖMEGSPEKTROMETRIAI, STATISZTIKAI ÉS HÁLÓZATELMÉLETI MÓDSZEREKKEL	
Szám Dorottya, Pogány Miklós, Takács András	138
LISZTHARMAT GOMBÁK AZ EURÓPAI MOGYORÓN (<i>CORYLUS AVELLANA</i>)	
Pintér Csaba, Kövics György, Biró Györgyi, Csüllög Kitti	147
<i>ERWINIA AMYLOVORA</i> BAKTÉRIUMFAJRA ÉRZÉKENY ÉS TOLERÁNS KÖRTEFAJTÁK VIZSGÁLATA	
Varga Dorina, Kocsisné Molnár Gitta	155
POSZT-HARVESZT PESZTICIDEK ALKALMAZÁSTECHNOLÓGIÁJA AZ ÉLELMISZER-BIZTONSÁG FÉNYÉBEN	
Buzás Anna, Lányi Katalin	164

HERBICIDEK FOTOBOMLÁSI FOLYAMATAI, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A KINETIKÁRA ÉS A VÉGTERMÉKEK TOXICITÁSÁRA	
Lányi Katalin	170
NÖVÉNYVÉDŐ SZEREK PRIMER SZEMIRRITÁCIÓS VIZSGÁLATA EPIOCLAR™. SZÖVETMODELL ALKALMAZÁSÁVAL	
Buda István, Lehel József, Szabó Rita, Budai Péter	176
A KADMIUM ÉS A PENDIMETALIN TOXIKUS INTERAKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA CSIRKEEMBRIÓN	
Szabó Rita, Major László, Lehel József, Budai Péter	183
A MOVENTO ÉS A TOPAS 100 EC NÖVÉNYVÉDŐ SZEREK KORAI INTERAKCIÓS TOXICITÁSI VIZSGÁLATA FÁCÁNEMBRIÓKON	
Major László, Budai Péter, Lehel József, Szabó Rita	190
A KUKORICA FUZÁRIUMOS SZÁRTÓKORHADÁSÁVAL SZEMBENI REZISZTENCIAVIZSGÁLAT MÓDSZERTANI ÉRTÉKELÉSE PROVOKÁCIÓS KÍSÉRLETEKBEN	
Kovács Blanka, Pécs Márton, Gergely László, Szőke Csaba	199
DÍSZFÁK KÉRGÉN REPEDÉST, VÁLADÉKFOLYÁST OKOZÓ BAKTÉRIUMFAJOK AZONOSÍTÁSA	
Tenorio-Baigorria Imola, Palkovics László, Végh Anita	210
A LEANDERRÁK KÓROKOZÓJÁNAK, A <i>PSEUDOMONAS SAVASTANOI</i> PV. <i>NERII</i> BAKTÉRIUMFAJ IZOLÁTUMAINAK AZONOSÍTÁSA ÉS ÖSSZEHASONLÍTÁSA HAZÁNKBAN	
Fodor Attila, Palkovics László, Juhász Áron, Végh Anita	219

**A MIRIGYES BÁLVÁNYFA (*AILANTHUS ALTISSIMA*) POLLENKONCENTRÁCIÓ
MÉRÉSE 2019-2020 KÖZÖTT A DÉL-ALFÖLDI RÉGIÓBAN**

Vojnich Viktor József, Udvardy Orsolya, Kajtor-Apatini Dóra, Szigeti Tamás, Magyar

Donát

232

**A PERMETEZŐGÉPEK VIZSGÁLATÁNAK JELENTŐSÉGE A
NÖVÉNYVÉDELEMBEN**

Kovács László, Rák Renáta, Béres András

244

HU ISSN 0239 1260

A kiadásért felelős a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem
Georgikon Campus Főigazgatója.
Készült: Ziegler-nyomda, Keszthely – 120 példányban
Felelős vezető: Ziegler Viktória
Terjedelem: 22,75 A/5-ös ív
