

bio k ntr l

1. évfolyam 1. szám, 2010. november



KUTATÁS, FEJLESZTÉS ÉS INNOVÁCIÓ
AZ AGRÁR-KÖRNYEZETVÉDELEMBEN

Negyedéves tudományos szakfolyóirat



KUTATÁS, FEJLESZTÉS ÉS INNOVÁCIÓ AZ AGRÁR-KÖRNYEZETVÉDELEMBEN

NEGYEDÉVES TUDOMÁNYOS SZAKFOLYÓIRAT

Laptulajdonos:

Magyar Biokultúra Szövetség
Czeller Gábor (*elnök*)
1061 Budapest, Anker köz 2-4. III/4.

Kiadja:

Biokontroll Hungária Nonprofit Kft.
1027 Budapest, Margit krt. 1. III/16-17.
info@biokontroll.hu • www.biokontroll.hu

Felelős kiadó:

Roszik Péter

Főszerkesztő:

Székács András

Tördelőszerkesztő:

Mihalec Hedvig

Nyomda

Pethő Kft.

Ára: 1000 Ft

Megrendelhető:

Biokontroll Hungária Nonprofit Kft.
Tel: 06-1/336-1123/136 mellék
info@biokontroll.hu

Készült a Vidékfejlesztési Minisztérium
támogatásával

Minden jog fenntartva!

A lapból értesüléseket átvenni csak a
Biokontrollra való hivatkozással lehet.

ISSN 2062-2481

Hulladékpapírból  újrahasznosítva

A szerkesztőbizottság tagjai:

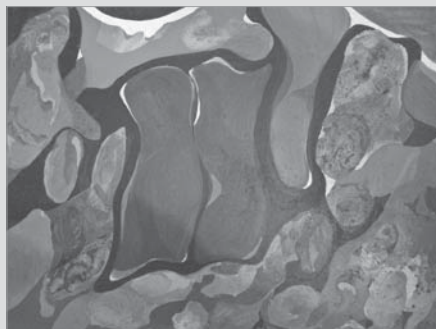
Bakonyi Gábor
Báldi András
Bardócz Zsuzsa
Bodó Imre
Botta-Dukát Zoltán
Darvas Béla
Győri Zoltán
Heszky László
Kiss Ferenc
Kocsis László
Koleva Roszica
Kovácsné Gaál Katalin
Kriszt Balázs
Lugosi Andrea
Menyhért Zoltán
Mézes Miklós
Murányi Attila
Radics László
Reisinger Péter
Roszik Péter
Szalay István
Székács András

Rovatvezetők:

Báldi András
Bardócz Zsuzsanna
Darvas Béla
Koleva Roszica
Menyhért Zoltán
Szalay István
Székács András

Borítókép | Cover picture

Cora Erzsébet: Kompozíció (olaj, farost)
Lásd a „Művészarok” rovatot a 39. oldalon



Erzsébet Cora: Composition (oil on board)
See the „Artists' Corner” section on page 39.

Tartalom

■ SZAKCIKKEK	5
5 TAKÁCS-SÁNTA ANDÁS: Szüksége van-e a világnak a géntechnológiai úton módosított növényekre?	
13 DARVAS BÉLA – SZÉKÁCS ANDRÁS: A géntechnológiai úton módosított növények megítélése az Európai Unió keleti határán	
24 BARDÓCZ ZSUZSA – PUSZTAI ÁRPÁD: GM növények táplálkozástudományi látószögéből	
■ RÖVID KÖZLEMÉNY	33
33 GYULAI IVÁN: A „biomassza-láz” hozadéka	
■ MŰVÉSZSAROK	39
■ LAPSZEMLE	40
■ RENDEZVÉNYNAPTÁR	42

Content

■ RESEARCH ARTICLES	5
5 ANDÁS TAKÁCS-SÁNTA: Does the world need genetically modified plants?	
13 BÉLA DARVAS – ANDRÁS SZÉKÁCS: Approaches toward genetically modified plants at the Eastern border of European Union	
24 SUSAN BARDÓCZ – ÁRPÁD PUSZTAI: The safety of GM crops from a nutritional aspect	
■ SHORT COMMUNICATION	33
33 IVÁN GYULAI: Gains of the „biomass fever”	
■ ARTISTS’ CORNER	39
■ SCIENCE NEWS	40
■ CONFERENCES AND EVENTS	42

Beköszöntő

Hiánypótló kiadványt tart kezében a Tisztelt Olvasó, az ökológiai gazdálkodás első magyar tudományos folyóiratát a *Biokontrol* újságot. Az új lap célja, hogy az ökológiai gazdálkodást ellássa a tudomány új eredményeivel, azokkal, amelyek segítik ennek a bonyolult gazdálkodási rendszernek a működését és fejlesztését, és azokkal, amelyek kétséget kizáróan igazolják e gazdálkodás téziseinek helytállóságát, vagy rámutatnak egyes tételeinek tarthatatlanságára.

Az egyértelműen megfogalmazható igényeket, hogy az élelmiszer legyen növényvédő szerek és állatgyógyszerek maradványaitól, toxinoktól, patogénoktól stb. mentes, hogy az alkalmazható adalék- és segédanyagok vitán felülállóan biztonságosak legyenek, az élelmiszer tartalmazza a tőle elvárható hasznos alkotókat és mindeközben a termék-előállítás folyamat környezetileg is fenntartható legyen, könnyű megfogalmazni, de rendkívül nehéz a gyakorlatban megvalósítani. Az iparszerű mezőgazdaság a felsorolt követelményeknek nem tud megfelelni. A rosszul értelmezett versenyképesség fenntartása érdekében folyamatosan a hozamok emelésére kényszerül, amely nem valósítható meg, csak intenzív növényvédőszer- és műtrágyafelhasználás mellett, az állattartásban a gyors gyarapodás, a magas fajlagos hozam fenntartása vagy további növelése szükségessé teszi az intenzív, gyakran prevenciók célú gyógyszeralkalmazást, a takarmányok kiegészítését szintetikus anyagokkal, hozamfokozókkal. A növénytermesztésben és az állattartásban olyan fajták alkalmazása jellemző, amelyek a termőképesség érdekében gyakran elvesztik a fajra, illetve a belőlük, tőlük származó termékre korábban jellemző beltartalmi sajátosságait.

Az iparszerű élelmiszer-gazdasággal szemben az ökológiai (biológiai, bio, öko, organikus, organic stb.) gazdálkodás megfelel a megfogalmazott igényeknek, ezért az egészséges, biztonságos élelmiszerek iránti növekvő igény, valamint a környezetért felelősséget érző, környezettudatos szemlélet térnyerése, és az ezekből származó keresletnövekedés az ökológiai gazdálkodás növekedését hozza magával. Az ökológiai gazdálkodás az Európai Unióban jogszabályok (az Európa Tanács 834/2007/EK és az Európai Bizottság 889/2008/EK rendeletek) által nagyon pontosan körülhatárolt gazdálkodási rendszer, és csak az e rendszer-

ből származó termékeket szabad ökológiai, biológiai (bio) és organikus jelöléssel forgalmazni az Európai Közösségben. A jogszabályokon alapuló előírások nagyon pontosan és egyértelműen elkülönítik az ökológiai termékeket a nem egyértelműen értelmezhető „reform”, „alternatív”, „natúr”, „integrált”, „vegyszermentes” stb. élelmiszerektől.

A biogazdálkodás a külső beviteli anyagok felhasználásában extenzív, a tudásban intenzív gazdálkodási rendszer, amely a számára nyújtott új tudományos ismereteket nem sajátítja ki, hanem bevezeti azokat, és a technológiai korszakváltás küszöbén álló teljes élelmiszer-gazdaságnak átadja. Az ökológiai gazdálkodók világszervezete az IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) meghatározása szerint az ökológiai gazdálkodás négy alapelveen nyugszik, ezek:

- *A egészség alapelve*, amely szerint az ökológiai gazdálkodás képes fenntartani és növelni a talaj, a növények, az állatok, az emberek és a Föld, mint egységes és oszthatatlan rendszer egészségét.
- *A környezet alapelve*, amely értelmében az ökológiai gazdálkodás az élő rendszerekre és körfolyamatokra épül, együttműködik velük, módszereit követi és segít fenntartani azokat.
- *A méltányosság alapelve*, amelyre tekintettel az ökológiai gazdálkodásban méltányosságot gyakorol a közösségi kapcsolatokban és az életlehetőségek biztosításában mindenkinek.
- *A gondosság alapelve* értelmében az ökológiai gazdálkodást az óvatosság és megbízhatóság követelményeinek biztosításával kell megvalósítani, hogy meg tudja óvni a mai és a jövő generációk egészségét és jólétét, valamint a környezetet.

Lapunk célja, hogy új tudományos eredmények közzétételével segítse a biogazdálkodás sikerességét. Az ökológiai élelmiszer-gazdaság mindazokat a tudományterületeket érinti, amelyek relevánsak az általános élelmiszer-gazdaság számára. Ennek megfelelően a *Biokontrol* folyóirat arra vállalkozik, hogy helyet biztosít az olyan agrár-, orvos-, műszaki-, kémiai-, biológiai tudományok területén született tudományos közleményeknek, cikkeknek, amelyek jelentőséggel bírnak az ökológiai gazdálkodás számára, olyan kutatási/vizsgálati irányokról adnak számot, amelyek szélesítik ismereteinket az agrárökológia vonatkozásában és bővíthetik az ökológiai gazdálkodás eszköztárát, illetve úgy szolgálják

azt, hogy a felsorolt ökológiai gazdálkodást szabályozó jogszabályok előírásait tisztelik, és amelyek egyúttal elfogadják az ökológiai gazdálkodás felsorolt alapelveit.

A környezettudománytól a mezőgazdaság-tudományig széles tudományos szakterületeket felölelve a folyóirat rovataiban (környezetanalitika, ökotoxikológia, alkalmazott ökológia, táplálkozástudomány, valamint ökológiai növénytermesztés és állattenyésztés) olyan tudományos igényű munkákat, eredeti kutatási/módszertani eredményről beszámoló vagy áttekintő jellegű szakcikkekét kíván közzétenni, amelyek az egész tudományterület szakismereteit gyarapítják. Emellett örömmel szerepeltetünk olyan kritikai áttekintő tanulmányokat is, amelyek az ökológiai természet – akár pozitív, akár negatív értelemben – érintő szakterületeket tekintenek át. Hasonló, tudományos igényű folyóirat az ökológiai természet agrár- és környezettudományi szakterületén még nemzetközi szinten is ritka. Bizunk abban, hogy azzal megfelelő fórumot biztosítunk a hazai – vagy akár nemzetközi – szakmai köröknek, hogy közzétehesék eredményeiket, hozzájárulunk az egész tudományterület szakmai fejlődéséhez, a vonatkozó ökológiai és környezettudományi kutatás erősödéséhez. Az MTA doktoraiából, akadémikusokból és tudományos fokozattal rendelkező ismert kutatókból, tudósokból felálló szerkesztő bizottság, a közleményenként elvárt két független bíráló által adott cikkértékelés garanciát jelent arra, hogy a *Biokontrol* folyóirat az ökológiai gazdálkodás elfogadott tudományos lapjává válik.

Első számunk, melyet nagy örömmel nyújtunk át az Olvasóknak, tematikus összeállítás, amely a géntechnológiai úton módosított (GM) haszonnövények kérdéskörével, az ezekkel kapcsolatban felmerülő közgazdasági, technológiai, környezettudományi, ökológiai és táplálkozástudományi gondokkal foglalkozik. A téma súlya az ökológiai természet számára nyilvánvaló, hiszen a biogazdálkodás igen szigorú álláspontra helyezkedik a GM növényekkel kapcsolatban: ezekre nézve semmiféle túrési határt nem enged meg, termékeit egyértelműen GM-növényi anyagoktól mentesnek kívánja tartani. A GM növények termesztése az ökológiai természet számára elfogadhatatlan, és az iparszerű köztermesztésbe vont GM növénytáblákról e fajták keresztbeporzás vagy horizontális géntranszfer útján történő terjedése kérdésessé teszi az együtt-termeszthetőség (koegzisztencia) lehetőségét is.

Székács András – Roszik Péter

Szüksége van-e a világnak a géntechnológiai úton módosított növényekre?

Does the world need genetically modified plants?

Takács-Sánta András

ELTE TTK Környezettudományi Centrum
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A
E-mail: tsa@mail.datanet.hu

András Takács-Sánta

Centre for Environmental Science,
Eötvös Loránd University of Sciences
H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

Összefoglalás

A világ mezőgazdasága hatalmas mennyiségű élelmet termel hatalmas környezeti áron. Ráadásul, noha a megtermelt élelmiszer elegendő volna a világ csaknem hétmilliárd lakója számára, az igazságtalan elosztás miatt nagyjából egymilliárd ember éhezik. A cikkben arra a kérdésre keressük a választ, hogy a mezőgazdasági géntechnológia enyhítheti-e a környezetterhelést és az éhezést. Bár a géntechnológiai ipar rendszerint igennel válaszol e kérdésre, a valóság ennél sokkal árnyaltabb. A jelenleg természetesen lévő GM növények nem (vagy legalábbis nem számottevően) csökkentik a környezetterhelést; az pedig teljesen kiszámíthatatlan, hogy a jövőben milyen GM növények kerülnek termesztésbe. Az éhezést pedig valószínűleg semmilyen, GM növények segítségével véghezvitt hozamnövelés nem csökkentené, az ugyanis nem a hozammennyiséggel kapcsolatos. Összességében, bár elképzelhetők olykor olyan esetek, amikor a mezőgazdasági géntechnológia jó választásnak tűnik, nem sok jel utal arra, hogy bármiféle javulást eredményezne az emberi életminőség terén, miközben rengeteg kockázatot rejt magában.

Kulcsszavak: *mezőgazdasági géntechnológia, GM növények, éhezés, környezeti problémák*

A világ mezőgazdaságát két óriási probléma terheli. Egyrészt hiába a hatalmas mértékű élelemtermelés, nagyjából egymilliárd ember éhezik globálisan [FAO 2009]. Másrészt a mezőgazdaság nagymértékben átalakítja a bioszférát, hozzájárulva ezzel számos környezeti gondhoz [pl. Matson és mtsai 1997]. A világnépesség számának növekedésével e két probléma súlyosbodni fog – hacsak nem változtatjuk meg alaposan a mezőgazdaságot. A feladat tehát óriási: a 2011-es hétmilliárdról az elkövetkező évtizedekben várhatóan nyolc-tízmilliárd-

Summary

The world's agriculture produces a tremendous amount of food at a tremendous environmental cost. Moreover, though the food produced would be enough for the nearly 7 billion human inhabitants of the world, about 1 billion people suffer from hunger due to the unequal distribution of food. The main question of the present article is whether genetically modified plants would be able to reduce environmental problems and hunger. The agrobiotech industry usually answers 'yes' to this question, but reality is much more complicated. GM plants produced nowadays do not (really) alleviate environmental problems, and it is totally uncertain, which types of GM plants will be chosen for cultivation in the future. Furthermore, it is very likely that increasing yields by the help of GM plants would not reduce hunger, since it is not a yield-related issue. All in all, though in certain cases GM plants would seem to be a good choice, there are virtually no signs of this technology increasing human well-being, while it is burdened with great risks.

Keywords: *agrobiotechnology, GM plants, hunger, environmental problems*

ra duzzadó emberi népességet [United Nations 2009] úgy kellene – jó minőségű – élelemmel ellátni, hogy lehetőleg senki se éhezzen, miközben a mezőgazdaság bioszféra-átalakítása is tolerálható mértékű legyen. Vajon ebben az alapvetően új típusú mezőgazdálkodásban volna-e helyük a géntechnológiai úton módosított (GM) hasznélőlényeknek, különösen a GM növényeknek? Vajon képesek-e e fajták enyhíteni a világehezést és/vagy csökkenteni a mezőgazdaság okozta környezetterhelést? Alább elsősorban ezekre a kérdésekre keressük a választ.

A mezőgazdasági géntechnológia jelenlegi globális helyzete¹

A mezőgazdasági géntechnológia eddig szinte kizárólag a GM növények termesztéséről szól. GM állatok ugyan már léteznek, ám köztenyésztésben még sehol sincsenek. Az első GM növények az 1990-es évek közepén kerültek köztermesztésbe. Vetésterületük azóta évről évre rohamosan nőtt: 2009-ben már több mint 14 magyarországi termőföldön, vagyis az összes megművelt terület 7-8%-án vetették őket a világ mintegy 25 országában. (A valós vetésterület ennél némileg nagyobb lehet, mivel néhány országban nyilvánartás nélkül is termesztetnek GM növényeket. Ennek mértékét nehéz megbecsülni, ám aligha módosítaná jelentősen a fenti statisztikákat.) A GM növények teljes vetésterületének majdnem 90%-a az amerikai kontinensen, csaknem fele az Amerikai Egyesült Államokban található. Ezzel szemben Európában 2009-ben mindössze kb. egyszázad magyarországi területen vetettek GM növényeket, csupán 6 országban (mind egyik EU-tagállam, de hazánk nincs köztük) [Darvas és Székács 2010]. Az amerikai földrészen kívül csak India, Kína és a Dél-Afrikai Köztársaság számít jelentős termesztőnek, ám előbbi két államban döntően GM gyapotot vetnek, GM élelmiszernövényt alig.

Az élelmiszernövények tekintetében a géntechnológia gyakorlatilag három fajra korlátozódik: szója (a vetésterület 52%-án – ma már a világon megtermelt szója több mint háromnegyede géntechnológiai úton módosított), kukorica (31%) és repce (5%). Ezek egy része sem emberi élelmiszernövényként, hanem állati takarmányként, illetve bioüzemanyagként hasznosul [Friends of the Earth International 2009]. A fennmaradó



Takács-Sánta András

Az ELTE TTK Környezettudományi Centrumának adjunktusa, 1999 óta tanít az ELTE-n és más egyetemeken. 2008-tól az ökológiai fenntarthatóság helyi, kisközösségi megoldásával foglalkozó Kisközösségi Program vezetője. Fő érdeklődési területe a környezeti problémák társadalmi háttere, valamint az ökológiailag

fenntartható társadalmak felé vezető utak kutatása. Doktori disszertációja Bioszféra-átalakításunk nagy ugrásai címmel könyv formájában is megjelent 2008-ban.

12%-nyi vetésterületet GM gyapot foglalja el. A fenti négy fajon kívül még mintegy fél tucat további növényfaj GM változatát termesztik elenyésző mennyiségben.

Egyelőre szinte kizárólag ún. elsőgenerációs GM növényeket termesztnek a világban. Ezeknél az ellenállóképeséget fokozzák a géntechnológia segítségével, így növelvén a betakarítható terméshányadokat. Ezen belül is mindössze kétféle (!) GM növény van komolyabb mértékű kereskedelmi célú termesztésben. Elsősorban azok a növények, amelyeket egy totális gyomirtóval szemben tettek ellenállóvá, így ez a gyomirtó nyakra-főre alkalmazható a haszonnövény károsodása nélkül, miközben gyakorlatilag az összes többi növény elpusztul a területen. Másodsorban az úgynevezett Bt-növények, amelyek a *Bacillus thuringiensis* baktériumfajból származó *cry* gének segítségével bizonyos rovarkártevőkre mérgező fehérjét termelnek [Takács és mtsai 2009]. Viszonylag nagy területeken vetnek olyan GM növényeket is, amelyek a fenti két tulajdonságot egyszerre hordozzák. Már a kilencvenes évek végén is ez a kétféle típus uralta a GM növények piacát, vagyis azóta egyetlen új típusnak sem sikerült igazán áttörnie.

Enyhítenék-e a GM növények a világehézés problémáját?

A mezőgazdasági géntechnológia híveinek mindmáig gyakran hangoztatott érve a GM növények mellett, hogy a segítségükkel biztosított hozamnövekedés jelent majd gyógyírt a világehézés problémájára. Ezt az érvet persze könnyen lehet úgy is érteni, hogy emberek százmillióinak az éhhalála szárad majd azoknak a lelken, akik gátolják ennek a technológiának a terjedését.

Az érv álságos – de legalábbis naiv – mivelta azonban könnyen belátható. A mezőgazdasági géntechnológia ugyanis elsősorban üzlet, amelyet jelentős tőkeigénye okán szinte kizárólag tőkeerős nagy cégek művelnek. Fő céljuk – összhangban a globális kapitalizmus ma uralkodó felfogásával – a profitszerzés. A cégek által létrehozott GM fajtákat szabadalmi jog védi. Az előző évben termelt vetőmagokat – ellentétben az évezredek gyakorlattal – a gazdák nem ültethetik el a következő évben, hanem újra és újra meg kell vásárolniuk a cégtől. Mindezek tudatában filantróp vállalkozásnak beállítani a mezőgazdasági géntechnológiát finoman szólva is hamis és félrevezető dolog.

Természetesen tagadhatatlan, hogy az üzlet nemcsak a művelőjének hozhat hasznot. A cégek által előállított javak azoknak az életét is jobbá tehetik, akik képesek azokat megvásárolni. Ám a világ éhezői éppen nem ebbe a kategóriába tartoznak. Ők azért éheznek, mert nem rendelkeznek sem kellő nagyságú földdel, ahol megtermelhetnék maguk és családjuk számára a napi betevőt, sem pedig kellő vásárlóerővel elegendő élelmiszer megvételéhez [Lappé és mtsai 1998].

Tegyük föl azonban, hogy a közeljövőben a nagy cégek mellett államok és emberbarát alapítványok is nagyobb összegeket szánnak majd a mezőgazdasági géntechnológiára. Bár ez a forgatókönyv nem kimondottan valószínű, nem is teljesen alaptalan, hiszen volt már rá példa többek között a magas A-provitamintartalmú, ún. aranyrizs esetében [Guerinot 2000].² Ezek a szereplők a profitelvet félretéve elvileg valóban az éhezők megsegítésére használhatnák a géntechnológiát, az általa biztosított hozamnövekedés révén.

A probléma csak ott van, hogy a hozamnövekedés önmagában nem segít az éhezés problémáján. Bár kézenfekvő volna azt hinnünk, hogy a világéhezés egyszerűen fölszámolható több élelmiszer termelésével, valójában nem ez a helyzet. A világon ma előállított élelmiszer elegendő volna a Földön élő hétmilliárd ember számára³, a gond tehát nem a hozamnagysággal van. Az éhezés fő oka a szegénység: a termőföld és a vásárlóerő hiánya. Ez a probléma aligha enyhül pusztán a nagyobb hozamoknak köszönhetően. A földreform, a munkahelyteremtés, a szociális háló erősítése, a luxusélelmiszerek fogyasztásának visszafogása (miáltal földek szabadulnának föl a nincstelenség számára) stb. minden bizonnyal sokkal nagyobb segítség volna e téren.

Fölmerül azonban a kérdés, hogy a jövőben nem lesz-e szükség a mezőgazdasági hozamok további növelésére? A bolygó emberi lélekszáma ugyanis továbbra is növekszik: a 2005 és 2010 közötti időszakban évente átlagosan körülbelül 1,2%-kal gyarapodott [United Nations 2009]. Ez a növekedési ütem még mindig igen gyors, ám már meg sem közelíti az 1960-as évek második felében elért történelmi maximumot (2,1%/év) [United Nations 2009]. Vagyis a népességszám az elmúlt négy évtizedben már egyre lassuló ütemben növekszik. Az ENSZ előrejelzései szerint a növekedési ütem az elkövetkező évtizedekben tovább mérséklődik, mivel a termékenység (vagyis az egy nőre jutó átlagos gyerekszám globális átlagban jó

eséllyel folyamatosan tovább csökken majd. Létezik olyan forgatókönyv is, amely szerint a világ népességszáma már 2050 előtt eléri mintegy 8 milliárdos maximumát, és ezután lassú csökkenésnek indul [United Nations 2009]. Noha valószínűbb, hogy a tetőzés valamivel később következik be, alighanem megtörténik ebben az évszázadban, méghozzá nagy eséllyel a 10 milliárdos lélekszám alatt. Vagyis az éhes szájak száma kétségtelenül megnő majd az elkövetkező évtizedekben, ám korántsem annyival, mint azt sokan feltételezik. Ráadásul léteznek olyan, emberi jogi szempontból sem kifogásolható (sőt, akár üdvözlendő) intézkedések, melyek révén a népességszám tetőzése gyorsabban és alacsonyabb értéken következne be [Cohen 1995; ld. még Takács-Sánta 2008].

Ennek ellenére a rendelkezésre álló élelmiszer mennyiségnek minden bizonnyal meg kellene nőnie a nagyobb lélekszámú emberi népesség ellátásához. Nagy környezeti árat kellene fizetnünk azonban azért, ha az élelmiszer-mennyiség növelését a hozamok növelésének segítségével akarnánk megoldani – akár a géntechnológia révén tennénk ezt meg, akár másképp. (A hozamok növelésének egyetlen környezeti szempontból elfogadható módja egyes mezőgazdasági anyagbeviteli formák (pl. öntözés, trágyázás) határfokának javítása.)

Szerencsére létezik legalább két olyan kecsegtető lehetősége is az élelmiszer-mennyiség növelésének, amely nem igényli a hozamok fokozását. Az egyik ilyen az ún. aratás utáni veszteségek mérséklése. A learott termés egy részéből nem lesz élelmiszer, mivel például tönkremegy a tárolás során, vagy elpocsékolódik a feldolgozáskor. Továbbá az előállított élelmiszer egy része nem jut be egyikünk gyomrába sem, mert például megromlik. Az aratás utáni veszteségek mértékére nem létezik igazán megbízható becslés. Annyi azonban bizonyos, hogy különösen a trópusi országokban magasak ezek a veszteségek: még óvatos elképzelések szerint is legalább 15%-ra tehető [Smil 2004], de jó eséllyel ennél nagyobbak.

A rendelkezésre álló élelmiszer-mennyiséget ezen kívül úgy is növelhetjük a hozamok fokozása nélkül, hogy kevesebb állati eredetű élelmiszert fogyasztunk. Megdöbbentő adat, hogy ma a világon megtermelt gabona mintegy 45%-át háziállataink (különösen a sertés és a baromfi) fogyasztják el, a nyugati országokban pedig ez az arány a 60%-ot is meghaladja [Smil

2000]. Az állatok az általuk elfogyasztott növényekből nyert energia döntő részét saját létfenntartásukra fordítják, és csak kis hányadát építik be testükbe. Ráadásul nem minden testrészüket fogyasztjuk el, így az állatok közbeiktatásával a gabona eredeti energiataralmának csupán nagyjából 10%-a jut el hozzánk (a pontos érték a háziállat fajának, illetve fajtájának, valamint néhány további tényezőnek a függvénye) [Id. Smil 2000]. Emiatt ha háziállataink kevesebb gabonát fogyasztanak, azaz mi kevesebb állati eredetű élelmiszert ennénk, a rendelkezésünkre álló kalóriamennyiség megnőne. Mindez viszonylag könnyen kivitelezhető volna. Már csak azért is, mert egészen az ipari társadalmak megjelenéséig minden emberi nép táplálkozásában – a kényszerből húsról alapozó inuitokat kivéve – a növényi eredetű élelem dominált [Smil 2002].

Végül fontos szólni arról is, hogy a jelenleg termesztett GM növények nem javítják, sőt, végső soron akár még ronthatják is az élelmiszer-ellátás biztonságát, legalább két okból. Egyrészt a kártevőkre gyakorolt totális kontroll hamar visszaüthet ellenálló kártevők képében. A gyomirtószertoleráns növények termesztésekor egyetlen gyomirtó szert alkalmazunk nagy mennyiségben. A Bt-növényeknek pedig minden sejtjük folyamatosan termeli a mérgező fehérjét. Mindkét esetben olyan erős szelekciós nyomás nehezedik a kártevőkre, hogy akár pár év alatt megjelenhetnek és elszaporodhatnak az ellenálló változatok (amire különösen a gyomirtószertoleráns növényeknél bőven akadnak már példák) [Id. Powles 2008]. Emiatt csökkenhetnek a terméshozamok, ráadásul rovaroknál ún. keresztrezisztencia is kialakulhat, vagyis az egyik vegyülettel szemben megszerzett ellenállóképesség néhány más vegyülettel szemben is védelmet nyújthat. Mindez természetesen nem zárólag a géntechnológiára alapozó növényvédelem problémája, a hagyományos kémiai növényvédelem esetében ugyanúgy jelentkezik. Ám megoldást a mezőgazdasági géntechnológia sem kínál rá.

Másrészt azért is romolhat az élelmiszer-biztonság, mert a mezőgazdasági géntechnológia alig néhány fajra, és azokon belül is csak kevés, egymáshoz hasonló fajtára korlátozódik. Emiatt a GM élőlényekre alapozó mezőgazdasági rendszereket óhatatlanul is alacsony faj- és fajtasokféleség jellemzi. Ebből fakadóan pedig nagyfokú labilitás. Minél alacsonyabb ugyanis a sokféleség egy rendszerben, annál kisebb az esély rá, hogy egy kedvezőtlen környezeti változás esetén jelen

legyen a rendszerben olyan változat, amely életképes a megváltozott környezeti feltételek között is. Nyilvánvalóan nagyon hosszú távon elképzelhető akár sok faj, illetve fajta géntechnológiai módosítása is, ám ez még sok-sok évtized kérdése volna.

A fentiek értelmében erősen valószínűtlen, hogy a világhézés súlyos problémáján a mezőgazdasági géntechnológia képes volna érdemben enyhíteni. Hiszen az általa elért hozamnövekedés nem segít az éhezőkön, ráadásul ez a technológia nem nyújt biztonságot az élelmiszer-ellátásban sem.

Enyhítenék-e a GM növények a mezőgazdaság okozta környezetterhelést?

A mezőgazdasági géntechnológia pártolói nemcsak az éhezés fől számolójának szeretik beállítani ezt a technológiát, hanem gyakorta hangoztatják környezetkímélő mivoltát is. Állításuk szerint a GM növények termesztése például a növényvédő szerek használatának csökkenésével vagy az üvegházhatású szén-dioxid kibocsátásának mérséklődésével jár [pl. James 2009]. Vajon valóban „zöldítik-e” a mezőgazdaságot a GM növények, vagy csupán egyszerű zöldre festésről van itt szó?

A kérdést sajnos nehéz megválaszolni a még csupán ígéret szintjén létező vagy esetleg csak kísérleti termesztésben lévő GM növények esetében. Egyáltalán nem kizárt, hogy *egy*, a jövőben talán köztermesztésbe kerülő GM növények képesek lesznek majd enyhíteni *egy* környezeti problémákat. Így például szárazságtűrő GM növények termesztése csökkentheti az öntözés szükségességét, enyhítve ezáltal az intenzív öntözés okozta környezeti gondokat. Ugyanakkor teljes mértékben bizonytalan, hogy a környezeti szempontból összességében pozitívnek minősíthető GM növényfajták (ha vannak/lesznek ilyenek) valaha is köztermesztésbe kerülnek-e majd.

Sokkal könnyebben megválaszolható a kérdés a GM növények ma széleskörű köztermesztésben lévő két típusa esetében. Mindkét típus a növényvédelmet szolgálja, azaz a kártevők kiküszöbölését célozza. A Bt-növények esetében új jellegű, GM-növényvédelemről van szó. A ma domináns GM növények, a gyomirtószertoleráns szervezetek esetében azonban voltaképpen kémiai növényvédelmet alkalmazunk, csak „pepitában”, azaz némi géntechnológiával vegyítve. E két GM növénytípus jó néhány ökológiai kockázatot

fölvét, különösen a vadon élő fajok sokféleségének tekintetében. E kockázatok közül alighanem az alábbi három a legfontosabb [ld. még Darvas és Lövei 2006].

Egyrészt természetükkel nemcsak a mezőgazdasági kártevők pusztulnak, hanem rengeteg egyéb élőlény is. Hatásuk nemcsak közvetlenül, hanem a táplálékláncban tovagyűrűzve is érzékelhető. Különösen erőteljesen jelentkezik ez a gond a gyomirtószertoleráns növényeknél, mivel a velük együtt alkalmazott totális gyomirtó szer szinte minden más növényt kiirt. Bár a Bt-toxin szelektívebb mérgező, kisebb, ám korántsem elhanyagolható mértékben a Bt-növényeknél is fölmerül ez a gond. Mindez nem kizárólag a géntechnológia problémája, hanem általában véve a ma uralkodó növényvédelemé, amely jobbára totális háborút indított a mezőgazdasági kártevők ellen, és az együttélés („jusszon azért egy kicsi nekik is”) helyett a teljes leradírozásukra törekszik. A ma termesztett GM növények talán nem rontanak ezen a problémán, ám nem is enyhítik azt.

Másrészt a GM növények szexuális szaporodás útján átadhatják a transz géneket (vagyis az idegen fajból származó géneiket) ugyanazon faj vadon élő változatának vagy egy közeli rokon vadon élő fajnak (már amennyiben természetesen helyük közelében élnek ilyen fajok). Ennek egyik fő negatív következménye, hogy a vad rokon az új gének köszönhetően invazív gyommá válhat, és így kiszoríthat más fajokat a természetes/természetközeli élőlénytársulásokból. Ez a veszély a ma széleskörű termesztésben lévő GM növénytípusok közül a Bt-növények esetében jelentkezhet. Egyértelműen reális kockázatról van szó, mivel a behurcolt növényfajok is legtöbbször azért válnak invazívá, mert kevesebb a (rovar)ellenességük, mint őshonos versenytársaiknak [Williamson 1996]. Az idegen gén átadására máris léteznek konkrét terepi bizonyítékok [pl. Halfhill és mtsai 2004].

Harmadrészt bár a Bt-növények termesztése a tapasztalatok szerint csökkenti a vegyszerhasználatot [Sanvido és mtsai 2007], a gyomirtószertoleráns GM növényeké az intenzív mezőgazdaságra általánosan jellemző nagyfokú vegyszerhasználattal jár. A totális gyomirtó szerek alkalmazása nemcsak a biológiai sokféleség csökkenéséhez járul hozzá (ld. fent), hanem az emberi egészségre is ártalmas lehet. Például a legtöbb gyomirtószertoleráns GM növényt a glyphosate (glifozát) nevű hatóanyaggal szemben tették ellenállóvá, amely vízszennyezőként komoly veszélyt jelenthet például terhes nőkre és magzatjukra [Richard és mtsai 2005].

Természetesen ki lehet emelni egy-két olyan környezeti hatást, amelyek tekintetében a géntechnológia egyes alkalmazásai jobban teljesítenek, mint az intenzív mezőgazdaság hagyományosabb formái. Ám a jelenleg termesztésben lévő GM növények összességében nem (vagy legalábbis nem számottevően) csökkentik a környezetterhelést: az nagyjából ugyanolyan mértékű esetekben is, mint az intenzív mezőgazdaságnál általában, legfeljebb kicsit más formában jelentkezik. A jövőben esetlegesen köztermesztésbe kerülő új GM növénytípusok esetében pedig teljesen bizonytalan a környezetterhelés változásának iránya, már csak azért is, mert kiszámíthatatlan, hogy pontosan milyen típusokat fognak széles körben termesztetni.

Miért terjednek?

Fentebb láttuk, hogy a mezőgazdasági géntechnológia aligha segít a világ éhezőin, jelenlegi formái pedig nem csökkentik a mára aggasztó mértékűvé vált bioszféra-átalakításunkat. Továbbá a GM növényekből készült élelmiszerek fogyasztásának egészségügyi hatásai mindmáig alig tisztázottak, miközben jó néhány óvatosságra okot adó kísérleti eredmény látott már napvilágot [Pusztai és Bardócz 2004; Bardócz és Pusztai 2010]. Összességében tehát gyakorlatilag semmilyen jel nem mutat arra, hogy a GM növények mintegy 15 éve tartó köztermesztésük ideje alatt bármiféle javulást eredményeztek volna az emberi életminőség terén. Jövőbeni pozitív hatásuk az egész emberiségre nézve szintúgy erősen kétséges. Fentebb azonban azt is láttuk, hogy mindezek dacára évről évre rohamosan nő a vetésterületük. Vajon miért?

A leggyakoribb válasz erre a kérdésre valami olyasmi szokott lenni, hogy a mezőgazdasági géntechnológiát művelő nagy cégek komoly lobbijuk segítségével képesek meggyőzni kormányzatokat szerte a világban a technológia bevezetéséről, használatáról. Mindeközben a cégekkel szoros szimbiózisban élő – nem egyszer azokat közvetlenül kiszolgáló – tudományos intézetek, illetve kutatók rengeteg energiát fektetnek a közvélemény puhításába (sokszor a cégek pénzének segítségével), és így igyekeznek segíteni a technológia társadalmi elfogadottságának növekedését. Vagyis a GM növények terjedése döntően egy szűk csoport érdeke, amely igyekszik ráerőltetni akaratát mindenki másra.

Botorság volna tagadni ennek a válasznak a nagyfokú igazságtartalmát, ugyanakkor önmagában csupán részgazságnak tekinthető. A lobbi és a közvélemény puhítása ugyanis mit sem érne akkor, ha az új technológia nem volna vonzó gazdák tömegei számára. De vajon miért annyira csábítóak számukra a GM növények? Legfőképp valószínűleg azért, mert egyszerűbbé, kényelmesebbé teszik a növénytermesztést, és – ezzel szoros összefüggésben – még a korábban megszokottnál is erőteljesebb kártevőkontrollt biztosítanak, legalábbis rövid távon. A gyomirtó-szer-toleráns növények természetesen például nem kell a gazdának különféle gyomirtó szerekkel, netán biológiai vagy integrált növényvédelemmel vesződnie. Egyetlen totális gyomirtó segítségével kiirthat gyakorlatilag minden növényt a termőföldről – kivéve a haszonnövényeit. Alighanem ennek is köszönhető, hogy a gyomirtót tűró növények váltak a GM élőlények leginkább elterjedt típusává. A Bt-növények nem nyújtanak ennyire totális kontrollt – hiszen csupán bizonyos rovarkártéveket irtanak ki, nem az összeset –, ám még így is felettébb hatékonyak: mivel a növény minden sejtje folyamatosan termeli a Bt-toxint, az arra érzékeny rovarok szinte biztosan eltűnnek a földekről. Mindezek tükrében fölmerül az a kérdés is, hogy a GM növények más, a gazdák kényelmét nem – de legalábbis nem ilyen mértékben – növelő típusai vajon mennyire volnának képesek elterjedni?

A mezőgazdaság kívánatos jövője

Vajon milyen típusú mezőgazdálkodás tudna megoldást nyújtani az éhezés és a nagyfokú környezetterhelés problémáira? Egyértelmű választ aligha tud bárki is adni erre a kérdésre. Ám kijelölhetünk néhány olyan alapvet, amelyekkel minden bizonnyal összhangban kell lennie egy minden embert élelmezni képes, és egyúttal ökológiailag fenntartható mezőgazdaságnak. A két legfontosabb alapelv alighanem az, hogy a mezőgazdaságnak egyrészt rengeteg tudáson, másrészt a természet/tenyésztett fajok és fajták sokféleségén kellene alapulnia.

Rengeteg tudásra azért van szükség, mert csökkentenünk kell a hozamvesztéseket (hiszen sokmilliárd ember táplálása lehetetlen volna enélkül), mérsékelnünk kell a környezetterhelést (hiszen a mezőgazdaság már így is számos súlyos környezeti problémához járul

hozzá), valamint meg kell őriznünk mezőgazdasági talajaink termőképességét (az utóbbi évtizedekben világszerte sokat romlottak főként a mezőgazdasági művelés okozta erózió és szikesedés következtében) [Meyer 1996]. Többek között az integrált növényvédelem, a trágyázás és az öntözés hatásfokának fokozása, az aratás utáni veszteségek csökkentése, valamint a talajerózió és a szikesedés elleni védekezés mind-mind olyan technológiákat, illetve módszereket igényelnek, amelyek sok-sok tudáson alapulnak. Hangsúlyozandó azonban, hogy ez nem kizárólag modern, tudományos tudás lehet (bár természetesen az is elengedhetetlen), hanem sokszor hagyományos tudás is. Amely ha háttérbe is szorult, gyakran föléleszthető és fölélesztendő [egy jó példáért ld. Goldsmith 1999]. Hasonlóképpen a kívánatos és életképes mezőgazdasági technológiák nem mindig, és valószínűleg nem is elsősorban drága és bonyolult technológiák.

A természetett (és tenyésztett) fajok és fajták sokfélesége pedig azért kiemelkedően fontos, mert a sokféleség biztosítja az élelmiszer-ellátás biztonságát. Védelmet nyújt akár az élő, akár az élettelen környezet sokszor előreláthatatlan változásaival (pl. új kártevő megjelenésével vagy az éghajlat módosulásával) szemben. Mivel az emberi tevékenységek hatására korábban sosem látott mértékű és ütemű környezeti változások várhatók az elkövetkező évtizedekben, minden korábbinál nagyobb szükségünk lesz a sokféleség védelmező hatására élelmiszer-ellátásunk biztosítása érdekében. A jövőnek tehát az olyan, a sokféleségre alapozó mezőgazdasági rendszerek/módszereké kellene lennie, mint amilyen többek között a permakultúra [Baji 2009; Mollison és Slay 1997].

Vajon a mezőgazdasági géntechnológia mennyire felel meg a fenti két alapelvnek? Fentebb már láttuk, hogy a sokféleség szempontjából igen rosszul teljesít. Az viszont kétségtelen, hogy erősen tudásalapú technológia, amelynek segítségével adott esetben képesek lehetünk mind a hozamvesztés, mind pedig egyes környezetterhelések csökkentésére. Ám minden technológiát más rendelkezésre álló technológiákkal összehasonlítva kell értékelni, méghozzá egyszerre számos szempont alapján. Rövid távú hatékonyság szempontjából a géntechnológia gyakran fölülmúl más technológiákat. Ám ha már figyelembe vesszük az árakat, a technológiához való hozzáférés igazságosságát, a környezetbarátság fokát, a technológia hosszú

távú életképességét stb. is, a géntechnológia az esetek zömében inkább alulmarad. Vagyis elképzelhető olykor-olykor olyan esetek, amikor összességében a géntechnológia volna a legjobb alternatíva, ám általában biztosan nem ez a helyzet.

A mezőgazdasági géntechnológia jövője

A fentiek alapján nem volna indokolható a mezőgazdasági géntechnológia teljes körű elvetését követelni.⁴ Elméletileg nem zárható ki ugyanis, hogy előállhatnak olyan helyzetek a jövőben, amikor egy bizonyos GM fajta alkalmazása adódik majd a legüdvözítőbb megoldásnak valamely mezőgazdasági rendszerben. Ám egy ökológiailag fenntartható mezőgazdaságban a GM élőlények legjobb esetben is csak mellékszerepet játszhatnak. Olykor dönthetünk az alkalmazásuk mellett, ám minden ilyen döntést alapos mérlegelésnek kellene megelőznie táplálkozástani, ökológiai, gazdasági stb. szempontból, a döntés által érintettek széleskörű bevonásával.

A mai helyzet ellenben nyomokban sem hasonlít erre. A jelenleg köztermesztésben lévő két GM növénytípus bevezetését nem előzték meg széleskörű hatástanulmányok. Alkalmazásuk közben döbbenünk rá, hogy mennyi problémát és kockázatot rejtenek magukban mind a ma élők, mind pedig az utánunk jövők számára. Miközben hátrányait mindnyájan viseljük, egyértelmű előnyük csupán szűk társadalmi csoportoknak származik belőlük: az őket szabadalmaztató és gyártó cégeknek, a velük foglalkozó kutatóknak,⁵ valamint azoknak a mezőgazdasági termesztoőknek, akiknek – rövid távon legalábbis – kényelmesebbé válik a munkájuk e növények révén. Ez az aszimmetrikus helyzet etikailag erősen kifogásolható, és egyenesen következik belőle, hogy mind a gyomirtószer-toleráns, mind pedig a Bt-növények mihamarabbi betiltása erősen indokolható volna.

Ezzel szemben láttuk, hogy inkább e növények vetésterületének növekedése jellemző manapság, és egyre több országban termesztik őket. Vajon elterjednek-e a közeljövőben az egész világon? Nagyon sok múlik e tekintetben az Európai Unión, amely jelenleg – főképp a közvélemény elutasító hozzáállása miatt – igencsak elzárkózik a mezőgazdasági géntechnológiától [ld. Darvas és Székács 2010]. Amennyiben az EU beadná a derekát, jelentősen megnőne az esélye

annak, hogy a GM növények az egész világon elterjedjenek. Ma ugyanis számos harmadik világbeli ország azért sem termeszt ilyen növényeket, mert ez esetben nem tudna az EU-ba exportálni.

Ám a jelenlegi globális gazdasági rendszer sajátosságai okán az EU-ra nyomás nehezedik álláspontja megváltoztatása érdekében. Intő jelnek tekinthető az a kereskedelmi vita, amely egyfelől az EU, másfelől pedig az Egyesült Államok, Kanada és Argentína között folyt. Az amerikai országok 2003-ban bepanaszolták az EU-t a Kereskedelmi Világszervezetnél (WTO), amiért az öt évvel korábban moratóriumot hirdetett új GM növényfajták termesztésbe vonására, valamint a GM-élelmiszerek importjára. A jelenleg alighanem minden más szervezetnél hatalmasabb, a kereskedelem szabadságát minden egyéb szempont fölé helyező WTO [Boda 2004; George 2003] döntése szinte előre borítékolható volt, így az EU valószínűleg a súlyos WTO-szankciók elkerülésére oldotta föl a moratóriumot 2004-ben, és azóta sem kísérletezett hasonlóval.

Mindenesetre az EU tagjaiként nekünk, Magyarország lakóinak is fontos szerepünk lehet a mezőgazdasági géntechnológia jövőjének meghatározásában. Rajtunk is múlik, hogy ez a kockázatos technológia továbbra is döntően az amerikai földrész kétes kimenetelű kísérlete marad-e, vagy pedig az egész világé, beleértve hazánkat is.

Megjegyzések

- ¹ James [2009] adatai alapján
- ² Az aranyrizs – bár már bő egy évtizede ígérgetik – egyelőre nem került köztermesztésbe. A géntechnológia hívei gyakran szeretnek hivatkozni rá, mint olyan GM növényre, amely nem multicégek profitérdekeit szolgálja, és amely valóban hasznos lehet emberek tömegei számára. A harmadik világban ugyanis sok helyütt komoly gondokat okoz az A-vitamin hiánya: tömegek farkasvaksághoz, sőt halálához vezet. Az aranyrizs kifejlesztőinek jó szándéka elvitathatatlan, ám szemléletmódjuk teljesen elhibázott: a termesztésbe vont növényfajok és -fajták sokféleségének növelése lényegesen olcsóbb, egyszerűbb és biztonságosabb módja volna a vitaminhiány orvoslásának.
- ³ Az egy főre jutó napi energiaigény 8400 és 10500 MJ közé tehető [vö. Smil 2000], miközben a világ mezőgazdasága 2007-ben mintegy 11700 MJ/fő/nap ételmelet állított elő [FAOSTAT 2010]. Vagyis ha csak az energiatartalmat tekintjük – ami azért nyilván szűk perspektíva –, a jelenlegi hozamok egyértelműen elegendők volnának minden ember számára.

- ⁴ Leginkább azért nem, mert a tanulmányban a géntechnológia problémáinak és kockázatainak következményelvű értékelését alkalmaztuk. Lehetőség van azonban deontologikus értékelésre is, amely a következményelvűvel szemben nem a cselekedetek következményeire összpontosít, hanem arra, hogy a cselekvő bizonyos értékek vagy normák szerint cselekszik-e. A modern korban a következményelvű értékelés dominál, ám ettől még a deontologikus értékelés is ugyanolyan érvényes lehet. Így például nyugodtan érvelhet valaki akár amellett, hogy a mezőgazdasági géntechnológia eleve elvetendő, mivel nem etikus ilyen mértékben manipulálnunk az élőlények örökítőanyagát. Ez a típusú érvelés a tudomány művelői számára általában szokatlan, ám ettől függetlenül olykor erőteljesebb és meggyőzőbb lehet a következményelvű megközelítésnél.
- ⁵ Paradox módon nemcsak a géntechnológia művelőinek, hanem az annak kockázatait vizsgáló, a biotechnológiai cégektől független kutatóknak is származhat előnyük a ma természetesen lévő GM növényekből. Hiszen a kockázatbecslésekre ugyanúgy lehet tudományos karriert építeni vagy komoly pályázati pénzeket nyerni, mint a GM élőlények létrehozására. Ezt érdemes tudatosítaniuk magukban annak érdekében, hogy ez az egzisztenciális előny minél kevésbé csökkentse az általuk észlelt kockázatok mértékét [vö. Baird 1986]. Félő ugyanis, hogy – akár tudat alatt – azért nem hangsúlyozzák elég erőteljesen a kockázatokat, problémákat, mert a technológia visszaszorulása őket is hátrányosan érintené.
- ## Irodalomjegyzék
- Baird BNR (1986) Tolerance for environmental health risks: The influence of knowledge, benefits, voluntariness, and environmental attitudes. *Risk Anal* **6**, 425-435.
- Baji B (2009) Önfenntartó biogazdálkodás – Permakultúra. Magánkiadás, Tápíószele.
- Bardócz Zs, Pusztai Á (2010) GM-növények táplálkozástudományi látószögéből. *Biokontrol* **1**, 24-32.
- Boda Zs (2004) Globális ökolitika. Helikon Kiadó, Budapest.
- Cohen JE (1995) How Many People Can the Earth Support? W.W. Norton and Company, New York.
- Darvas B, Lövei G (2006) A genetikailag módosított szervezetek környezeti hatásai. In: Mezőgazdasági ökotoxikológia (Darvas B, Székács A, szerk.) pp. 320-326, L'Harmattan Kiadó, Budapest.
- Darvas B, Székács A (2010) A géntechnológiai úton módosított növények megítélése az Európai Unió keleti határában. *Biokontrol* **1**, 24-32.
- FAO (2009) The State of Food Insecurity of the World – Economic crises, impacts and lessons learned. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. [<http://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i0876e/i0876e.pdf>]
- FAOSTAT (2010) Crops primary equivalent. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. [<http://faostat.fao.org/site/609/DesktopDefault.aspx?PageID=609#ancor>]
- Friends of the Earth International (2009) Who Benefits from GM Crops? – Feeding the Biotech Giants, not the World's Poor. [<http://www.foei.org/en/resources/publications/pdfs/2009/gm-crops2009full.pdf>]
- George S (2003) AWTO – Korlátlan világkereskedelem vagy szolidáris globalizáció? Napvilág Kiadó, Budapest.
- Goldsmith Z (1999) Vissza a jövőbe. *Liget* **XII** (3), 85-89.
- Guerinot ML (2000) The Green Revolution strikes gold. *Science* **287**, 241-242.
- Halfhill MD, Zhu B, Warwick SI, Raymer PL, Millwood RJ, Weissinger AK, Stewart CN, Jr. (2004) Hybridization and backcrossing between transgenic oilseed rape and two related weed species under field conditions. *Environ Biosaf Res* **3**, 73-81.
- James C (2009) Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2009. *ISAAA Brief No. 41*. ISAAA, Ithaca.
- Lappé FM, Collins J, Rosset P, Esparza L (1998) World Hunger: Twelve Myths (2nd ed.). Grove Press/Earthscan, New York.
- Matson P, Parton WJ, Power AG, Swift MJ (1997) Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* **277**, 504-509.
- Meyer WB (1996) Human Impact on the Earth. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mollison B, Slay RM (1997) Permaculture: A Designers' Manual. Ten Speed Press, Berkeley.
- Powles SB (2008) Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: lessons to be learnt. *Pest Manag Sci* **64**, 360-365.
- Pusztai Á, Bardócz Zs (2004) A genetikailag módosított élelmiszerek biztonsága. Kölcsey Intézet, Budapest. [<http://mek.niif.hu/03200/03216/03216.pdf>]
- Richard S, Moslemi S, Sipahutar H, Benachour N, Seralini G-E (2005) Differential effects of glyphosate and Roundup on human placental cells and aromatase. *Environ Health Perspect* **113**, 716-720.
- