

**ÚJABB TAPASZTALATOK A TÖRZSINJEKTÁLÁS ÉS A
NYUGATI DIÓBUROK-FÚRÓLÉGY (*RHAGOLETIS
COMPLETA* CRESSON, 1929) VONATKOZÁSÁBAN**

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

2021-ben végzett kísérletünk során három rovarölő hatóanyag (abamektin, emamektin-benzoát, acetamiprid) (larvicid) hatását értékeltük törzsinjektálással történő kijuttatás mellett a nyugati dióburok-fúrólégy ellen (*Rhagoletis completa*). Mindeközben mértük a hatóanyag dió burokból kialakuló koncentrációját is. Mindhárom hatóanyaggal végzett törzsinjektálás hatásosnak bizonyult, csökkent a kártétel mértéke a kontrollhoz képest. A burokból visszamért hatóanyag mennyisége minden esetben pozitívan korrelált a larvicid hatással. A peszticid szermaradékok meghatározását UHPLC-MS/MS kapcsolt technika segítségével végeztük. Méréseink során az acetamiprid kivételével sem a friss, sem a szárított dióból nem tartalmazott a megengedett növényvédőszer-maradéknál nagyobb hatóanyag mennyiséget.

Kulcsszavak: *Juglans regia*, törzsinjektálás, nyugati dióburok-fúrólégy, abamectin, emamectin-benzoát, acetamiprid

Abstract

During our experiment in 2021, the insecticidal (larvicidal) effect of the three active ingredient (abamectin, emamectin-benzoate, acetamiprid) by trunk injection has been evaluated against the walnut husk fly (*Rhagoletis completa*). Meanwhile the concentration of the active ingredient in various plant organs was also determined. All three active ingredients used for trunk injection reduced the extent of damage compared to controls. The detected amount of active ingredient in husk was positively correlated with the larvicidal effect all cases. The concentration of the active ingredients was determined by UHPLC-MS/MS analytical method. In the measurements, neither fresh nor dried walnut kernels contained more than the permitted amount of pesticide residue, except of the active ingredient acetamiprid.

Keywords: *Juglans regia*, trunk injection, walnut husk fly, abamectin, emamectin-benzoate, acetamiprid

Bevezetés

Hazánkban a közönséges dió (*Juglans regia*) a legnagyobb mennyiségben termelt héjas gyümölcs, melynek területe 6438 ha (KSH 2021), illetve termésmennyiségének alakulása 5947 t (KSH 2021). Ugyanakkor az utóbbi években a hazai diótermesztés volumene egyre inkább csökkenő tendenciát mutat, amiért főként a nyugati dióburok-fúrólégy (*Rhagoletis completa*, Fam.: Tephritidae) okolható. Ezen invazív kártevő térhódítása Európában jelenleg is zajlik. Magyarországon jelenleg az ország keleti határán tart (Oláh és mtsai., 2017).

Egyes vizsgálatok szerint már két lárva kártétele esetén is képes a dióburok az egész felületre kiterjedően károsodni (Tuba és mtsai., 2012). A lárvák károsításának következtében

másodlagos, szaprofita kórokozók is megjelenhetnek, ami a dióhéjak teljes elfeketedéséért felelős (Coates, 2005). A piacossági mutatókat (sötétebb színű dióbél) is kedvezőtlenül érinti a károsítás (Duso és Dal Lago, 2006; Ohlendorf, 2000).

A törzsinjektálás története egészen Leonardo da Vinci koráig nyúlik vissza (Costonis, 1981; Roach, 1939). Napjainkban a törzsinjektálást elsősorban növényvédelmi célból, másodsorban tápanyagutánpótlásra, vagy fairtási célra, valamint termésmennyiség szabályozásra használják (Doccola és 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 és Wild, 2012; Prasad és Travnick, 1973).

Anyag és módszer

2021-ben diófa törzsinjektálást három hatóanyaggal (abamektin, emamektin-benzoát, acetamiprid) végeztünk Szelevény településen. A kísérlet beállításának helyszínén rovarölő szeres kezelés nélkül történt a diótermesztés az egész ültetvényt érintően. A növényvédő szer törzsbe juttatása, egy speciális nyomásálló gumitasakkal történt (Kiss és mtsai., 2021).

