

A MON 810-ES GM-KUKORICÁK KÖRNYEZETTUDOMÁNYI MEGÍTÉLÉSE

Darvas Béla

az MTA doktora, c. egyetemi tanár
MTA Növényvédelmi Kutatóintézete,
Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai O., Bp.
bdarvas@freemail.hu

Bakonyi Gábor

az MTA doktora, egyetemi tanár
Szent István Egyetem,
Állattani és Állatökológiai Tanszék, Gödöllő
bakonyi.gabor@mkk.szie.hu

Székács András

az MTA doktora
MTA Növényvédelmi Kutatóintézete,
Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai O., Bp.
aszek@nki.hu

Lauber Éva

tudományos segédmunkatárs
MTA Növényvédelmi Kutatóintézete,
Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai O., Bp.
eva.lauber@gmail.com

Békési László

az állatorvos-tud. kandidátusa, c. egyetemi tanár
Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet,
Méhtenyésztési és Méhbiológiai Kutatócs., Gödöllő
bekesi@katki.hu

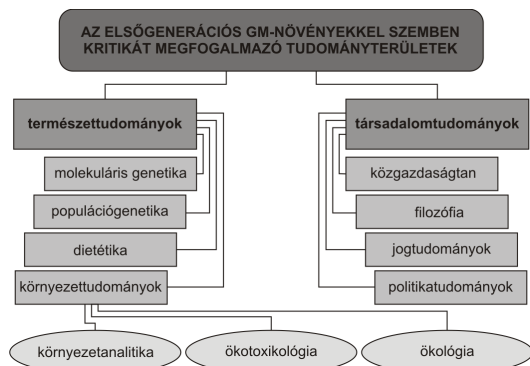
Papp László

az MTA rendes tagja, kutatóprofesszor
Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest
lpapp@zoo.zoo.nhms.hu

Írásunk reakció Kiss József és munkatársai (2007) környezeti kockázatelemző dolgozatára, amire alapozva a vendégszerkesztő azt a következtetést vont le, hogy más rovarokat, mint a kukoricamolyt nem veszélyeztet a vizsgált, géntechnológiai úton módosított (GM) növény. Ezzel szemben mi csak a GM-növények esetről esetre való értékelésével érhetünk egyet, hiszen nagyon is eltérnek az egyes fajtacsoportok környezeti konzekvenciákkal járó tulajdonságai. Korántsem csak a környezettudományok kritizálják az első generációs GM-növényeket, hanem más természet- és társadalomtudományok is (*t. ábra*). A természettudományokon belül a molekuláris és populációgenetika, továbbá a diétetika fogalmazott meg eddig – a környezettudományokon túl – megfontolandó érveket.

Környezetanalitika

A Cry-toxint termelő növények vizsgálatával foglalkozva korántsem elhanyagolható, hogy a *Bacillus thuringiensis* mely toxinját termeli egy fajta, hiszen ennek rovarrendre kiterjedő hatása van. A toxinok közül a gazdaságilag jelentősebbeket kiemelve az orális hatású Cry1-toxinok a lepkefélék, a Cry3-toxinok a bogarak, a Cry4-toxinok a kétszárnyúak lárváit pusztítják elsősorban. Míg a GM-növények e toxinok valamelyikét termelik, a *B. thuringiensis* törzsek 4–12 Cry-prototoxint termelhetnek, amelyek a gazdavar emésztése során aktiválódnak, majd kötődve a kevésbé ismert tulajdonságú receptoraikhoz a bél hámszejthártyáját roncsolják. E kapukon keresztül jut be a testüregbe a bélben élő szim-



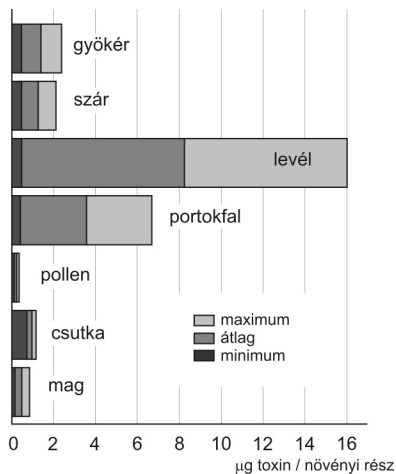
1. ábra • Az első generációs GM-növényekkel szemben kritikát megfogalmazó tudományterületek.

bionta mikrobaközösség, ami szépszist idéz elő. Kiss és munkatársai (2007) a *Bt*-kukorica környezeti kockázatait értékelve e tudományterületet egyáltalán nem érintik.

CryIA-toxintermelő képesség
– környezetanalitikai vizsgálatok I.

A *Bt*-növények által termelt *Cry*-toxinok mennyisége széles határok között változik. Vannak genetikai események, amelyekből származó növények minden szövete azonos mennyiségű toxintermelésre képes, s vannak, ahol szövetspecifikus toxintermelést jegyeztek fel. A *MON 810*-es fajtacsoportra, például egységnyi szövetre vonatkoztatva levél > portokfal > gyökér > szár > mag > pollen (2. ábra); míg a megtermelt szerves anyagra kalkulálva levél > szár > gyökér > mag > portokfal > pollen sorrend írható fel.

Külön problémaként említhető, hogy az azonos genetikai eseményből előállított fajtákban a *CryIA*-toxintermelés jelentősen eltérhet, sőt ugyanazon fajta – pl. növénytáplálás-függő – különbségeket is mutathat. Az őszi termelő *CryIA*-toxintartalom, a DK-440 *BTY* fajtában ~80 %-ban a levelekben található (Székács – Darvas *in*: Darvas, 2007).



2. ábra • A *MON 810*-ben mért *CryI*-toxinmennyiségek (AGBIOS database; CFIA DD, 1997; Wraight et al., 2000; ANZFA TR, 2001; EPA, 2001; Bruns – Abel, 2003; EFSA, 2004; Chilcutt – Tabashnik, 2004; Abel – Adamczyk, 2004; Lang et al., 2004; Nguyen, 2004; EFSA, 2006¹). A termőhelyek és az évszámok okozta különbségek, ill. a mintázás időpontja hozzájárulnak a nagymértékű szóráshoz.

¹ Az irodalomjegyzékben nem található hivatkozások Lauber Évtől kérhetők el, illetve megtalálhatóak a cikk internetes változatának végén a *Magyar Tudomány* honlapján: www.matud.iif.hu

A DK-440 BTY által hektáronként megtermelt Cry1Ab-toxintartalmat lehet az ötféle Cry-toxint tartalmazó DIPEL rovarölőszerral kiszórt protoxin (80 % Cry1- és 20 % Cry2-toxin) mennyiségével összevetni, ám a teljes mennyiségek (protoxin *vs.* aktív toxin) összehasonlítását megnehezíti, hogy előtte számtalan környezetanalitikai alap kutatási problémát kell tisztázni. Az egyik lényegi nehézség, hogy a kereskedelemben kapható mennyiségi mérésre alkalmas ELISA készletet a gyártója (EnviroLogix Inc.) visszavonta a piacról, illetve ma már csak kvalitatív mérésre forgalmazza.

*Cry1A-toxin lebomlása
a tarlómaradványokban
– környezetanalitikai vizsgálatok 2.*

A növényi sejtekbe zárt Cry1A-toxin aktivítása a talajban legalább 234 napig megmarad (Tapp – Stotzky, 1998). A Cry1A-toxintartalom 1–8 % a mérhető vissza egy év múlva (Székács – Darvas In: Darvas, 2007). Száritott növényi minták hűtött körülmények között évekig és szinte változatlan Cry1A-tartalommal tárolhatók.

Egy orális hatású fehérje/lektin-toxin minden, az érzékenyek körébe tartozó rovat megbetegít, ami táplálkozással azt magához veszi. Ezek a rovarok a kukoricát vagy tarlómaradványait fogyasztják. Másodlagos érintettek azok, amelyek kukoricán élő állatokat fogyasztanak. Hatásnak kitett csoportok azok is, amelyek tápláléka – a pollenszórás időtartama alatt – szennyeződik a kukoricapollen által a környezetben szétterülő Cry-toxinnal. A környezetanalitikai vizsgálatok tehát jelzik azt, hogy a MON 810-es fajtákkal változó mennyiségű, főhatásként a lepkhernyők megbetegítésére alkalmas Cry1-toxin termelődik, majd tarlómaradvány formájában hosszú ideig a területünkön marad.

Ökotoxikológia

Az ökotoxikológiai vizsgálatok közül csak a szabadföldről gyűjtött növényminták ellenőrzött körülmények közötti, gerincteleneket érintő laborvizsgálatára térünk ki. Mindezt rizikóvizsgálatok előzik meg, amelyek során az érzékenyek gondolt kapcsolatokat kiválasztjuk. Megjegyzendő viszont, hogy a hatásvizsgálatok környezetanalitikai háttér nélkül való végzése vakrepüléshez hasonlítható, hiszen a minták Cry-toxintartalmának nagymérvű variabilitása miatt (2. ábra) az oksági kapcsolatra egyébként nem derülhet fény.

Kártevők – főhatásvizsgálat. A MON 810 által termelt Cry1Ab-toxin hatását legeredményesebben a levélre tojást rakó, kelés után azon táplálkozást kezdő kukoricamoly hernyóra fejt ki. A fejlődő szemeken károsító gyapottok-bagolylepke hernyóin a hatás csekélyebb (Kiss et al., 2007), amelynek oka szerintünk az, hogy ott egy nagyságrenddel kevesebb Cry1A-toxin fejeződik ki (2. ábra). A kukorica egyéb hazai kártevőire a Cry1A-toxin hatásspektruma nem terjed ki. Így a kukoricabogár, a pattanóbogár, a kukoricabarokó, a fritlég, a muharbolha, a levéltetű és a kétfoltos takácsatka kártétele zavartalan. Az Európa más tájain károsító déli kukoricabagoly magyarországi kártételéről viszont nincs tudomásunk. Kukoricamoly ellen egyébként a hazai gazdák nem védekeznek, mivel a fertőzöttség mértéke igen ritkán éri el az ún. kártételi küszöbszintet.

Néhány elemzés felveti annak lehetőségét, hogy a kukoricamoly és a gyapottok-bagolylepke hernyóinak csőkártétele a csőfuzariózis kialakulásához teremti meg a lehetőséget. Ezt vizsgálatokkal kellene tisztázni.

Védett állatok – mellékhatás-vizsgálat 1. A Cry1-toxin hatásspektruma a lepkefélék

hernyóira terjed ki. Magyarország védett állatfajai között 187 lepkefajt találunk. A DK-440 BTY pollennel termelt Cry1A-toxinmenyiség a táblaszéli gyomokon élő kilenc védett lepkefajunkat (Darvas et al., 2004) érintheti. Tehát nem csupán azt a kettő, modellállatként választottat, amit Kiss és munkatársai (2007) nekünk tulajdonítva említ. A hazai kukoricatábla-szegélyeken a harmadik leggyakoribb növény – növénykapcsolat a nagy csalán, melyen két védett (nappali pávaszem és atalantalepke) és egy ritka faj (c-betűs lepke) hernyói kelhetnek akkor, amikor a hazai kukoricafajták a pollenjüket szórják. A tábla szegélyén a nappali pávaszem hernyók esetében ~20 %-os pusztulás is előfordulhat, ami jelzés arra, hogy élőhelyük a *MON 810* pollenjétől megváltozik. A természetvédelmi törvények ezt tilalmazzák (Darvas et al., 2006), ezért olyan rizikóanalízist végezni, amely megengedett pusztulást vesz figyelembe: értelmetlen. A modellválasztás azért kívánatos, mert az összes érintett faj vizsgálata képtelenség volna. Téves Kiss és munkatársainak (2007) azon megállapítása is, hogy a laboratóriumi eredmények túlértékelik a veszélyt, mert ennek ellenkezője az, ami előfordul (Lang et al., 2007). A laboratóriumban a rovarok számára optimális környezetet biztosítunk (nincs hőmérséklet-ingadozás, eső, UV-sugárzás stb.), és a sűrű hálók távol tartják a nagyobb testű ragadozókat és a parazitoidokat. A patogének is figyelmet érdemelnek, amelyek bármilyen időszaki legyengülés miatt aktiválódhatnak. A cypovírus-2 együtt él a nappali pávaszem hazai állományával, s járványos formában söpörhet végig a népségein. Védett lepkefajokon kapott eredményeinket Lauber Éva és munkatársai (Darvas, 2007) összegzik.

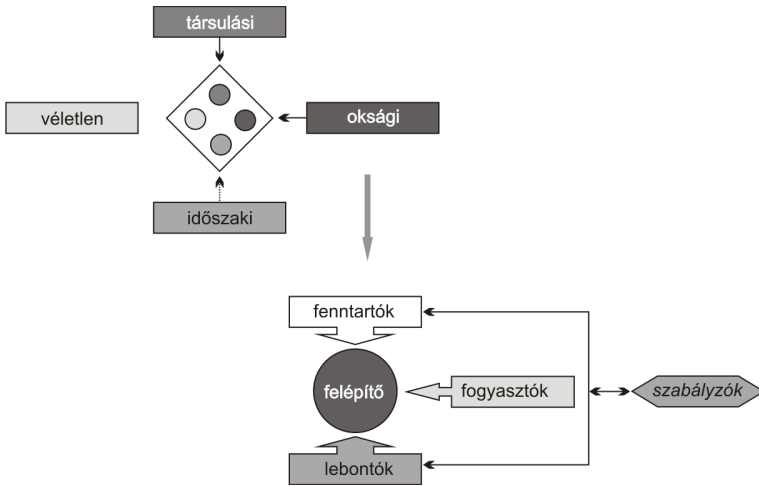
Hasznos állatok – mellékhatás-vizsgálat 2.
E területről bizonyosan kiemelhetők a meg-

porzást végző méhek. A kukorica ugyan nem mézel, de pollenjét a méhek kilométerekről begyűjtik, felhasználják a fiasítás táplálására, ezenkívül bekerül a mézbe is. A nyári virág-mézben megjelenő GM-kukoricapollen nemcsak a bioméhészetek problémája, de az exportorientált magyar méztermelésé is. Néhány eddigi vizsgálat azt mutatta, hogy maga a Cry1A-toxin közvetlenül nem mérgező a méhekre, de megváltoztathatja viselkedésüket (Babendreier et al., 2005). A DK-440 BTY pollen csökkenti a lárvák fejlődési erélyét, illetve a kifejlett méhek rezisztenciájára (*Nosema apis* egysejtű parazita fertőzés) negatív hatással van (Békési In: Darvas, 2007). Az egyéb hasznos állatokkal (ragadozók és parazitoidok) laboratóriumban végzett vizsgálatok száma igen alacsony, és az egyes vizsgálatok átlagosan nem haladták meg a három hét időtartamot (Lövei – Arpaia, 2005).

Rezisztencia – mellékhatás-vizsgálat 3. A szubletális dózisban adott vegyületekre szelektálódó rezisztens népeség megjelenése általános jelenség az élővilágban. Így van a DIPEL esetében is. Vizsgálatainkban a tizedik nemzedékre szelektálódott Cry1-toxinra (DK-440 BTY levélre) rezisztens aszalványmoly-népeség. Ez azt veti fel, hogy az egyféle toxint termelő *Bt*-növényekre alapozó növényvédelmi megoldások gyors lejáratiúak (Darvas – Lauber In: Darvas, 2007). Ennek kezelésére még nem látunk jól használható megoldásokat.

Ökológia

E meglehetősen összetett egység vázlatos leírására vállalkozunk csupán. Az ökológiai hatások alatt szabadföldieket értünk, amelyeket az érintett életközösség bonyolult rendszerén próbálunk mérni. A bemutatáshoz Szélessy Gusztáv praktikusán egyszerű csoportosítást használjuk alapként (3. ábra).



3. ábra • Egy növény (felépítő) kapcsolatvázlata

Egy növényt jellemez, hogy élőhelyét időben változóan más növényekkel osztja meg. Kultúrnövényeknél leggyakoribb szomszédja is a fajtársa. Azonban itt sem csak ilyen kapcsolatok alakulnak ki. Jellemzően mások a táblaszéli, illetve a táblán belüli kultúrnövény nélküli foltok kapcsolatai. Pollenszórás-kori felvételezéseink során a hazai kukoricások jellemző gyomjainak a táblaszegélyen a közönséges tarackbúzát > a csillagpázsitot > a nagy csalánt és > a vadkendert találtuk. Ugyanezen állományok a vadkőles > zöld muhar > csattanó maszlag és > csillagpázsit borítottsági sorrendet mutatták (Darvas et al., 2004).

Amennyiben egy növény állatkapcsolatait vizsgáljuk, úgy oksági, társulási (együtt élő növényekkel való természetes szabályzó és tarlómaradvány-lebontó kapcsolatmegosztás), időszaki (az év pár hetére korlátozódó forrásra épülő időszaki kapcsolat, például pollen- és nektárfogyasztók) és véletlen (útban lévő, megpihenő egyedek) kapcsolatokat találunk. Az oksági összeköttetés alaptípusai: a növényt

fenntartó (megporzó), fogyasztó (kártévő), lebontó (tarlómaradványi), valamint az előzőeket szabályzó (ragadozók és parazitoidok) kapcsolatok.

Ezek az egyszerű táplálékláncok aztán a növénytársulásokban bonyolult táplálékláncokká fonódnak össze. A kukorica – nagy csalán kapcsolatra a mellékelt vázlat készíthető el (4. ábra). Természetesen ez messze bonyolultabb lesz, ha valamennyi kapcsolatot feltüntetjük, illetve számolunk a nagyobb élettérben megjelenő gerinces táplálékláncokkal, melyek egyedi lakóhelyén, ürülékén és tetemén speciális közösségek alakulnak ki.

*Növény–növény kapcsolatok
– mellékhatás-vizsgálat 4.*

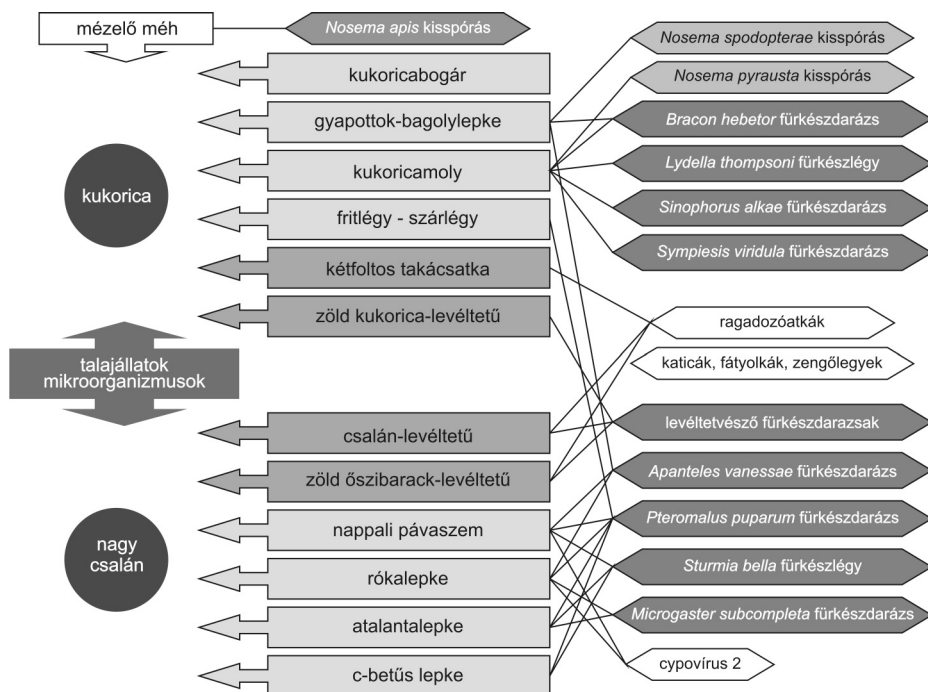
E körbe sorolhatjuk a faj- és fajtahibridek keletkezésének esélyét, amire egy koegzisztenciatorvénynek támaszkodni kell. Úgy gondoljuk, hogy amíg Bálint Andor (1980) állításait kísérletesen nem cáfolja valaki, addig vetőmagtermesztésnél 800 méterre tehető a biztonságos izolációs távolság. Minden ennél

kisebb távolság tudományosan megalapozatlan. Az izolációs távolságok megválasztásának szigorúságával ugyanakkor csupán egy gén terjedésének gyorsaságát befolyásolhatjuk. Kukoricánál 800 méteres izolációs távolság betartása sem biztosíték egy gén terjedésének kiküszöbölésére, csupán ésszerű kompromisszum, azaz osztjuk a világ ökológusainak azon állítását, hogy egymásra hatás nélkül maradó növényi koezisztencia – különösen idegenbeperzókánál –: nonszensz.

Növényállományi növény–állat kapcsolatok – mellékhatás-vizsgálat 5.

Kiss és munkatársai (2007) eredményei ebbe a körbe esnek. Mielőtt erre rátérnénk, visszaidézzük az évtizedekkel ezelőtti, az MTA

NKI szervezésében indult kukoricaökoszisztema-vizsgálatok eredményeit. Az 1976–1980 között hetenként mintavételező – fény-, talaj-, szín-, ragados-, szexferomon-csapdákra épülő, hálózást és növényvizsgálatot alkalmazó – faunisztikai munka hosszú fajlistát eredményezett (Mészáros, 1984). A kultúrsivatagnak gondolt kukoricából 582 fonálféreg- és ízeltlábúfajt mutattak ki. További meglepetés akkor ér bennünket, ha átnézzük ezt a listát, amelynek jó, ha 1-2 %-a kukorica-kártevő, vagy a kukorica tarlómaradványát bontja, és talán 2-3 %-a tartozik a szabályzók körébe. Honnan jön a többség? Nos, úgy tűnik, az sokkal inkább arra a helyi, mikroszinten sokféle, generalista életközösségekre jellemző, ahová a kukoricát vetették. További



4. ábra • A kukorica – nagy csalán társulás oksági kapcsolatai. (Megjegyzés: halványszürke négyszög – rágó kártevők; sötétszürke négyszög – szívó kártevők; halványszürke hatszög – betegségek; fehér hatszög – ragadozók; sötétszürke hatszög – parazitoidok.)

megjegyzéseket is biztonságosan tehetünk, s ezek a felvételezés módjára (talajbéli felvételezések és kinevelések korlátozottsága), a felvételezések időpontjára (későiek hiányoztak) vonatkoznak. Számos, feltáratlan csoport világos jelzés a velük foglalkozó specialisták hazai hiányára.

Kiss és munkatársai (2007) az előbbi munka nyomdokain elindulva, kisparcellán, különböző csapdák imágófogásaiból igyekeztek többnyire generalista ragadozókra következtetéseket levonni arról, hogy a *Bt*-növényeknek van-e valamilyen állatközösséget átalakító hatásuk. Adataik nem jeleztek szignifikáns eltéréseket. Azonban a fajdiverzitás-rendezési görbék önmagukban még nem jelentenek eredményt, csak azt bizonyítják, hogy jogosult a diverzitások sokféle indexszel való összehasonlítása. Bemutatott eredményeik nem feltétlenül azt jelentik, hogy eltérések nem lehetnek, csupán arra utalnak, hogy az alkalmazott módszerek ezek megállapítására nem teremtették meg a lehetőséget. A 30x30 méteres parcellák (Szekeres et al., 2006) nem alkalmasak jelentős helyváltoztató képességű rovarok népeségingadozásainak követésére. A jól röpködő rovarokra jellemző az élettartam alatti átlagosan 3–10 kilométeres szétterjedési távolság. A kabócák között adataiból kiszámítható a fajazonossági index, amely 2002-re 42 %, míg 2003-ra vonatkozóan 52 %. Ezek két-két hasonló kinézetű, hazai ökoszisztéma fajazonossági index értékei lehetnének. Az eredmény persze nem azt jelenti, hogy a kicsi, egymásba fűzött parcellák kabócái között ekkora különbség van, csupán azt, hogy a begyűjtött anyag elégtelen volt elemzésre. Hogy az átrepülő kabócák közül hány olyat vonzott a sárga ragacs lap, amelyeknek semmi közük a kukoricához, nem tudhatjuk.

A kísérleti beállítás számos más ponton is koncepcionálisan téves. A vizsgálatokban meghatározó a floéból táplálkozó levéltetvekre épülő ragadozók követése, azonban ha a növényevő szervezetébe a sejtekben lokalizálódó Cry-toxinból igen kevés jut be (Dutton et al., 2002; Burgio et al., 2007), akkor ragadozóján sem várható hatás. Az alkalmazott csapdák talajszinten mászó (például futóbogarak) és jól röpködő (például katicabogarak, fátolykák, poloskák stb.) imágókat fogtak; ezek szervezetéből viszont nem mutatnak ki speciális receptorokat, amelyen keresztül a Cry-toxinok a hatásukat kifejthetnék. Nem véletlen, hogy a Cry3-toxint termelő kukoricafajták csak a kukoricabogár lárváit pusztítják, míg az imágók károsodás nélkül táplálkoznak. Kiss és munkatársai (2007) vizsgálataiban a fogott állatok töredékének lehet oksági köze a kukoricához. A vizsgált polifág állatok érintettségének behatárolása az egyes zsákmányállatok Cry-toxintartalmának és fogyasztási hányadának mérése nélkül képtelenség. A vizsgálatban felsorolt nemcélállatcsoportok (például pókok) nem tartoznak a Cry1-toxin hatáskörébe, azaz csupán indirekt (nem a főhatás-mechanizmusán alapuló) hatások keresése lehet az efféle vizsgálat célja. Indirekt hatások természetesen előfordulhatnak, például a táplálkozási preferencia területén, de ezek – jó hatékonysággal – csak tenyészeteken vizsgálhatók.

Közleményük futóbogarakra vonatkozó részét Szekeres és mtsai (2006) cikkére alapozták. Miután azonban vizsgálataikban nem volt a kukoricán kívüli kontrollmintavétel, senki sem tudhatja, hogy a bogárfajok közül melyiknek van köze a kukoricához. Maguk is elismerik (a citált cikk 274. oldala), hogy a fajgazdagság lehetséges oka a szomszédos gyümölcsösökből való bevándorlás.

Hiányolható az eredménymegvitatásból az a nagyon egyszerű ökológiai szemlélet is, hogy ha egy kártevőt kiemelünk egy közösségből, azzal annak természetes szabályozóit is érintjük. Nem maradhat tehát hatás nélkül az az eljárás, amely kiemeli a kukoricamolyt a kártevők közül, hiszen annak specialista szabályozói, itt például a kukoricamoly-fürkészlégy népsége vele fog csökkenni.

*Talajbeli életközösségek
– tarlómaradvány – állatkapcsolatok
– mellékhatás-vizsgálat 6.*

A kukoricából többféle úton juthat Cry-toxin a talajba. Ezek közül kétségtelenül a gyökérváladákokon keresztül és a tarlómaradványokkal a betakarítás után talajba kerülő toxinmennyiség a legjelentősebb. A toxin lebomlása területenként jelentősen eltérő, elsősorban a talajlettől, a hőmérséklettől és a talajtípustól függően. A hagyományos és a Cry-toxint termelő kukorica beltartalma több vegyületet tekintve is szignifikánsan különböz-

het. Mindezekből következik, hogy a Cry-toxint termelő kukorica talajállatokra gyakorolt hatása térben és időben jelentősen különböző lehet, valamint direkt és indirekt hatásokkal is számolnunk kell. Ezeket a tényeket komoly súllyal kell figyelembe venni a laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek extrapolálása során és a terepvizsgálatok eredményeinek elemzésekor.

A Cry-toxin esetében az a kérdés, hogy a kukorica által termelt toxinnak van-e letális vagy szubletális hatása a talajállatokra. A fajtatulajdonosok nullhipotézise az, hogy ilyen hatás nincs, és véleményük szerint erre vonatkozó tudományos adatokat sem publikáltak még. Viszont más kutatási eredmények arra utalnak, hogy ez az állítás nem tartható. Adatok bizonyítják (*1. táblázat*), hogy a Cry-toxint termelő kukorica izogénes párjához viszonyítva szignifikáns hatást gyakorolt talajállatokra. Ne felejtjük: jelen kérdésfeltevés esetén érdektelen, hogy sok más esetben valóban nem találtak szignifikáns különbségeket.

Célcsoport	Mire hatott a növény?	Hatás jellege	Szerző
<i>Laboratóriumi vizsgálatok</i>			
Ászkarák	korai pusztulás, növekedés	pozitív	Escher et al. (2000)
Ászkarák	táplálékfogyasztás	negatív	Wandeler et al. (2002)
Földigilisza	testtömeg	negatív	Zwahlen et al. (2003)
Földigilisza	kelési siker	negatív	Vercesi et al. (2006)
Ugróvillás	táplálékvalasztás	negatív	Bakonyi et al. (2006)
Ikerszelvényes	ürülékmenyiség	pozitív	Weber – Nentwig (2006)
<i>Üvegházi vizsgálat</i>			
Egysejtűek és fonálféreg	denzitás	pozitív	Griffiths et al. (2006)
<i>Terepvizsgálatok</i>			
Egysejtűek és fonálféreg	denzitás	negatív	Griffiths et al. (2005)
Fonálféreg	táplálkozási csop. aránya	megváltozott	Manachini–Lozzia (2002); Arndt (2006)

1. táblázat • Cry-toxint termelő kukorica szignifikáns hatása talajállatokra (Az irodalomjegyzékben nem található hivatkozások Bakonyi Gábortól kérhetők el, illetve megtalálhatóak a cikk internetes változatának végén a *Magyar Tudomány* honlapján: www.matud.iif.hu)

Mivel a vizsgálatok célszervezetei, módszerei, kísérleti beállításai, talajtípusai stb. rendkívül heterogének, általánosításra, összefoglaló következtetések levonására nem alkalmasak. Azt azonban határozottan állíthatjuk, hogy számos, megalapozott kutatási eredmény bizonyítékai szerint hatások léteznek.

*Talajbeli életközösségek – tarlómaradvány
– mikrobiális kapcsolatok
– mellékhatás-vizsgálatok 7.*

Ez a legismeretlenebb része a kapcsolatoknak, hiszen becslések szerint jó, ha a talajban élő mikroszervezetek fajainak 1 %-át ismerjük. Talaj-mikrobiológiai ismereteink lényegesen kisebbek annál, mint ami az egyik legfontosabb megújuló erőforrásunk, a talaj okszerű műveléséhez, egészségének megőrzéséhez szükséges lenne. Évszázadok óta úgy hatunk erre a közegre (kezeljük például mutagén hatású növényvédő szerekkel), hogy annak élő alkotóelemeit nem tudjuk megnevezni.

Utószó

Azzal a fölöttébb egyszerű állítással zárjuk sorainkat, hogy véleményünk szerint nem

írható le a szakmai reputáció megőrzésének igényével az a mondat, hogy nem merült fel a GM-növényekkel szemben megalapozott környezettudományi aggály, vagy hogy valószínűsíthető az, hogy ilyen eredmény nem is fog születni egy körültekintő, oksági vizsgálatsorozatban. Az is állítható, hogy a felsorolt tíz vizsgálat típus eltérő kérdésekre ad választ, így ezek egymással nem helyettesíthetők. Környezetanalitikai alapok nélkül a közölt biológiai eredmények kérdőjelesek. Bizonyosra vehetjük, hogy a *Bt*-növényeknek van nem kívánt környezeti hatásuk, s csupán a kiterjedés és mérték az, ami ökológusok között vita tárgyát képezheti. A fentiekből levonható módszertani következményeket a GMO-Kerekasztal szakemberei vizsgálati tervben foglalták össze (<http://www.vedegylet.hu/doc/AllasfoglalasH.pdf>). Véleményünk szerint ezek elvégzése után jelenthető ki bármi is az egyes GM-fajták környezetre gyakorolt hatásáról.

Kulcsszavak: *MON 810, Bt-kukorica, GM-növények, környezetanalitika, ökotoxikológia, ökológia*

IRODALOM

- Babendreier, Dirk – Kalberer, M. N. – Romeis, J. – Fluri, P. – Mulligam, E. – Bigler, F. (2005): Influence of Bt-transgenic Pollen, Bt-toxin and Protease Inhibitor (SBTI) Ingestion on Development of Hypopharyngeal Gland in Honeybees. *Apidologie*. 36, 585–594.
- Bakonyi Gábor – Szira F. – Kiss I. – Villányi I. – Seres A. – Székács A. (2006): Preference Tests with *Colombolans* on Isogenic and Bt-maize. *European Journal of Soil Biology*. 42, 132–135.
- Bálint Andor (1980): A vetőmagtermesztés genetikai alapjai. *Mezőgazdasági*, Budapest, 171.
- Burgio, Giovanni – Lanzonia, A. – Accinellia, G. – Dinellia, G. – Bonettia, A. – Marottia, I. – Ramillia, F. (2007): Evaluation of Bt-toxin Uptake by the Non-target Herbivore, *Myzus persicae* (Hemiptera:

- Aphididae), Feeding on Transgenic Oilseed Rape. *Bulletin of Entomological Research*. 97, 211–215.
- Darvas Béla (szerk.) (2007): *Mezőgazdasági géntechnológia – elsőgenerációs GM-növények*. Magyar Országgyűlés Mezőgazdasági Bizottsága, Bp., 164
- Darvas Béla – Csóti A. – Gharib, A. – Peregovits L. – Ronkay L. – Lauber, É. – Polgár A. L. (2004): Adatok a Bt-kukoricapollen és védett lepkefajok lárváinak magyarországi rizikóanalíziséhez. *Növényvédelem*. 40, 441–449.
- Darvas Béla – Székács A. – Bakonyi G. – Kiss I. – Biró B. – Villányi I. – Ronkay L. – Peregovits L. – Lauber É. – Polgár A. L. (2006): Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hivatal GMO Paneljének a magyarországi környezetanalitikai és ökotoxikológiai vizsgálatokkal kapcsolatos állásfoglalásáról. *Növényvédelem*. 42, 313–325.

- Dutton, Anna – Klein, H. – Romeis, J. – Bigler, F. (2002): Uptake of Bt-toxin by Herbivores Feeding on Transgenic Maize and Consequences for the Predator *Chrysoperla carnea*. *Ecological Entomology*. 27, 441–447.
- Kiss József – Szekeres D. – Tóth F. – Szénási Á. – Kádár F. (2007): Genetikailag módosított növények és környezeti kockázatok: A „Bt-kukorica” példája. *Magyar Tudomány*. 167, 428–436.
- Lang, Andreas – Lauber, É. – Darvas, B. (2007): Early Tier Tests are not Sufficient for GMO Risk Assessment. *Nature Biotechnology*. 25, 35–36.
- Lövei L. Gábor – Arpaia, S. (2005): The Impact of Transgenic Plants on Natural Enemies: A Critical Review of Laboratory Studies. *Entomology Experiments and Applications*. 114, 1–14.
- Mészáros Zoltán (szerk.) (1984): Results of Faunistical Studies in Hungarian Maize Stands. *Acta Phytopathologica Academiae Sci. Hung.* 19, 65–90.
- Szekeres Dóra – Kádár F. – Kiss J. (2006): Activity Density, Diversity and Seasonal Dynamics of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Bt- (MON 810) and Isogenic Maize Stands. *Entomologica Fennica*. 11, 269–275.
- Tapp, Hazel – Stotzky, Guenther (1998): Persistence of the Insecticidal Toxins from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* in Soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 30, 471–476.

