

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**A *MON 810 Bt*-kukorica Cry1-toxintartalma és pollenjének hatása a hazai
védett lepkékre**

Lauber Éva



MTA Növényvédelmi Kutatóintézet
Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály

Budapest

2011

A doktori iskola

megnevezése: Interdiszciplináris (1. Természettudományok / 1.5. Biológiai tudományok / 4. Agrártudományok / 4.1. Növénytermesztési és Kertészeti tudományok) Doktori Iskola


tudományága: Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok

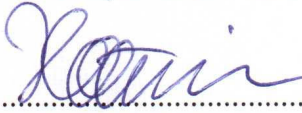
vezetője: Prof. Dr. Tóth Magdolna
egyetemi tanár, az MTA doktora (agrártudományok)
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyümölcsstermő Növények Tanszék

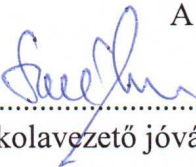
Témavezető: Prof. Dr. Darvas Béla
c. egyetemi tanár, tudományos tanácsadó, az MTA doktora (biológia)
MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Ökotoxikológiai és
Környezetanalitikai Osztály

Tanszéki konzulens: Dr. Haltrich Attila
egyetemi docens, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Rovartani Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.


.....
A témavezető jóváhagyása


.....
A tanszéki konzulens jóváhagyása


.....
Az iskolavezető jóváhagyása

A MUNKA ELŐZMÉNYEI ÉS A KITŰZÖTT CÉLOK

Bevezetés

Magyarország és a szomszédos országok Európai Unióhoz történő csatlakozásával az utóbbi területe egy önálló bioföldrajzi térséggel, a Pannon Biogeográfiai Régióval gazdagodott. Számos egyedülálló faj és élőhely található e régióban, mely természeti értékekben több más európai országnál gazdagabb.

Jelenleg az Európai Unió engedélyek közül négy vonatkozik vetésre: burgonya-fajtacsoportok közül ilyennel rendelkezik az *EH 92-527-1* (Amflora néven ismert), kukorica fajtacsoportok közül a *MON 810* (YieldGard néven ismert) és *ACS-ZM3-2* (*T25* néven ismert), valamint szegfű fajtacsoportok közül a Moonshadow 1. Az elsőgenerációs GM-növények rovarrezisztens változata, a *MON 810*, a *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) kurtított génjét (*cry1Ab*) hordozza. Ezek révén a növények minden részükben Cry1-toxint termelnek, melyek lepkefélék lárváin fejtenek ki ölü hatást. A növényvédő szereknél általánosan elfogadott mellékhatás-vizsgálatok ezen fajták esetében sem elhanyagolhatók, mivel a *Bt*-növényekkel ugyanúgy növényvédő hatású hatóanyagot juttatunk a környezetbe: igaz, speciális formulációban.

Bacillus thuringiensis

A *Bacillus thuringiensis* környezetünkben jelen lévő rovarpatogén baktérium. A legtöbb *Bt*-törzs sporulációja során parasporális testet formál. A parasporális testet alkotó δ -endotoxinok egyik nagy csoportja a Cry-toxinok, melyek *per os* típusúak, és rendszintű specifikitást mutatnak (Cry1 – főként lepkefélék, Cry2 – elsődlegesen lepkefélék és kétszárnyúak, Cry3 – leginkább bogárfélék, Cry4 – kétszárnyúak lárváin hatást kifejtő toxinok).

A Cry-toxinok hatása, több lépésben, a rovarok közepbelében a sejtek líziséhez vezet, melynek következtében az állatok szépsziszben elpusztulnak. A letális hatáshoz a Cry-toxin jelenléte is elégséges, nincs szükség a *B. thuringiensis* baktériumra. A rovarfajok érzékenysége eltérő egy adott toxinnal szemben, és a különböző toxinoknak is eltérő a hatékonysága egy adott fajra nézve.

A *MON 810 Bt*-kukorica főhatásai és alkalmazásának előnyei

A *MON 810 Bt*-kukorica DNS-ébe a toxintermelésért felelős *cry1Ab*-gén kurtított változatát ültetik, miáltal a növény minden részében módosított, lepke-specifikus ~Cry1Ab-toxint termel. A permetező szerhez képest a *Bt*-növények folyamatos védelmet biztosítanak a célkártevő ellen. Ez azonban azt is jelenti, hogy a növényben a Cry-toxin folyamatosan termelődik, s ezzel állandó környezeti terhelésként van jelen. A növényi sejt fala a toxint egyfajta kapszulaként védi. A fajtatulajdonosok előnyként említik a hernyókártétellel együtt a *Fusarium*-fajok okozta

csőfertőzések előfordulásának csökkenését is. A hazai vizsgálatok ezt pontosították, amennyiben a *Fusarium* fertőzésnek csupán kisebb hányada hozható összefüggésbe a gyapottok-bagolylepke és a kukoricamoly lárvákkal. Összességében a termés hozam növekedését szokták említeni a *Bt*-növények legfontosabb hasznaként, ám ez Cry1-kukorica esetén a kukoricamoly-kártétel függvénye, s mivel e kártétel hazánkban nem jelentős, így a termés hozam is változatlan marad.

A *MON 810 Bt*-kukorica mellékhatásai és alkalmazásának hátrányai

A géntechnológiai úton módosított *Bt*-növényekre automatikusan nem vonatkozik a természetes *Bt*-törzseken szerzett tudásunk. A használat alatt álló, Cry-toxint termelő növényekkel kapcsolatban több tudományterület kritikái is megjelentek.

Az ökológiai hatásokat tekintve a transzgénelszabadulás; a Cry-toxintermelés és a GM-tarlómaradványok által a talajéletre gyakorolt hatások; valamint a Cry-toxin rezisztencia kialakulása mellett kifejezett problémát jelent a *Bt*-növények nem célzott állatokon kifejtett hatása. Nem célzott szervezetek táplálkozásuk során kerülhetnek kapcsolatba a *Bt*-növény által termelt Cry-toxinnal: fitofágok az elsodródott, tápnövényüket illetve életterüket szennyező pollen és növényi maradványok; ragadozók és parazitoidok a Cry-toxint elfogyasztó zsákmány- és gazdaállat; lebontó szervezetek a növényi maradványok; megporzó szervezetek viráglátogatásuk; szimbióta szervezetek kölcsönösségi kapcsolataik révén. Kiemelkedő problémát jelent a célkártevő rokonsági körébe eső nem célzott fajok érintettsége, ami a *MON 810* genetikai eseményű kukoricahibrideknél a különböző lepkefajokat jelenti. A kiszóródó pollen kiülekszik a hernyók tápnövényére, amit azután a lárvák a pollennel együtt elfogyasztanak. Az ennek következtében fellépő szubletális hatások (kisebb lárvatömeg, lassabb fejlődés, kisebb báb- és imágótömeg) csökkentik az érintett egyedek, s közvetetten a populáció életképességét. Ez különösen a védett lepkefajoknál kritikus.

A *MON 810* fajtacsoport Cry1-toxintartalma

Az elmúlt évtizedben csupán néhány cikk látott napvilágot a *MON 810* hibridek által termelt ~Cry1Ab-toxinról, így a változó toxintartalom háttéréről még mindig nincs pontos ismeretünk. Annyi bizonyos, hogy a *MON 810* hibridek a ~Cry1Ab-toxint szövetspecifikusan, időben változó mennyiségben termelik. Tudjuk, hogy a talaj minősége, s kiemelkedően a nitrogén-ellátottság jelentősen képes befolyásolni a megtermelő Cry1-toxin mennyiségét; s nem csak termőhely, de az évjárat okozta különbségek is számottevők. Ismert, hogy a *MON 810* mellett másik genetikai eseményt is hordozó hibridekben a ~Cry1Ab-toxin termelődése akár kétszerese lehet az egy toxint termelő hibridekének. A közölt adatok gyakran igen tág határok között mozognak akár egyetlen vizsgálatban is. A pollen tekintetében hasonlóan szélsőséges adatok láttak napvilágot.

