

KÜLÖNBÖZŐ SZISZTÉMIKUS HERBICIDEK FEHÉR FAGYÖNGY (*VISCUM ALBUM*) ELLENI HATÉKONYSÁGÁNAK, ILLETVE A FAGYÖNGY HIPERPARAZITA KÓROKOZÓJÁRA GYAKOROLT ANTIFUNGISZTATIKUS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Varga Ildikó^{1,5}, Nagy Viktor², Baltazár Tivadar³, Mátyás Kinga Klára⁴, Poczai Péter⁵ és Molnár István⁶

¹Pannon Egyetem Georgikon Kar, Növényvédelmi Intézet. 8360, Keszthely, Deák F. u. 57.

²Komárom-Esztergom Megyei Kormányhivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatósága. 2890, Tata, Új út 17.

³Department of Planting Design and Maintenance, Faculty of Horticulture in Lednice, Mendel University in Brno. Valtická 337, 691 44 Lednice na Moravě, Czech Republic.

⁴Pannon Egyetem Georgikon Kar, Növénytudományi és Biotechnológia Tanszék. 8360, Keszthely, Festetics Gy. u. 7.

⁵Department of Biosciences, University of Helsinki, PO Box 65 FIN-00014 Helsinki, Finland.

⁶DuPont Magyarország Kereskedelmi Kft. 2040, Budaörs, Neumann János u. 1.

E-mail: ildikovarga@hotmail.hu

A fehér fagyöngy (*Viscum album* L.) hazai elterjedési területe megközelítőleg 3000 ha-ra tehető, és ez az utóbbi években folyamatosan emelkedő tendenciát mutat. A hemiparazita elleni védekezés nem megoldott, leggyakrabban a bokrok mechanikai eltávolítását alkalmazzák. Jelenlegi kutatásaink témája a *V. album* elleni herbicides védekezés hatékonyságának vizsgálata, amely során három szisztémikus hatóanyagot (glifozát-izopropilamin só, 2,4-diklorofenoxi-ecetsav és methsulphuron-methyl) juttattunk ki három különböző koncentrációban. A peszticidek kijuttatását követően a herbicidek tüneteit mind a gazdanövényeken (*Acer campestre* L., *Tilia platyphyllos* Scop.), mind a kezelt fagyöngyökön vizsgáltuk. Leghatékonyabbnak a 2,4-diklorofenoxi-ecetsav bizonyult, amely már a legkisebb koncentrációban is a fagyöngybokrok teljes lombszáradását eredményezte, a gazdanövényeken azonban enyhe klorózist, a lombzat ritkulását, valamint a fiatal vesszők elszáradását okozta. A 2,4-D kijuttatását követő 3–6. hónapban jelentek meg a biológiai védekezésre is alkalmasnak tűnő *Phaeobotriosphaeria visci* kórokozó tünete a nekrotizálódó fagyöngybokrokon, így egy esetleges kombinált kezelés céljából *in vitro* körülmények között vizsgáltuk a 2,4-D, valamint a glifozát hatásait a kórokozó micélium növekedésére. A hatóanyagok már a legkisebb koncentráció is szignifikánsan csökkentették a telepátmérőt, míg a nagyobb koncentrációk alkalmazásakor a micélium növekedése elmaradt, így egy esetleges kombinált herbicid és spóraszuszpenzió kijuttatása nem lehetséges.

Kulcsszavak: 2,4-D, glifozát, antifungisztikus hatás, *Phaeobotriosphaeria visci*

A fehér fagyöngy (*Viscum album* L.) a fagyöngyfélék (*Viscaceae* [synonym: *Santalaceae* sensu lato]) családjába tartozó (Nickrent és mtsai 2010), örökzöld, évelő, hemiparazita (félélősködő) növény, amely mára egész Európában elterjedt és nagymértékben felszaporodott. A faj taxonomiai besorolása az utóbbi években jelentősen megváltozott, hiszen korábban e növényt a nem csupán a *Viscaceae* családba (Barlow és Martin 1984, Borhidi 1998), de a

Loranthaceae (Calder 1983), majd *Santalaceae* családba is besorolták (Der és Nickrent 2008).

A klasszikus értelemben vett *Santalaceae* sensu stricto csoportba mintegy 40 *genus* és 550 faj tartozik. Korábbi filogenetikai kutatások kimutatták, hogy a *Santalaceae* sensu stricto egy parafiletikus csoport (Der és Nickrent 2008). A monofília fenntartása érdekében a zárwatermő növények filogenetikai rendszertana (*Angiosperm Phylogeny Group* = APG) létre-

hozta a Sanalaceae sensu lato csoportot, amely magába olvasztja a korábbi Viscaceae család 7 *genus* és közel 540 fajtát (APG II 2003). Ezzel létrehozva a Santalales renden belül fajszaám tekintetében a legnagyobb családot. Ezt az APG III (2009) változatlanul hagyta, és a rendszerhez legutóbb megjelent monográfia tartalmazza az egyes családok szinonimáit (Reveal és Chase 2011). A parafília feloldására Nickrent és mtsai (2010) a Santalaceae sensu lato csoportot 6 monofiletikus egységre osztotta és ismét leválasztotta a Viscaceae családot.

A *V. album* kizárólag fás szárú fajokon jelenik meg, ahol 60–150 cm átmérőjű, gömb alakú telepeket hoz létre. A növény szívógyökerei mélyen a fatestbe hatolnak, majd a xylemből vizet és ásványi anyagokat vesznek fel (Zuber 2004). A lehetséges gazdafajok száma Európában eléri a 384-et, hazánkban leggyakrabban az *Acer*, *Tilia*, *Robinia*, *Salix* és *Populus* nemzetség fajain élősködik (Barney és mtsai 1998). A fehér fagyöngynek négy alfaját különböztetjük meg aszerint, hogy milyen gazdafajokon fordul elő (Stopp 1961, Ball 1993, Böhling és mtsai 2002):

- (1) *V. album* subsp. *album* L., amely általánosan elterjedt a kétszikű fajokon, leggyakrabban az *Acer*, *Tilia*, *Robinia*, *Salix* és *Populus* nemzetség fajain telepszik meg (syn: *V. album* L. var. *platyspermum* Keller, *V. album* L. var. *mali* Tubeuf).
- (2) *V. album* subsp. *abietis* (Wiesb.) Abromeit, mely az *Abies* fajokon él (syn: *V. laxum* var. *abietis* (Wiesb.) Hayek; *V. austriacum* Wiesb. var. *abietis* Wiesb.; *V. abietis* (Wiesb.) Fritsch).
- (3) *V. album* subsp. *austriacum* (Wiesb.) Vollmann, amely *Pinus*, *Picea*, ritkán *Larix* fajokon fordul elő (syn: *V. austriacum* Wiesb.; *V. laxum* Boiss. & Reut.; *V. laxum* Boiss. & Reut. var. *pini* (Wiesb.) Hayek; *V. album* L. var. *laxum* (B. & R.) Fiek).
- (4) *V. album* subsp. *creticum* Böhling, Greuter, Raus, Snogerup, Snogerup & Zuber, mely *Pinus halepensis* subsp. *brutia* fajokon kizárólag Kréta szigetén él (Zuber 2004).