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 injektáláshoz 18 g/l koncentrációjú abamektin, 95 g/l koncentrációjú emamektin-benzoát, 200 g/l acetamiprid hatóanyagú növényvédő szereket használtunk. Az azonos helyszíneken lévő diófák azonos korúak voltak, átlagos törzsátmérőjük 30 ± 2 cm (Szelevény) volt.

1. táblázat Bonitálási csoportok a dióhéjon látható folt alapján

foltos termékek gyakorisága	0%	1-10%	11-50%	50-74%	75-99%	100%
egyedi termésen látható legnagyobb folt kiterjedése a burok felületének arányában	0%	1-10%	11-50%	50-74%	75-89%	>90%
Bonitálási érték	0	1	2	3	4	5
gazdasági szempontú elfogadhatóság (Igen/Nem)	I	I	I	N	N	N

Az élő lárvák előfordulási gyakoriságának értékelését összel végeztük a dióburok természetes felrepedése előtt. A fákról legalább 100-150 db termésburokkal fedett termést gyűjtöttünk. Az értékelés szerint a fedett terméseket két csoportba válogattuk, ennek alapján megkülönböztettük az élő lárvát tartalmazó és az élő lárváktól mentes, ép terméseket. A gazdasági kár mértékét bonitálással (1. táblázat) becsültük a fekete foltot mutató termékek gyakorisága, illetve a foltosság mértéke alapján. E két paraméter közül mindig a szigorúbbnak megfelelő bonitálási csoportba soroltuk a kezelés gazdasági/termelői szempontú jóságát.

A hatóanyag-tartalom mérésére a mintákat növényi eredetű élelmiszermintákhoz kifejlesztett, citrát-pufferelt QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) módszer alapján készítettük elő (EN 15662:2018). A hatóanyag-tartalomra vonatkozó méréseket UHPLC-MS/MS kapcsolt technika segítségével végeztük. A diófák injektálásának paraméterei a 2. táblázatban láthatók.

2. táblázat Diófák injektálásának paraméterei

Hatóanyag	Injektált hatóanyag (g/fa)	Bejuttatott szermennyiség (ml/fa)	Injektálási oldatmennyiség (ml)	Fa sorszáma
Abamektin	0,9	50	100	1, 2, 3
	1,8	100	100	4, 5, 6
	3,6	200	200	7, 8, 9
Emamektin-benzoát	1,9	20	60	10, 11, 12
	3,8	40	60	13, 14, 15

	5,7	60	60	16, 17, 18
Acetamidrid	5	25	50	19, 20, 21
	10	50	50	22, 23, 24
Vizes kontroll	0	0	50	25, 26, 27
Nem injektált kontroll	0	0	0	28, 29, 30

A statisztikai elemzéseket az IBM SPSS Statistics 27 és az Excel 2016 szoftverekkel hajtottuk végre. Az egyes kezelések hatékonyságának összehasonlítására a Marascuilo tesztet használtuk (Marascuilo, 1966). A hatékonyság alapját az élő lárvákkal fertőzött termések aránya adta, amit az azonos kezelésben részesült fákról származó mintákból együttesen számoltunk. Változók összefüggésének vizsgálatához a Spearman-féle rangkorrelációt (Spearman's rank correlation) használtuk. $P < 0,05$ esetén tekintettük szignifikánsnak az eredményeket. A hatékonyságot Abbott képlettel számoltuk.

Eredmények

A kedvező biológiai hatásra utaló első jeleket a még érésben lévő zöld dió burkán megjelenő tojásrakási helyek mikroszkópi átvizsgálásakor tapasztaltuk. Az 1-2 milliméternyi átmérőjű feketedő foltokban, az epidermisz alatt, nagyon fiatal állapotukban elpusztult lárvákat találtunk (Kiss és mtsai., 2022). Az injektálással kezelt fákon, minden esetben szignifikáns eredményt kaptunk a kontrollhoz viszonyítva (3. táblázat). A Marascuilo-féle összehasonlítás szerint a nagyobb dózisú abamektines kezelés szignifikánsan jobb hatékonyságot eredményezett, mint a legkisebb, abamektines kezelés. A nagyobb adagú abamektines kezelés, illetve az emamektin-benzoátos kezelések között statisztikailag nem találtunk különbséget, úgy ahogyan az egyes emamektin-benzoátos kezelések között sem. Az acetamidrides kezelések szignifikánsan különböztek egymástól. A vízzel injektált, illetve az injektálás nélküli kontroll fákon erős fertőzöttség alakult ki, az élő lárvát tartalmazó dióburkok aránya 100%-os volt.

3. táblázat A kezelések hatékonysága és az ehhez társuló hatóanyag-tartalom (átlag±SE) alakulása a burokban, valamint a gazdasági kártétel nagysága. Azonos betűvel jelölt oszlopokhoz tartozó kezelések esetén a fertőzöttségi arány a Marascuilo-féle összehasonlítás szerint nem különbözik szignifikánsan ($P > 0,05$).

Helyszín: Szelevény, injektálás ideje 2021. május 28., mintavétel: 2021. szeptember 16.

(Detection limit: abamektin: 1,2 ng/g, emamektin-benzoát: 0,1 ng/g, acetamiprid: 0,25 ng/g)

Kezelés	Injektált aktív hatóanyag (g/fa)	A burok hatóanyag tartalma (ng/g) átlag±SE	Abbott hatékonyság (%)	Átlagos bonitálási értékszám (0-5)	Marascuilo-féle összehasonlítás eredménye
abamektin	0,9	1,67±0,28	30,0	2,7	a
	1,8	2,31±0,41	56,0	2,0	bc
	3,6	5,86±1,14	58,3	2,0	c
emamektin-benzoát	1,9	9,69±3,23	71,1	1,3	cd
	3,8	50,20±8,14	77,9	0,7	d
	5,7	16,55±2,50	69,4	1,0	cd
acetamiprid	5	61,34±4,85	68,7	1,7	cd
	10	43,37±5,96	43,5	3,3	b
vizes kontroll	0	<DL	-	5,0	e
nem injektált kontroll	0	<DL	-	5,0	e

A dió pericarpiumában mért abamektin és emamektin-benzoát hatóanyag-maradék gyenge pozitív korrelációt mutatott az injektált hatóanyag mennyiségével és erősen pozitívat a fertőzés mértékével, de az értékek nem különböztek szignifikánsan, míg az acetamiprid hatóanyag-maradék szintén pozitívan korrelált a fertőzés mértékével, de nem volt pozitív korreláció a beinjektált hatóanyag mennyiségével.

A rovarölő szeres injektálások gazdasági kártételét bonitálva, a gyakorlatban elfogadható, legfeljebb 2-es, vagy ez alatti kártételi értékszámokkal jellemezhetjük az emamektin-benzoáttal kezelt mindegyik fát, továbbá az abamektin két nagyobb és az acetamiprid alacsonyabb dóziséval injektált fákat. Az abamektin legkisebb és az acetamiprid nagyobb dózisa a nem elfogadható gazdasági kártételi kategóriába esett (3. táblázat).

Az injektált fák termésének (dióbél) maradék hatóanyag-tartalma abamektin és emamektin-benzoát esetében a detektálási határ (0,4 és 0,2 ng/g) alatt volt. Az acetamiprides kezelések maradék hatóanyag-tartalma 57 – 320 ng/g közötti értékeket mutattak a termésben. A száraz és friss dióbél hatóanyag-tartalma tekintetében nem volt számottevő különbség.

Eredmények értékelése

Az injektálással kezelt fákön a tojásrakás ugyanolyan módon és mértékben lezajlott, mint a védelem nélküli kontroll diófákön, repellens hatást tehát nem tapasztaltunk. A kezelések hatása a tojásból kikelő és táplálkozó lárvákön mutatkozott meg, amikor is a táplálkozást megkezdett lárvák a zöld burokban megjelenő hatóanyag következtében elpusztultak. Ezek az összeszáradt nyüvek, illetve a tojáshéj később az exocarpium alatt fellelhetők voltak.

A tojásrakások helye a burkön jól látható, apró fekete, száraz foltokat eredményezett, melyek a tenyészedő végéig láthatóak voltak, de ez nem okozott minőségi romlást vagy másodlagos felülfertözödést a dióelet tekintve, így a diótermeszedés eredményességét sem befolyásolta hátrányosan (1. ábra).



1. ábra Tojásrakások helye az injektált dió burkán

Mindhárom hatóanyag esetében elmondhatjuk, hogy amennyiben megfelelő koncentrációban sikerült a lombkoronába eljuttatni, akkor a nyüvek károsításának megakadályozására

hatékonyak voltak. Egyértelmű dózisválaszt az abamektin hatóanyag esetén tapasztaltunk, míg másik két hatóanyagnál nem. Azonban, ha a burok hatóanyag tartalmát nézzük, az ott mutatkozó tendenciák már mindegyik hatóanyag tekintetében szoros összefüggést mutatnak a kialakult hatékonysággal (3. táblázat). A dózist ezek alapján javasoljuk a lombkorona térfogatához igazítani.

Az eredmények megítélésénél ugyanakkor figyelembe kell vennünk az értékelési módunk rendkívüli szigorúságát is, hiszen például a nem jelentősnek tűnő, 70 %-os hatékonyság a gyakorlatban kedvezőbb megítélés alá esik. A burok fertőzöttségéből ugyanis nem következik egyértelműen az eladhatatlan dióbél. Ennek a kiküszöbölésére vezettük be az okozott kártétel minőségre gyakorolt hatásának becslésére alkalmazott módszert (1. táblázat). Ugyanis, ha csak kis számban, és csak gyengén fejlődő lárvák károsítják a burkot – akárcsak az alul dozírozásból fakadó szubletális hatás eredményeként –, akkor a burok részleges elfeketedése bekövetkezhet, de emellett a gazdasági kár kicsiny, mert a dióbél a piacosságát megőrzi.

A dióbélben mért abamektin és emamektin-benzoát hatóanyag-maradék értékek egy esetben sem haladták meg az EU peszticid adatbázisában a dióra (dióbélre) vonatkozó MRL (Maximum Residue Limit) értéket (0,02; 0,01 mg/kg), tehát az általunk végzett törzsinjektálás élelmiszerbiztonsági szempontból megfelelő. Az acetamiprid hatóanyag-maradék értékek azonban általában meghaladták a dióra (dióbélre) vonatkozó MRL értéket (0,07 mg/kg). Ezt kiküszöbölni, a lombkorona térfogatához mért kisebb dózisu injektálással lenne lehetőség, de sajnos a kisebb dózisu kezelés ezen hatóanyag esetében nem kellően hatékony a dióburok fűrölégy kártétele ellen.

A magyarországi diótermés jelentős részben szórvány diósokból és háztáji diófákról származik. Az itt, azaz belterületen, olykor közterületen termett dió megvédése a hagyományos, permetezési módon ma nem realitás, sem a szaktudás elérhetősége, sem technikai, sem

engedélyezési oldalról vizsgálva. Ezért megítélésünk szerint a törzsinjektálás, mint alternatív, környezetkímélő megoldás lehetőséget nyújt a jövőben ebben a szegmensben is.

Köszönetnyilvánítás

A projekt a Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Program Plusz (GINOP-Plusz 2.1.1.-21.00097) pályázat támogatásával valósult meg. Köszönet illeti Dr. Kakuk Ilonát, aki rendelkezésünkre bocsátotta dióskertjét a kísérlet idejére.

Irodalom

Coates, William W. 2005. Walnut Husk Fly: Varietal Susceptibility and Quality Observations. Walnut Research Reports 2004, Walnut Marketing Board, Sacramento, CA.

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

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. 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.* (n.s.) 42(2). 245–254.

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.

Kiss, M., Hachoumi, I., Nagy, V., Ladányi, M., Gutermuth, Á., Szabó, Á. and Sörös, Cs. 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.

- Kiss M., Sörös Cs., Gutermuth Á. és Szabó Á. 2022. Megmentheti-e a törzsinjektálás a háztáji diótermést? *Georgikon for Agriculture* 26(1). 52-73.
- Központi Statisztikai Hivatal 2021. A fontosabb gyümölcsfélék termesztése és felhasználása. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0025.html
- Marascuilo, L. A. 1966. Large-sample multiple comparisons. *Psychol Bull.* 65. 280-290. <https://doi.org/10.1037/h0023189>
- 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., Vétek G. és Orosz Sz. 2017. A nyugati dióburok-fűrőlég (*Rhagoletis completa* Cresson, 1929) Magyarországi elterjedése (2012-2017). *Növényvédelem* 78(53). 11.
- 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).
- Roach, W. A. 1939. Plant injection as a physiological method. *Ann. Bot.* 3. 155-226.
- Tuba K., Schuler H., Stauffer Chr. és Lakatos F. 2012. A nyugati dióburok-fűrőlég (*Rhagoletis completa* Cresson 1929 - Diptera: Tephritidae) megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem* 48(9). 419-423.