A növényi ~Cry1Ab-toxin mérésénél technikai kérdések is felmerülnek. A *MON 810* genetikai eseményt hordozó fajták a *cry1Ab*-gén rövidített változatát tartalmazzák, s a termelődő ~Cry1Ab-toxin is kisebb, 91 kDa, mint az eredeti gén által termelt 131 kDa nagyságú protoxin. Analitikai szempontból nem helyes a protoxinnal nyert antitestekkel és protoxin standarddal működő *ELISA* rendszereket a kurtított, preaktivált növényi ~Cry1Ab-toxin mérésére közvetlenül alkalmazni.

Célkitűzések

Vizsgálataink célja volt:

- Összehasonlítani a Cry1Ab-toxin mérésére forgalmazott *ELISA* kiteket a toxin aktív formájának mérésére való alkalmazhatóságukban, illetve egyazon növényi minta mérhető toxintartalma szempontjából;
- *MON 810* genetikai eseményt hordozó kukoricában meghatározni szervenként a termelődő Cry1-toxin mennyiségét, követni annak szezonális alakulását a növény különböző részeiben, és azonos termőhelyen történő több évnvi termesztés nyomán összehasonlítani a toxikus fehérje kifejeződésének mértékét;
- Felmérni a pollen termelődését és eloszlását a *MON 810* kukoricahibrid és annak izogenikus vonala esetén;
- Elvégezni/folytatni a magyarországi védett lepkefajok analízisét, kiemelve a *MON 810* kukorica által potenciálisan érintett fajokat;
- Több védett lepkefajnak (*Nymphalis io*, *Nymphalis c-album*, *Vanessa atalanta*) meghatározni a Cry1-toxin érzékenységét, és ezt összevetni a két kukoricán károsító lepke, a kukoricamolylepke (*Ostrinia nubilalis*) és a gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) lárváinak Cry1-toxin érzékenységével;
- Kiválasztani egy modell fajt (*N. io*), s vizsgálni annak lárváin a természetes pollenszóródás nyomán jellemző pollenkoncentráció hatását rövidebb (L1-L3) és hosszú távú kitettség (L1-L5) nyomán.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kukorica termesztése és mintavételezése

A *Bt*- és a közel izogenikus fajtákat az MTA Növényvédelmi Kutatóintézetének Ökológiai Kutatóállomásán (Julianna-major, Budapest) termesztettük. A növényi ~Cry1Ab-toxin termelődését a vetést követő 4 hónapban követtük nyomon. Ahogy a kukorica fejlődése lehetővé tette, a vegetatív és generatív szervekből mintákat vettünk (levél, szár, gyökér, portok, pollen, mag). A növényminták a vételt követően azonnal feldolgozásra kerültek.

Cry1-toxin mérése

A különböző Cry1-toxin méréseket két kereskedelmi forgalmú *ELISA* (*Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay* – enzimjelzéses immunanalitikai vizsgálat) rendszerrel végeztük (EnviroLogix Cry1Ab/Cry1Ac QUANTIPLATE® – #AP 003, Portland, MN, USA és Abraxis Bt-Cry1Ab/Ac ELISA kit – #PN 51001, Warminster, PA, USA).

A Cry1Ab-prototoxin enzimatis aktiválása

Mikrobiális eredetű Cry1Ab-prototoxint tripszinnel emésztettünk. Hígító pufferként karbonátpuffer szolgált, mely ditiotreitolt tartalmazott. A toxin/tripszin aránya 0,4 és 55 között változott. Inkubálás után az enzimatis reakciót fenil-metánszulfonsav-fluorid hozzáadásával állítottuk meg. Megfelelő arányú foszfátpufferes hígítás után az emésztett toxinoldatot kereskedelmi forgalmú *ELISA* kitre pipettáztuk, s a kötődési aktivitást az előírt gyártói útmutatás szerint mértük.

A kukorica pollentermelése és a kiszóródott pollen eloszlása

A pollentermelő képesség meghatározásához papírtasakok felhelyezésével tövenként gyűjtöttünk pollent. A kiszóródott pollent óvatosan átszitáltuk, tömegét analitikai pontossággal mértük. Hasonló módszerrel további jelentős mennyiségű pollent gyűjtöttünk a lepkehernyókon végzett érzékenységi vizsgálatokhoz.

A kukoricapollen vertikális eloszlásához a kukorica pollenszórásakor binokuláris mikroszkóp alatt megszámláltuk egy-egy kukoricalevélen levélemeletenként a pollenszámot. A méréseket szilikonolajjal kezelt fekete mérőlappal is elvégeztük.

A horizontális eloszláshoz az utolsó előtti címeres sorra, valamint a címerezett 1. és 3. sorra sugárirányban helyeztünk el mérőlapokat. Az éves uralkodó széliránynak megfelelő körszeletben 200 méterig szilikonolajos mérőlapokat helyeztünk ki.

A gyomnövényeken kiüledő kukoricapollen mennyiségének vizsgálatához Zsámbék és Kömlőd határában felvételeztünk. A kukoricapollen horizontális eloszlását cserepekbe ültetett hamvas szeder és kökény növények kihelyezésével vizsgáltuk.

Gyomfelvételezés és védett lepkék szempontjából való kritikus mintavételezés

A hazai kukoricatáblák legjellemzőbb gyomfajainak vizsgálatához az ország jelentős kukoricatermesztő övezeteiben a kukorica pollenzórásának időpontjában egy tucat, véletlenszerűen választott kukoricatáblán, később egy Zsámbék melletti táblán felvételeztünk. A táblaszegélyen és az állományban gyom-fajlistát vettünk fel, valamint az egyes fajok borítottsági értékeit (%) becsültük.

A hazai védett lepkék életmódjának elemzése

A védett lepkefajok életmódjának analízise során a Magyar Természettudományi Múzeum Lepkegyűjteményének és gyűjteményi adatainak felhasználásával, szakirodalmi adatok alapján valamint a Lepkegyűjtemény szakértőinek segítségével dolgoztunk. A védett lepkefajok tápnövényeinek ismeretében kiválasztottuk azokat a fajokat, melyek a kukoricásokra jellemző gyomtársulásokban, illetve az azokat határoló mezővédő erdősávokban előfordulhatnak. A gyűjteményi példányok gyűjtési idejéből, valamint a fajok életmódjának ismeretében meghatároztuk a lárvák fejlődési illetve táplálkozási idejét. Kiemeltük azokat a fajokat, melyek tápnövénye kukoricások környékén előfordulhat, és a lárva a kukorica pollenzórásakor táplálkozik.

Kísérletek *MON 810* pollennel

Bt-pollennel 2002 és 2009 között végeztünk kísérleteket. A felhasznált pollen ~Cry1Ab-toxintartalmát *ELISA* módszerrel mértük, eloszlását sztereomikroszkóp segítségével számoltuk. Kétféle kezelési módszert alkalmaztunk.

Porozás során tapadásfokozóval történt előkezelés után mikroszítával oszlattuk el a kukoricapollent lédás csalánon. A pollen eloszlását csalánlevélen illetve szilikonolajos tárgylemezen számolva ellenőriztük. A nappali pávaszem esetén a kezelés után helyeztük a növényre a tojáscsomókat. Az állatok az első három stádiumban fogyasztottak kezelt csalánt, majd kezeletlen csalánnövényekre helyeztük át őket. Fejlődésüket nyomon követtük, tömegüket többször mértük. A bábok tömege ivarok szerint került mérésre, illetve nyomon követtük az imágók kelésének időpontját.

A permetezéshez pollenzuszpenziót készítettünk segédanyagok felhasználásával. A segédanyagok hatástalanságát a csupán ezeket tartalmazó oldat permetezésével végzett kontroll kezelésben ellenőriztük. A kijutatott pollenmennyiséget száradás után csalánlevélen számolva

ellenőriztük. A kezelt levelekre frissen kelt első stádiumú lárvák kerültek. A kísérleteket a fentiek szerint ellenőriztük.

Kísérletek DIPEL WP készítménnyel

A védett lepkék esetén a DIPEL WP-t megfelelő koncentrációkban lárva, illetve vágott csalánra juttattuk pumpás mikropermetezővel. Kontrollként tisztavizes permetezés szolgált. A kísérletekhez tojáscsomókat, frissen kelt első illetve különböző stádiumú, vedlés előtt álló, már nem táplálkozó lárvákat használtunk.

A szubletális hatások vizsgálatához DIPEL WP készítménnyel kezelt lárva csalánt használtunk, melyen az első három lárvastádiumban táplálkoztak a lárvák. A kísérleteket a porozásnál leírtak szerint ellenőriztük.

A kártevők esetén különböző koncentrációjú DIPEL WP-vel kezelt kukoricalevélre helyeztünk frissen kelt első stádiumú lárvákat.

Statisztikai értékelés

Az adatokat STATISTICA szoftverrel (StatSoft Inc., USA) és R 2.10.1 programcsomaggal (R Development Core Team) értékeltük. A kémiai mérések eredményeinek elemzése során lineáris és szigmoid regressziót használtunk, és a homogén csoportokat Fisher-féle legkisebb szignifikáns differencia teszttel különítettük el. A biológiai vizsgálatok értékelése során szükség szerint egyutas ANOVA-t, Tukey- vagy LSD-teszteket, χ^2 -próbát Monte-Carlo szimulált p-értékkel, illetve probitanalízist alkalmaztunk.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Eredményeinket összevetve a szakirodalmi adatokkal új megvilágításba helyezzük a növényi Cry1-toxin mérését, és következtetéseket teszünk a *MON 810* kukorica védett lepkéket érintő környezeti hatásairól, mely a hazai fajtaengedélyezés számára lehet hasznos.

1. Bizonyítottuk, hogy a két vizsgált kereskedelmi forgalmú, a Cry1Ab-prototoxin mennyiségi mérésére szolgáló *ELISA* rendszer (az EnviroLogix Cry1Ab/Cry1Ac QUANTIPLATE és az Abraxis Bt-Cry1Ab/Ac *ELISA* kit) az aktív toxint eltérő immun-reaktivitással méri (a prototoxin/aktív toxin kereszt-reaktivitással korrigálva 3,2-szeres eltérés). Tehát a különböző *ELISA* rendszerekkel végzett mérések eredményei nagyságrendileg hasonlóak, de közvetlenül nem összevethetők.
2. Megállapítottuk, hogy a *MON 810* genetikai eseményt hordozó kukorica ~Cry1Ab-toxintartalma szervenként és fenológiai stádiumonként eltérést mutat. A legmagasabb a levél toxintartalma (ötleveles stádiumban ~17 µg/g).
3. Igazoltuk a kukoricatáblák szegélyét övező ruderaliák gyomnövényeinek eltérő pollenfogó képességét, amelyek közül a nagy csalán (*Urtica dioica*; 328 ± 200 pollen/cm²), a hamvas szeder (*Rubus caesius*, 431 ± 334 pollen/cm²) és a csattanó maszlag (*Datura stramonium*, 339 ± 266 pollen/cm²) bizonyult gyakori előfordulású, jó pollenfogónak.
4. A kukorica pollenszórási időszakának, a védett lepkék tápnövény és élőhely preferenciájának összevetésével meghatároztuk a Pannon Biogeográfiai Régióban *MON 810* kukorica révén jelentős ~Cry1Ab-toxin kitettségű védett lepkefajok körét: nagy csalánon táplálkoznak az atalanta lepke (*Vanessa atalanta*), a c-betűs lepke (*Nymphalis c-album*), a kis rókalepke (*Nymphalis urticae*) és a nappali pávaszem (*Nymphalis io*); szedren táplálkoznak az ibolya-gyöngyházlepke (*Argynnis niobe*), a lápi gyöngyházlepke (*Brenthis ino*), a nyugati törpebusalepke (*Spialia sertorius*) és a zöldes gyöngyházlepke (*Argynnis pandora*) hernyói; továbbá csattanó maszlagon fejlődik a halálfejes lepke (*Acherontia atropos*) hernyója.
5. A vizsgált védett lepkék hernyóinak Cry1-toxin (DIPEL) érzékenységi sorrendje (LC₅₀-értékek): *Nymphalis io* L2 (1,93 ppm), *N. io* L3 (2,99 ppm), *N. io* L1 (4,39 ppm), *N. io* L4 (5,74 ppm), *N. io* L5 (6,17 ppm), *Nymphalis c-album* L1 (7,24 ppm) és *Vanessa atalanta* L1 (15,14 ppm).

6. Laboratóriumi körülmények között feltérképeztük a kukoricatáblák szegélyén jellemző sűrűségű ~100 ng/g ~Cry1Ab-toxintartalmú *MON 810* pollen L1-L3 (20-40 % mortalitás, kisebb lárva- és bábtömeg, lassabb fejlődési idő) és L1-L5 stádiumok közötti etetésének (>80% mortalitás, kisebb lárva- és bábtömeg, lassabb fejlődési idő) hatásait nappali pávaszemen. A 30 ng/g-nál kisebb ~Cry1Ab-toxintartalomnál a *MON 810* pollen hatására csak magas (~1000 pollen/cm²) koncentrációban jelentkeztek hatások.
7. Vizsgálataink alapján modell fajnak ajánljuk a nappali pávaszemet (*Nymphalis io*) a kukoricamoly-rezisztens *MON 810* és az ehhez hasonló *Bt*-kukoricahibridek környezeti hatásvizsgálatára a Pannon Biogeográfiai Régióban.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁBAN MEGJELENT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

Könyvfejezetek

- Darvas B. és **Lauber É.** (2006): Genetikailag módosított élő szervezetek a növénytermesztésben. *In* Darvas B. és Székács A. (szerk.): *Mezőgazdasági ökotoxikológia*. L'Harmattan Kiadó, Budapest. 315-319. old.
- Lauber É.**, Polgár A. L. és Darvas B. (2007): A *MON 810*-es kukorica pollenje és a védett lepkék. 39-42. old. *In* Darvas B. (szerk.): *Mezőgazdasági géntechnológia – Elsőgenerációs GM-növények*. Országgyűlés Mezőgazdasági Bizottsága, Budapest.
- Darvas B. és **Lauber É.** (2007): A Cry1-toxinrezisztenciáról. 64-66. old. *In* Darvas B. (szerk.): *Mezőgazdasági géntechnológia – Elsőgenerációs GM-növények*. Országgyűlés Mezőgazdasági Bizottsága, Budapest.

Angol nyelvű cikkek

- Lang, A., **Lauber, É.** and Darvas, B. (2007): Early tier tests insufficient for GMO risk assessment. *Nature Biotechnology*, **25**: 35-36. (IF: 22,850)
- Lauber, É.** and Darvas, B. (2009): Increased mortality of isolated first instar larvae of *Inachis io* (Lepidoptera). *Acta Phytopath. Entomol. Hung.*, **44**: 111-117.
- Székács, A., **Lauber, É.**, Juracsek, J. and Darvas, B. (2010): Cry1Ab toxin production of MON 810 transgenic maize. *Environ. Toxicol. Chem.*, **29**: 182-190. (IF: 2,310)
- Székács, A., **Lauber, É.**, Takács, E. and Darvas, B. (2010): Detection of Cry1Ab toxin in the leaves of MON 810 transgenic maize. *Anal. Bioanal. Chem.*, **396**: 2203-2211. (IF: 3,328)
- Darvas, B., Bánáti, H., Takács, E., **Lauber, É.**, Szécsi, Á. and Székács, A. (2011): Relationships of *Helicoverpa armigera*, *Ostrinia nubilalis* and *Fusarium verticillioides* on MON 810 maize. *Insects*, **2**: 1-11.

Magyar nyelvű cikkek

- Darvas B., Csóti A., Gharib, A., Peregovits L., Ronkay L., **Lauber É.** és Polgár A. L. (2004): Adatok a *Bt*-kukoricapollen és védett lepkefajok lárváinak magyarországi rizikóanalíziséhez. *Növényvédelem*, **40**: 441-449.
- Darvas B., Székács A., Bakonyi G., Kiss I., Biró B., Villányi I., Ronkay L., Peregovits L., **Lauber É.** és Polgár A. L. (2006): Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hivatal GMO paneljének a magyarországi környezetanalitikai és ökotoxikológiai vizsgálatokkal kapcsolatos állásfoglalásáról. *Növényvédelem*, **42**: 313-325.
- Darvas B., **Lauber É.**, Bakonyi G., Békési L., Székács A. és Papp L. (2007): A *MON 810*-es GM-kukoricák környezettudományi megítélése. *Magyar Tudomány*, **167** (8): 1047-1056.
- Takács E., **Lauber É.**, Bánáti H., Székács A. és Darvas B. (2009): *Bt*-növények a növényvédelemben. *Növényvédelem*, **45**: 549-558.
- Darvas B., **Lauber É.**, Takács E. és Székács A. (2009): GM-növények mérlege a növény- és környezetvédelemben I-II. *Környezetvédelem*, **17** (1): 24-25; (2): 26-27.

Rövid közlemények

- Darvas, B., **Lauber, É.**, Polgár, L. A., Peregovits, L., Ronkay, L., Juracsek, J. and Székács, A. (2004): Non-target effects of DK-440-BTY (Yieldgard) *Bt*-corn. *Abs. First Hungarian-Taiwanese Entomological Symposium*, Page 5.
- Darvas B., **Lauber É.**, Kincses J., Vajdics Gy., Juracsek J. és Székács A. (2005): *Bt*-kukorica eredetű Cry1Ab toxinra rezisztens *Plodia interpunctella*. *Abs. 51. Növényvédelmi Tudományos Napok*, 9. old.

- Darvas, B., **Lauber, É.**, Csóti. A., Peregovits, L., Ronkay, L., Polgár, A. L. and Székács, A. (2006): The impact of *Bt*-maize (MON 810) pollen on protected butterfly species in Hungary. *Abs. First European Congress of Conservation Biology*, Page 21.
- Székács A., Juracsek J., Maloschik E., **Lauber É.**, Polgár A. L. és Darvas B. (2006): A Cry1Ab toxin eloszlása a DK-440 BTY növényben, tarlómaradványa és annak lebomlása. *Abs. 52. Növényvédelmi Tudományos Napok*, 32. old.
- Lauber É.**, Kincses J., Polgár A. L., Juracsek J., Székács A. és Darvas B. (2006): Az *Inachis io* és *Polygonia c-album* első stádiumú lárváinak érzékenysége Dipel-re és Cry1Ab-toxint tartalmazó GM-pollenre. *Abs. 52. Növényvédelmi Tudományos Napok*, 36. old.
- Darvas B., **Lauber É.**, Vajdics Gy., Pap L., Juracsek J. és Székács A. (2006): *Bt*-kukorica eredetű Cry1Ab toxinra rezisztens *Plodia interpunctella* keresztérzékenysége Dipel-re, és reakciója citokróm P-450 gátlóra. *Abs. 52. Növényvédelmi Tudományos Napok*, 37. old.
- Darvas B., **Lauber É.**, Polgár A. L. és Székács A. (2007): Környezettudományi eredmények a DK-440 BTY genetikailag módosított (*MON 810*) kukoricával. *Abs. 53. Növényvédelmi Tudományos Napok*, D old.
- Darvas B., **Lauber É.** és Székács A. (2007): Az Európai Unióban engedélyezés alatt álló, géntechnológiai úton módosított növények környezettudományi megítélése. *Abs. 12. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum*, 15-27. old.
- Székács A., Darvas B., **Lauber É.** és Takács E. (2008): Géntechnológiai úton módosított haszonnövények környezetvédelmi aspektusai. *Tudomány és innováció a jövő szolgálatában*, Budapest, 2008. november 7., 23-27. old.
- Lauber É.**, Bánáti H., Takács E. és Darvas B. (2009): Természetes eredetű proteínázgátlók hatása Cry1-fogékony és Cry1-rezisztens aszalványmolyon. *Abs. 55. Növényvédelmi Tudományos Napok*, 20. old.
- Takács E., Bánáti H., **Lauber É.** és Darvas B. (2009): Ovipozitánsok vizsgálata hatása Cry1-fogékony és Cry1-rezisztens aszalványmolyon. *Abs. 55. Növényvédelmi Tudományos Napok*, 21. old.
- Székács, A., Takács, E., Juracsek, J., **Lauber, É.** and Darvas, B. (2010): Determination of Cry1Ab toxin content of MON 810 maize pollen by enzyme-immunoassay. *Abs. 9th European Congress of Entomology*, Budapest, Page 200.
- Darvas, B., Bánáti, H., Szécsi, A., **Lauber, É.** and Székács, A. (2010): Relationships of *Helicoverpa armigera*, *Ostrinia nubilalis* and *Fusarium verticillioides* on MON 810 maize. *Abs. 9th European Congress of Entomology*, Budapest, Page 200-201.
- Lauber, É.**, Peregovits, L., Ronkay, L., Csóti, A., Székács, A. and Darvas, B. (2010): Protected lepidopteran larvae and Cry1Ab toxin exposure by Bt maize pollen in the Pannonian Region. *Abs. 9th European Congress of Entomology*, Budapest, Page 205-206.
- Fónagy A., Krishnan, M., Bánáti H., **Lauber É.**, Takács E., Székács A., Nyiri A., Herman G., Kugler N. és Darvas B. (2010): Kukoricafajták virágzása, különös tekintettel az intraspecifikus hibridizációra (MON 810 x egyéb fajták) [No 1.] *Abs. 56. Növényvédelmi Tudományos Napok*, 53. old.
- Székács A., Takács E., **Lauber É.**, Juracsek J. és Darvas B. (2010): A Cry1-toxin eloszlásának mérése *MON 810* kukoricában – *ELISA* módszerek alkalmazhatósága. *Abs. 56. Növényvédelmi Tudományos Napok*, 54. old.
- Bánáti H., **Lauber É.**, Szécsi Á., Székács A. és Darvas B. (2010): A gyapottok-bagolylepke és a kukoricamoly szerepe a csőfuzariózis terjesztésében. *Abs. 56. Növényvédelmi Tudományos Napok*, 56. old.
- Darvas B., Bánáti H., Szécsi Á., **Lauber É.** és Székács A. (2010): A gyapottok-bagolylepke, a kukoricamoly és a fuzariózis együttes előfordulása szabadföldi hagyományos és Cry1-toxintermelő kukoricacsövekben. *Abs. 56. Növényvédelmi Tudományos Napok*, 57. old.
- Lauber É.**, Székács A. és Darvas B. (2010): Cry1-toxint termelő (*MON 810*) kukorica pollenjének hatása nappali pávaszemre (*Inachis io*) – eredményrevízió. *Abs. 56. Növényvédelmi Tudományos Napok*, 60. old.