A hazai fertőzött területek aránya csaknem 3000 hektárra tehető, amely az utóbbi évek-

ben folyamatosan emelkedik (Hirka 2011). Általában az országon belül sem homogén az elterjedése, mivel egyes helyeken szinte egyáltalán nem, másutt pedig tömegesen fordul elő. A féllélősködő faj megtelepedése nyomán szignifikánsan csökken a gazdafajok magassága, törzsátmérője, a termés mennyisége, illetve egy olyan gyengültségi állapot jön létre, ami utat nyit a másodlagos kórokozók megtelepedésének is. A gazdafajok gyengültségi állapota, a globális felmelegedés, illetve további biotikus és abiotikus faktorok jelentősen hozzájárulnak az erdészeti leromlási spirálhoz (Hawksworth 1983).

Jelenleg a fehér fagyöngy elleni egyetlen eredményes védekezés a fertőzött ágak levágása, ez a módszer azonban csekély hatékonyságú és csak kis területeken alkalmazható eredményesen. A biológiai védekezés egyik perspektivikus ágense lehet a *Phaeobotryosphaeria visci* (Kalchbr.) A.J.L. Phillips & Crous (Ascomycota, Botryosphaeriaceae) hiperparazita gombafaj (Varga és mtsai 2012), vizsgálatainkat azonban kiterjesztettük a herbicides védekezés módszerének tanulmányozására is.

A fehér fagyöngy elleni herbicides védekezés lehetőségeit több nyitvatermő és zárvatermő gazdanövényen is tanulmányozták, e vizsgálatok eredményei azonban igen eltérőek voltak. Túlevelű fajok (*Abies alba* Mill., *Pinus halepensis* Mill.) esetén a gazdanövények károsodása nélkül eredményes kezeléseket hajtottak végre 2,4-D; 2,4-MCPB és 2,5-T hatóanyagokkal a peszticidek törzsbe injektálásával, valamint légorlasztásos technikák alkalmazásával (Delabrazé és Lanier 1972, Brun és mtsai 2001). Frochot és mtsai (1983) *Populus* fajokon nagyobb koncentrációk (43 g/l glifozát, 32 g/l 2,4-MCPB) alkalmazásával kedvező eredményeket ért el, néhány évvel a kezelést követően azonban a fagyöngybokrok újra kihajtottak. Besri (2005) eredményei alapján jelentős mértékű fitotoxicitás jelentkezett a gazdanövényen (*Olea europaea* L.) hasonló hatóanyagok esetén, bár más szerzők ezt a fitotoxicitást nem erősítik meg (Turker és Goksel 1965). Baillon és mtsai (1988) részletesen tanulmányozták a glifozát-izopropilamin só, valamint a 2,4-diklorofenoxi-ecetsav penetrációját és transzlokációját fagyöngybokrokon,

peszticidiek gazdanövényre (*Malus domestica* Borkh.) gyakorolt fitotoxikus hatásait azonban nem vizsgálták. Általánosságban elmondható, hogy a túlevélű gazdanövények kevésbé érzékenyek a felszívódó készítmények ellen, hiszen az erősen viaszolt lombzaton hatékony védelmet jelent a gazdanövényeknek a hatóanyagok penetrációjával szemben. A zárwatermő fajok közül bizonyos fajok igen érzékenyen reagálnak, más növényfajok jóval ellenállóbbak a herbicides kezeléssel szemben. Számos esetben a kezelés hatékonynak bizonyul, évekkal (3–5) később azonban megjelennek az új fagyöngybokrok, amelyek a gazdanövények fatestjében életben maradt hasztóriumokból indulnak fejlődésnek.

Kutatásaink során célul tűztük a fehér fagyöngy elleni herbicides védekezés hatékonyságának vizsgálatát, valamint a különböző zárwatermő gazdanövényeken jelentkező fitotoxikus tünetek tanulmányozását is. Mivel a peszticides kezelést követő 3–6 hónapban a legyengült vagy a pusztulófélben lévő fagyöngybokrokon megjelent a *Phaeobotryosphaeria visci* kórokozó, ezért egy esetleges kombinált kezelés céljából *in vitro* körülmények között tanulmányoztuk a kórokozó érzékenységet az alkalmazott hatóanyagokkal szemben.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat 2011 márciusában, rügyfakadás előtt kezdtük meg glifozát-izopropilamin só, 2,4-diklorofenoxi-ecetsav, valamint metilsulphuron-methyl kijuttatásával, amelyet J-18-as típusú háti permetezővel végeztünk. A kísérleti területet egy Keszthely külterületén álló erdősávban jelöltük ki, aminek fő fafaja, így a kezelt fagyöngybokrok gazdanövénye mezei juhar (*Acer campestre* L.) volt. A kijuttatott permetlevelek koncentrációi a következőképpen alakultak, amelyek minden esetben 0,1% Trend 90 nedvesítőszert is tartalmaztak:

- (i) glifozát-izopropilamin só: 4,8 g/l; 9,6 l; 14,4g/l;
- (ii) 2,4-diklorofenoxi-ecetsav: 3g/l; 6 g/l; 9 g/l;
- (iii) metilsulphuron-methyl: 0,085 g/l; 0,17 g/l; 0,25 g/l.

A peszticidiek kijuttatása során koncentrációnként 10–15 db fagyöngybokrot kezeltünk, majd a kezelést követően az első hat hónapban 4 hetente, majd a hatodik hónapot követően 8 hetente felvételeztük a tüneteket. Az utolsó felvételezésre a kezelést követő évi rügyfakadás után, valamint a fagyöngybokrok hajtásnövekedésének megindulása után került sor. Ekkor vizuálisan értékeltük a fagyöngybokrok lombhullását, a hajtásdeformációkat, illetve a fitotoxicitást, valamint minden esetben 1–1 mintát is vettünk. A tünetek felvételezése során nem csupán a kezelt fagyöngybokrokat vizsgáltuk, hanem a gazdanövényeken megjelenő esetleges tüneteket is rögzítettük.

Az előzetes tanulmányokat követően 2012 márciusában permeteztünk újra Kaposváron a Keleti Temetőben *Tilia platyphyllos* Scop. gazdanövényen, melyen kb. 50–60 fagyöngybokor volt. A kijuttatás során 40 liter 3 g/l koncentrációjú 2,4-diklorofenoxi-ecetsavat és 0,1% Trend 90 nedvesítőszert tartalmazó permetlevelet juttattunk ki 2500 cm³-es, Gazella, kétkerék meghajtású dízel teherautó platójára szerelt SAE TURBMATIC radiál ventilátoros, nagy nyomású, légorlasztásos favédelmi gép segítségével. A ventilátorokat a kijuttatás során egy 75 lóerős dízelmotor hajtotta, így a permetlevelet kb. 20–25 m magasságba juttatta fel. A tünetek felvételezésére 2012 augusztusában került sor.

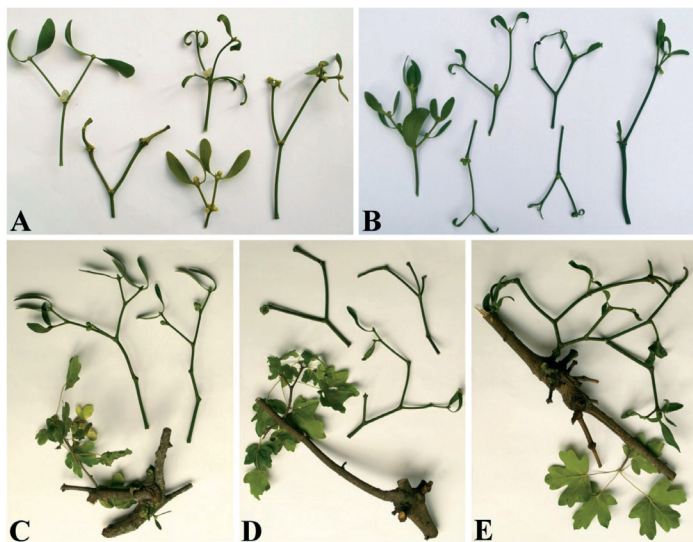
A *P. visci* herbicidekkel szembeni érzékenységet glifozát-izopropilamin só és 2,4-diklorofenoxi-ecetsav hatóanyagok esetében vizsgáltuk. A kórokozóval fertőzött fagyöngyleveleket 2010 nyarán, Ajkán gyűjtöttük. A monospóras tenyészetek előállítását Varga és mtsai (2012) módszere alapján végeztük. A herbicidérzékenység vizsgálathoz burgonyadextróz agarba (4 g burgonya kivonat, 20 g glükóz, 20 g agar) kevertük a vizsgált hatóanyagokat, amelyek koncentrációi megegyeztek a kijuttatott permetlevelek koncentrációjával. Vizsgálatainkat négy ismétlésben, 90 mm átmérőjű Petri-csészében végeztük, az inokulum 5 napos tiszta tenyészetekből aktív növekedési zónájából származó 5 mm átmérőjű agarkorong volt. A telepátmérőt az inokulálást követően két naponta, 12 napon keresztül mértük. Az ada-

tok statisztikai elemzését R program 2.15.1. verziójával (R Development Core Team 2012), míg az R szkriptumokat Tinn-R kódszerkesztő segítségével végeztük (Faria 2011). Az adatok elemzése során a micélium növekedésének jellemzésére, illetve a herbicidek által bekövetkezett növekedés intenzitásának közötti különbség megállapítására marginális regressziós modellt alkalmaztunk az “nlme” csomagból (Pinheiro és mtsai 2011), valamint egyfaktoros varianciaanalízist (ANOVA) végeztünk az esetleges szignifikáns különbség megállapítására a telepátmérők nagysága (12. napon) és a herbicid koncentrációi között. A varianciaanalízis során az I. típusú (szekvenciális) négyzetösszegtípus szerinti felbontási elvet követtük. Az elemzések elvégzése után minden esetben megvizsgáltuk – elsősorban diagnosztikus ábrákkal – az adott modell illeszkedésének jóságát.

Eredmények

Methsulphuron-methyl (75 WG)

A kísérleti készítmény esetében a kezelést követően 10–14 nappal jelentkeztek az első tünetek, a fagyöngybokrok lombozata hullani kezdett. A második hónap végére (1. ábra [A] kép) a kezelt bokrokon egy enyhe turgorvesztéses állapot figyelhető meg, a legkisebb (0,085 g/l) koncentráció esetén a lombozat 20%-a, míg a nagyobb koncentrációk esetén a lombozat 40–60%-a hiányzik. A legnagyobb, 0,25 g/l koncentrációval kezelt bokrok esetén a leveleken apró, 1–2 mm átmérőjű nekrotikus foltok, valamint enyhe klorózis figyelhető meg. A bokrok rázásra már nem po-



1. ábra: Methsulphuron-methyl által okozott tünetek fehér fagyöngyön. **A:** 2 hónappal a kezelés után, 1. hajtás: kontroll, 2. hajtás: 0,085 g/l konc. permetlé, 3. hajtás: 0,17 g/l konc. permetlé, 4. hajtás: 0,25 g/l konc. permetlé. **B:** 8 hónappal a kezelés után, 1. hajtás: kontroll, 2. hajtás: 0,085 g/l konc. permetlé, 3. hajtás: 0,17 g/l konc. permetlé, 4. hajtás: 0,25 g/l konc. permetlé. **C:** 0,085 g/l konc. permetlé hatása másfél évvel a kezelés után. **D:** 0,17 g/l konc. permetlé hatása másfél évvel a kezelés után. **E:** 0,25 g/l konc. permetlé hatása másfél évvel a kezelés után. (Fotó: Varga Ildikó)

tyognak. A negyedik hónap végére valamennyi kezelt bokron megindul a hajtásképződés, csak hogy a hajtások erősen elvékonyodottak, a levelek keskenyek és visszapöndörödnek, méretük a normál levelek fele. A hajtások nagysága a legkisebb koncentráció esetén a fenológiai állapotnak megfelelőek, a nagyobb koncentrációk esetén a kontrollhajtások fele, egyharmada. A lombvesztés fokozódott, a legkisebb koncentráció esetén 50%, a nagyobb koncentrációk esetén 70–90%. A hatodik hónap végére a tünetek nem változnak, a bogyóképződés megindult, bár az ágvillákban a normál 3 helyett csupán 1–2 bogyót találtunk. A 8. hónap végére a friss hajtások tovább növekednek, a legkisebb koncentrációval kezelt bokrok esetén méretüket tekintve megfelelnek a kontroll egyedeknek, a levelek azonban minden esetben torzok, erősen visszapöndörödnek és keskenyek (1. ábra [B] kép). A 0,25 g/l koncentrációval kezelt bokrok esetén a hajtások alig fejlettek, erősen visszamaradottak, a lombozat 90%-a továbbra is hi-

ányzik. A bogyók tovább érnek. A 8. hónapot követően a bogyóérés folytatódott, a kezelt fagyöngybokrokon a tünetek nem változtak.

A kezelést követően másfél évvel a legkisebb koncentrációval kezelt fagyöngybokrokon az adott évi hajtásnövekedés és lombozatképződés igen intenzív, valamint bogyóképződés is megfigyelhető (1. ábra [C] kép). Bár az előző évi peszticidés kezelése nyomán a fagyöngybokor belső régiójából hiányzik a lombozat, de más károsodás nem figyelhető meg. A kezelést követő évben a magasabb koncentrációk alkalmazása már eredményesen lassította a lombozat növekedését. Az újonnan képződő hajtások erősen deformáltak és torzak (1. ábra [D] kép), sőt a legnagyobb koncentráció esetén a friss hajtásokon a törpenövekedés mellett egy enyhe klorózis is megfigyelhető (1. ábra [E] kép). Valamennyi koncentráció esetében megfigyelhető a fagyöngybokrok eredési pontjánál megjelenő nagy számú vegetatív hajtásképződés, amely a kezelést követő évben igen intenzíven jelentkezett. A gazdanövények tekintetében a kezelést követően sem az első, sem a második évben nem tapasztaltunk fitotoxikus tüneteket, ág-száradást, vagy lombehullást, így e hatóanyag kombináció még a legmagasabb koncentráció mellett sem károsította a gazdafákat.

Glifozát-izopropilamin só

A glifozáttal kezelt bokrokon a tünetek már 7–10 nap elteltével megjelentek. A kezelést követő második hónapban a legkisebb koncentráció esetében enyhe levélhullást (10%), valamint gyenge klorózist tapasztaltunk, míg a legnagyobb koncentráció esetében a levélhullás mértéke már 30%-ra tehető, az erősebb klorotikus tünetek mellett a levélsúcsokon nekrotikus elhalásokat figyeltünk meg, valamint vala-

mennyi kezelt bokor enyhe turgorvesztéses állapotba került. A kezelt bokrokon az adott évi hajtásnövekedés már a legkisebb koncentráció alkalmazása mellett is elmaradt (2. ábra [A] kép). A 4. hónap végére valamennyi kezelt bokorról eltűntek a klorotikus foltok, a bokrok turgora helyre állt, azonban a levélhullás mértéke fokozódott, 4,8 g/l koncentráció esetén a lombozat 30%-a, nagyobb koncentrációk esetén a lombozat 60–80%-a hiányzik. A lombozat rázásra nem hullik, valamint a hajtásnövekedés is megindult. A 14,4 g/l-es koncentráció esetén a friss hajtások a normál (kontroll) hajtások harmada, míg kisebb koncentráció esetén a normál hajtások fele. A friss hajtások erősen megvastagodottak, torzak, rajtuk az erőteljes levéldeformáció mellett enyhe klorózis is megfigyelhető. A 6. hónap végére a lehullott levelek aránya nem változott, a friss hajtások csupán a legkisebb koncentrációval kezelt bokrokon nőttek tovább, azonban a friss hajtásokon képződött levelek igen torzak (2. ábra [B] kép). A 8. hónap vé-



2. ábra: Glifozát által okozott tünetek fehér fagyöngyön. **A:** 2 hónappal a kezelés után, 1. hajtás: kontroll, 2. hajtás: 4,8 g/l konc. permetlé, 3. hajtás: 9,6 g/l konc. permetlé, 4. hajtás: 14,4 g/l konc. permetlé. **B:** 6 hónappal a kezelés után, 1. hajtás: kontroll, 2. hajtás: 4,8 g/l konc. permetlé, 3. hajtás: 9,6 g/l konc. permetlé, 4. hajtás: 14,4 g/l konc. permetlé. **C:** 4,8 g/l konc. permetlé hatása másfél évvel a kezelés után. **D:** 9,6 g/l konc. permetlé hatása másfél évvel a kezelés után. **E:** 14,4 g/l konc. permetlé hatása másfél évvel a kezelés után. (Fotó: Varga Ildikó)

gére a 4,8 g/l koncentrációval kezelt bokrokon a friss hajtások tovább fejlődtek, elérték a kontrollhajtások méretét. A bokrokon megfigyelhető a bogyóképződés is, amelyek fejlettségi állapota a fenológiai fázisnak megfelelő. A 8. hónapot követően a bogyóérés folytatódott, a kezelt fagyöngybokrokon a tünetek nem változtak, bár az idősebb leveleken a nekrotikus foltok változatlanul megfigyelhetők.

A kezelést követően másfél évvel a legkisebb koncentrációval kezelt fagyöngybokrokon az adott évi hajtásnövekedés és lombozat képződés igen intenzív, az előző évi herbicides kezelést követően a növények teljesen regenerálódtak. Ezzel szemben a gazdanövények tekintetében a kezelt bokrok környezetében a fiatal vesszők és gallyak elszáradtak, róluk a lombozat hiányzik (2. ábra [C] kép). A magasabb koncentrációk alkalmazása esetén a gazdanövények tekintetében semmilyen fitotoxikus tünetet, vagy egyéb károsodást nem tapasztaltunk. Valószínűsíthető, hogy az adott gazdafa oly mértékben legyengült állapotban volt – elképzelhetően az erőteljes fagyöngyfertőzöttség miatt –, hogy még ez az alacsony koncentrációjú peszticides kezelés is jelentősen károsíthatta. Az előző évi peszticides kezelések nyomán a magasabb koncentrációk esetében a lombozat szinte 100%-ban hiányzik a bokrokról, ellenben a hajtások épek, rajtuk klorotikus tünetek nincsenek. Amíg a 9,6 g/l-rel kezelt bokrokon a fiatalabb hajtások megmaradtak (2. ábra [D] kép), addig a 14,4 g/l-rel kezelt bokrokon csak az idősebb vázágak láthatóak (2. ábra [E] kép). A bokrokon sem hajtásnövekedés, sem a lombozat pótlása nem volt megfigyelhető, valamint az előző évben képződött torz levelek is hiányoznak. A gazdanövényeken fitotoxicitás még a kezelt bokrok környezetében sem volt megfigyelhető.

2,4-diklorofenoxi-ecetsav

A keszthelyi mintaterületen a 2,4-D-vel kezelt bokrokon már 3–5 nap után megjelentek a tünetek. A kezelést követő első hónap végére már a legalacsonyabb koncentrációval (3 g/l) kezelt bokrok esetén is 60%-os, na-

gyobb koncentrációk esetén 80–90%-os levélhullást tapasztaltunk. A bokrok minden esetben enyhén turgorukat veszítettek, a megmaradt lombozat enyhén klorotikus, a levelek viaszoltsága csökkent, enyhén deformáltak, elvékonyodóak. A lombozat rázásra hullik. A második hónap végére már a legkisebb koncentrációval kezelt bokrokon is megfigyelhetők a nekrotikus elhalások. Először a virágzatok, majd a kisebb levelek nekrotizálódtak, a legnagyobb koncentráció esetén már az előző évi hajtásokon is megfigyelhető az elhalás. A bokrokon jelentkező nekrozis igen gyors lefolyású volt, valamennyi 2,4-D-vel kezelt bokor elpusztult a 4. hónap végére (3. ábra [A] kép). Érdeklőség, hogy a kezelést követő 3–6. hónapban a nekrotizálódó bokrok kb. 50 %-án megjelent a *Phaeobotryosphaeria visci* kórokozó is, ekkorra már csak a kezelt bokrok vázágai maradtak meg (3. ábra [B] kép). A kezelést követően másfél évvel a kezelt bokrok állapota változatlan volt, már a legkisebb koncentráció alkalmazása mellett is valamennyi bokor elpusztult. A kezelés által előidézett nekrozis nemcsak a hajtásrendszerre, hanem a szívógyökerekre is kiterjedt (3. ábra [C] kép).

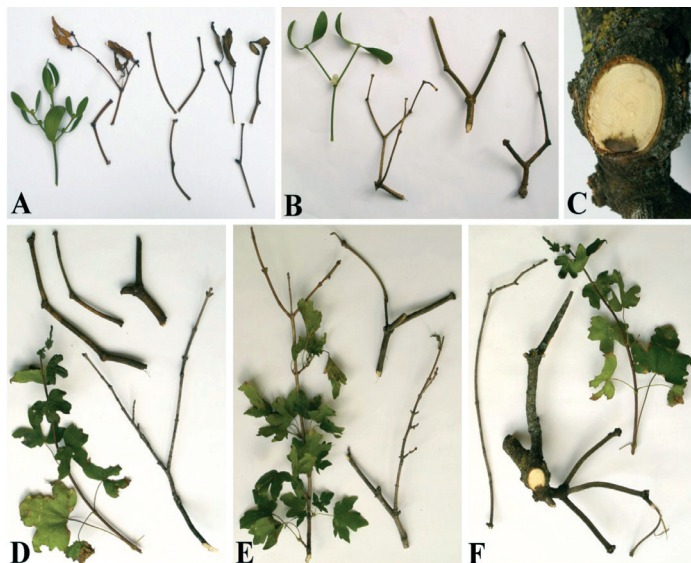
A kijuttatás évében a 2,4-D gazdanövényre gyakorolt hatása igen elenyésző volt, csupán a legnagyobb koncentráció esetén figyeltünk meg a fiatal vesszőkön levélhullást. A kezelést követő évben kismértékű károsodást tapasztaltunk valamennyi kezelt gazdanövényen. A legkisebb koncentrációval kezelt bokrok környezetében a vékony ágak és gallyak elszáradtak, rajtuk lombozat nem található (3. ábra [D] kép). A 6 g/l koncentrációval kezelt bokrok eredési pontja környezetében a gazdanövények lombozatának kb. 20%-a (3. ábra [E] kép), míg a legmagasabb koncentráció esetén kb. 30-40 %-a hiányzik, valamint a kezelés környezetében a vékonyabb ágak is teljesen elhaltak (3. ábra [F] kép).

A 2012. év tavaszán Kaposváron kijuttatott 3 g/l koncentrációjú 2,4-D permetlé hatékonysága hasonló volt az előző évi kezeléshez. A kezelést követően kb. 6 hónappal valamennyi fagyöngybokor elpusztult (4. ábra [A] kép), a nekrotizálódó fagyöngybokrokon gyakran talákoztunk a *P. visci* kórokozó tüneteivel is.

A fagyöngybokrok hajtásrendszerén kívül a hausztóriumok is elpusztultak (4. ábra [A] kép), a korábbi kísérlethez hasonlóan. A gazdanövény (*Tilia platyphyllos*) tekintetében lényegesen nagyobb károsodást okozott a kezelés, mint az előző évben. A lomblevelek mérete kb. 30%-kal kisebb a kezeletlen fák leveleihez képest, rajtuk enyhe klorózis figyelhető meg. A kezelt gazdanövények lombzatának kb. 50%-a hiányzik, a vékonyabb vesszőkön és gallyakon lombzat nem található.

A 2,4-D és glifozát hatása a fagyöngy hiperparazita *P. visci* növekedésére

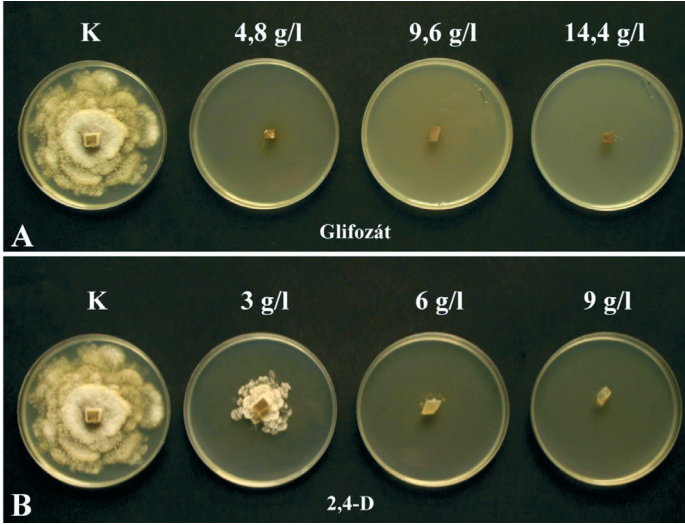
Az *in vitro* vizsgálatok alapján megállapítható, hogy mind a 2,4-D, mind a glifozát jelenléte jelentősen befolyásolta a *P. visci* növekedését (5. ábra). A marginális regresszió analízis alapján a 2,4-D már a legkisebb (3 g/l) koncentrációban is szignifikánsan csökkentette a micélium növekedésének intenzitását a kontroll (0 g/l) telepekhez képest ($p < 0,001$; $F_{\text{nap}} = 1283$; $F_{\text{táptalaj}} = 963,2$; $F_{\text{táptalaj} + \text{nap}} = 600,6$) (6. ábra [A] kép). A 12. napon mért telepátmérők tekintetében szintén szignifikáns különbséget találtunk valamilyeni koncentráció esetén ($F_{3,16} = 1837$; $p < 0,001$). Míg a kontrolltelepek főátlaga 7,9 cm volt, addig 3 g/l 2,4-D esetén az átlagos telepátmérő 3,3 cm-re, 6 g/l koncentráció mellett 0,7 cm-re csökkent. 9 g/l 2,4-D jelenléte teljesen meggátolta a



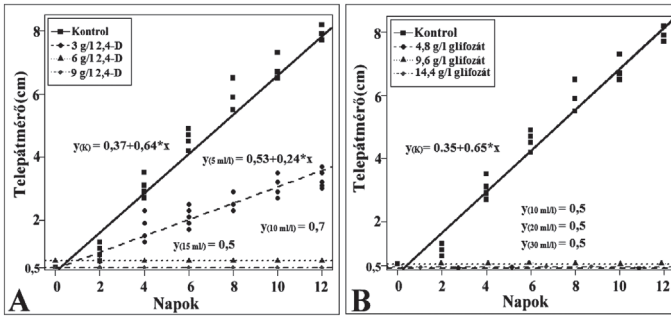
3. ábra: 2,4-D által kiváltott tünetek mezei juharon (*Acer campestre*) élő fehér fagyöngyön. **A:** 4 hónappal a kezelés után, 1. hajtás: kontroll, 2. hajtás: 3 g/l konc. permetlé, 3. hajtás: 6 g/l konc. permetlé, 4. hajtás: 9 g/l konc. permetlé. **B:** 6 hónappal a kezelés után, 1. hajtás: kontroll, 2. hajtás: 3 g/l konc. permetlé, 3. hajtás: 6 g/l konc. permetlé, 4. hajtás: 9 g/l konc. permetlé. **C:** 9 g/l konc. permetlé hatása a fehér fagyöngy szívógyökereire másfél évvel a kezelés után. **D:** 3 g/l konc. permetlé hatása másfél évvel a kezelés után. **E:** 6 g/l konc. permetlé hatása másfél évvel a kezelés után. **F:** 9 g/l konc. permetlé hatása másfél évvel a kezelés után. (Fotó: Varga Ildikó)



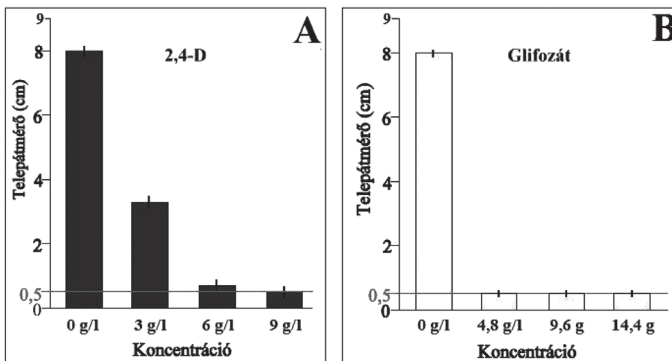
4. ábra: 3 g/l koncentrációjú 2,4-D permetlé által kiváltott tünetek nagylevelű hárszon (*Tilia platyphyllos*) élő fehér fagyöngyön. **A:** 6 hónappal a kezelés után valamennyi fagyöngybokor nekrotizálódott. **B:** A kezelés tünetei a fagyöngybokrok hajtásrendszerén és hausztóriumán, valamint a gazdanövényen. (Fotó: Varga Ildikó)



5. ábra: Glifozát (A) és 2,4-D (B) hatása a fagyöngy hiperparazita *P. visci* növekedésére. (K: kontrolltelepek, majd növekvő herbicid koncentrációk.) (Fotó: Varga Ildikó)



6. ábra: *P. visci* növekedésének marginális regressziós modellezése növekvő 2,4-D (A) és glifozát (B) koncentrációk mellett



7. ábra: *P. visci* 12. napon mért telepatmériinek alakulása növekvő 2,4-D (A) és glifozát (B) koncentrációk mellett. (Az inokulomok nagysága 0,5 cm volt.)

micélium növekedését (7. ábra [A] kép).

A glifozát hatóanyag már a legkisebb koncentrációban (4,8 g/l) is teljesen (100%) meggátolta a *P. visci* telepeinek fejlődését, így a marginális regresszió analízis szignifikáns különbséget mutatott valamennyi koncentráció esetén ($p < 0,001$; $F_{nap} = 1227,6$; $F_{táptalaj} = 2271,1$; $F_{táptalaj + nap} = 1227,6$) (6. ábra [B] kép). Míg a glifozátot tartalmazó lemezen micélium növekedés nem volt megfigyelhető, addig a kontrollemezeken főként a 12. napon 7,9 cm volt, így a varianciaanalízis is szignifikáns különbséget mutatott ki ($F_{3,16} = 5952,2$; $p < 0,001$) (7. ábra [B] kép).

Következtetések

Általánosságban elmondható, hogy a methsulphuron-methyl nem alkalmas a fagyöngybokrok elleni védekezésre. Bár hatóanyaga a gazdanövényen semmilyen fitotoxikus hatást nem gyakorolt, illetve a kezelést követő első hónapokban igen nagy arányú lombhullást okozott a fagyöngybokrokon, 6–8 hónappal később megindult a hajtásnövekedés és a elhullott lombzat pótlása. Továbbá a kezelést követő évben igen nagy arányú vegetatív hajtásképződést is tapasztaltunk, így könnyen elképzelhető, hogy az elhullott lombzat néhány év múlva teljesen pótlódik, az erősebben sérült bokrok helyét pedig a vegetatívan képződött friss hajtások veszik majd át.

Ugyan a glifozát hatékonyabb volt mint a methsulphuron-methyl, azonban ez a hatóanyag még a legnagyobb koncentrációban sem volt képes elpusztítani a fagyöngybokrokat. A növények hajtásrendszere minden esetben túlélte a kezelést, bár a lombozat a nagyobb koncentrációk alkalmazása esetén szinte itt is teljesen hiányzik. A peszticid gazdanövényre gyakorolt fitotoxikus hatásait egy fagyönggyel erősen fertőzött idősebb fa esetében figyeltük meg, bár a készítményt csak 4,8 g/l koncentrációban alkalmaztuk. Amíg a jobb életerejű fákon semmilyen károsodást nem okozott a kezelés, addig a legyengült gazdanövény igen érzékenyen reagált. Egy fagyönggyel tömegesen fertőzött, éppen ezért legyengült gazdanövényen egy kisebb koncentrációjú kezelés is jelentősebb károkat okozhat, mint egy kevésbé fertőzött, életképebb fán.

Vizsgálataink során a 2,4-D bizonyult a leghatékonyabbnak, hiszen már a legkisebb koncentráció is képes volt a fagyöngybokrok hajtásrendszerének és szívógyökereinek teljes elpusztítására. Az előtanulmányaink során kezelt mezei juharokon lényegesen nagyobb fitotoxicitást tapasztaltunk, mint a nagyobb habitusú nagylevelű hárson. Ugyan az utóbbi esetben valamennyi fagyöngybokor elpusztult, azt azonban nem lehet megállapítani, hogy a herbicides kezelés hosszú távon milyen mértékben károsította a gazdanövényt. Elképzelhető, hogy a kezelést követően néhány éven belül regenerálódik a fa, az elpusztított fagyöngybokrok miatt pedig jelentősen kedvezőbb alakul a vitalitása is. Az erősen legyengült életerejű faegyedek esetében ez a jelenség azonban már visszafordíthatatlan, sőt egy peszticides kezelésre is sokkal érzékenyebben reagálnak a növények. Továbbá az is előfordulhat, hogy a herbicides kezelés összességében nagyobb stresszt jelentett a gazdanövénynek, mint a fagyöngybokrok jelenléte, és a kezeléstől kialakult legyengült állapota előbb vezet majd a fa pusztulásához, mint a sok éven át tartó parazitáltság. Mindezt csak egy több éven át tartó monitorozással állapíthatnánk meg, az ilyen jellegű vizsgálatokat pedig a gazdafajok egészségi állapotának heterogenitása jelentősen nehezítené.

A sikeres védekezés szempontjából szóba jöhet még kisebb koncentráció alkalmazása is, azonban elképzelhető, hogy azok nem lennének elegendőek a fagyöngybokrok elpusztítására és a szívógyökerekből a kezelés után néhány évvel a félparazita újra kihajtana. Így a 2,4-D alkalmazását csak igen értékes fákon, nagyon kis dózisban, lokálisan alkalmazva, a legkisebb károsításra törekedve rügypattanás előtt ajánljuk.

A 2,4-D és glifozát antifungisztikus hatását már több gombafajon vizsgálták, mivel a permetlevek kijuttatását követően igen jelentős szerepük van e peszticidek biodegradációjában, illetve a mikorrhiza fajokra gyakorolt hatásuk is számottevő lehet. Amíg a 100 mg/l 2,4-D semmilyen gátló hatással nem rendelkezik, sőt az *Aspergillus* és *Fusarium* fajok intenzíven bontják a kis koncentrációban jelenlévő peszticideket (Vroumsia és mtsai 2005, Estok és mtsai 1989), nagyobb koncentrációk esetén ugrásszerűen nő a hatóanyagok antifungisztikus hatása. 600 mg/l 2,4-D jelenléte esetén már a *Saccharomyces cerevisiae* sejtek növekedése stagnál (Teixeira és mtsai 2006), 1000 mg/l 2,4-D és glifozát hatóanyag már szignifikánsan csökkenti a gombafajok növekedését, 5000 mg/l már teljesen meggátolja azt (Estok és mtsai 1989).

Vizsgálataink során a 2,4-D legkisebb koncentrációja 3000 mg/l volt. Ez a koncentráció a korábbi szakirodalmi adatokkal egybevégezően szignifikánsan csökkentette a micélium növekedését, nagyobb koncentrációk teljesen meggátolták azt. A glifozát hatóanyag legkisebb koncentrációja 4800 mg/l volt, ami szintén gátolta a micélium növekedését. A szakirodalmi adatok, valamint saját eredményeink alapján megállapítható, hogy a herbicidek és spóraszuspenzió kombinált kijuttatása nem megoldható. Mindez csak olyan kis hatóanyagkoncentráció mellett elképzelhető, amely alkalmazása mellett a herbicid, így a kezelés is elveszti hatékonyságát.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőmnök dr. Taller Jánosnak, valamint a *Növényvédelmi Intézet Herbológiai*

Osztályának, illetve *Tóth Istvánnak* a kísérletek kivitelezésében nyújtott segítségét. Jelen kutatás a CIMO Ösztöndíj Program (Finnország) támogatásával valósult meg.

A Fozát 480, U-46 D-Fluid SL és DPX-A 7881 75 WG gyomirtó szerek 2012. évi biológiai hatékonysági vizsgálatainak végzésére a kísérleti engedélyt a NÉBIH a 04.2/2012 sz. határozattal kiadta.

IRODALOM

- APG II.** (2003): An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 141: 399–436.
- APG III.** (2009): An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105–121.
- Baillon, F., Chamel, A., Fer, A., Frochot, H., Gambonnet, B. and Manzato, M. C.** (1988): Lutte chimique contre le gui (*Viscum album* L.): Pénétration, transport, efficacité de deux herbicides phloème-mobiles (2,4-DB et glyphosate). *Ann. Sci. For.*, 45: 1–16.
- Ball, P. W.** (1993): *Viscum* L. In: **Tutin, T. G., Burges, N. A., Chater, A. O., Edmondson, J. R., Heywood, V. H., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M. and Webb, D. A.** (eds) *Flora Europaea*, vol. 1: Psilotaceae to Platanaceae. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 86.
- Barlow, B. A. and Martin, N. J.** (1984): Chromosome evolution and adaptation in mistletoes. In: **Grant, W. F.** (eds): *Plant biosystematics*, Academic Press Canada. 117–140.
- Barney, C. W., Hawksworth, F. G. and Geils, B. W.** (1998): Hosts of *Viscum album*. *Eur. J. For. Path.*, 28: 187–208.
- Besri, M.** (2005): *Viscum cruciatum*: A threat to the olive production in the Moroccan Rif Mountains. *Integrated Protection of Olive Crops*. IOBC/wprs Bull., 28 (9): 169–173.
- Borhidi A.** (1998): A zárwatermők fejlődéstörténeti rendszertana. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Böhling, N., Greuter, W., Raus, T., Snogerup, B., Snogerup, S. and Zuber, D.** (2002): Notes on the Cretan mistletoe, *Viscum album* subsp. *creticum* subsp. nova (Loranthaceae/Viscaceae). *Israel J. Plant Sci.* 50: 77–84.
- Brun, A. P., Martín, J. F. C., López, F. F. and González, C. C.** (2001): Comparación de la eficacia de distintos productos químicos aplicados mediante tratamiento aéreo en el control del muérdago (*Viscum album*) sobre *Pinus halepensis*. *Bol. San. Veg. Plagas.*, 27: 383–388.
- Calder, M.** (1983): Mistletoes in focus: An introduction. In: **Calder, M. and Bernard, P.** (eds): *The Biology of Mistletoes*. Academic Press, Sydney, New York, London. 1–17.
- Delabrazé, P. and Lanier, L.** (1972): Contribution à la Lutte Chimique contre le Gui (*Viscum album* L.) *Eur. J. For. Path.*, 2 (2): 95–103.
- Der, J. P. and Nickrent, D. L.** (2008) A Molecular Phylogeny of Santalaceae (Santalales). *Syst. Bot.*, 33 (1): 107–116.
- Estok, D., Freedman, D. and Boyle, D.** (1989): Effects of the herbicides 2,4-D, glyphosate, hexazinone, and triclopyr on the growth of three species of ectomycorrhizal fungi. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 42: 835–839.
- Faria, J. C.** (2011): Resources of Tinn-R GUI/Editor for R Environment. UESC, Ilheus, Brasil.
- Frochot, H., Pitsch, M. and Wehrle, L.** (1983): Efficacité d'herbicides sur le Gui des feuillus (*Viscum album mali*) installé sur le peuplier. XII. Conference de Colurna, Paris, 1: 157–165.
- Hawksworth, F. G.** (1983): Mistletoes as forest parasites. In: **Calder, M. and Bernhardt, P.** (eds) *The biology of mistletoes*. Academic Press Sydney, Australia, 317–333.
- Hirka A.** (szerk.) (2011): A 2010. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2011-ben várható károsítások. ERTI, Budapest, 120–121.
- Nickrent, D. L., Malécot, V., Vidal-Russell, R. and Der J. R.** (2010): A revised classification of Santalales. *Taxon*, 59 (2): 538–558.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D. and R Development Core Team** (2011): nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version, 3: 1–100.
- R Development Core Team** (2012): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org/>
- Reveal, J.L. and Chase, M. W.** (2011): APG III: bibliographical information and synonymy of Magnoliidae. *Phytotaxa* 19:71–134.
- Stopp, F.** (1961): *Unsere Misteln*. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt
- Teixeira, M. C., Fernandes, A. R., Mira, N. P., Becker, J. D. and Sá-Correia, I.** (2006): Early transcriptional responses of *saccharomyces cerevisiae* to stress imposed by the herbicide 2,4-D-dichlorophenoxyacetic acid. *FEMS Yeast Research*, 6 (2): 230–248.

- Turker, Y. and Goksel, N.** (1965): The mistletoe (*Viscum album* L.) as a parasite of fruit trees of district of Ankara. Investigation on the methods of chemical control. Bitki koruma Bult. Monograph 2, 34.
- Varga, I., Taller, J., Baltazár, T., Hyvönen, J. and Poczai, P.** (2012): Leaf-spot disease on European mistletoe (*Viscum album*) caused by *Phaeobotriosphaeria visci*: potential candidate for biological control. Biotechnol. Lett., 34 (6): 1059–1065.
- Vroumsia, T., Steiman, R., Seigle-Murandi, F. and Benoit-Guyod, J. L.** (2005): Fungal bioconversion of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and 2,4-dichlorophenol (2,4-DCP). Chemosphere, 60 (10): 1471–1480.
- Zuber, D.** (2004): Biological flora of Central Europe: *Viscum album* L. Flora, 199 (3): 181–203.

STUDY OF THE EFFICIENCY OF DIFFERENT SYSTEMIC HERBICIDES AGAINST EUROPEAN MISTLETOE (*VISCUM ALBUM*) AND THEIR ANTIFUNGAL ACTIVITY AGAINST HYPERPARASITIC MISTLETOE FUNGUS

Ildikó Varga^{1,5}, V. Nagy², T. Baltazár³, Kinga Klára Mátyás⁴, P. Poczai⁵ and I. Molnár⁶

¹ Institute of Plant Protection, Georgikon Faculty, University of Pannonia. H-8360 Keszthely, Deák F. 57. Hungary.

² Government Office of Komárom-Esztergom County, Plant Protection and Soil Conservation Directorate. H-2890 Tata, Új Str. 17. Hungary.

³ Department of Planting Design and Maintenance, Faculty of Horticulture in Lednice, Mendel University in Brno. Valtická 337, 691 44 Lednice na Moravě, Czech Republic.

⁴ Department of Plant Science and Biotechnology, Georgikon Faculty, University of Pannonia. H-8360 Keszthely, Fesztetics Gy. 7. Hungary.

⁵ Department of Biosciences, University of Helsinki, PO Box 65 FIN-00014 Helsinki, Finland.

⁶ DuPont Trade Hungary Ltd. H- 2040, Budaörs, Neumann János str.1.

E-mail: ildikovarga@hotmail.hu

There are more than 3000 ha in Hungary infected by European mistletoe (*Viscum album* L.), which have currently raised. The only way to control this hemiparasite is to cut down the infected branches, while other effective control methods are unknown. Our research focused on the efficiency of herbicide control methods against *V. album*. We tested three herbicide agents and combinations in three concentrations during our study (glyphosate isopropylamine salt, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, methsulphuron-methyl). After the pesticide treatments the phototoxic effects were studied on mistletoe shrubs and on the host trees (*Acer campestre* L.) too. The most efficient agent was 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, which caused the whole necrosis of mistletoe shrubs even in the lowest concentration, but low chlorosis, rarification of foliage and drying of twigs were detected on the host trees. *Phaeobotriosphaeria visci*, which seems suitable for biological control, appeared 3–6 months after the application of 2,4-D on the necrotic mistletoe shrubs. Therefore the effect of 2,4-D and glyphosate on the mycelial growth were examined under *in vitro* laboratory conditions. Even the lowest herbicide concentration caused significantly lower mycelial growth; besides higher concentrations no mycelial growth was detected. An incidental combined herbicide and spore suspension treatment is not possible, due to the antifungal effects of these pesticides.

Keywords: 2,4-D, glyphosate, antifungal activity, *Phaeobotriosphaeria visci*

Érkezett: 2012. szeptember 23.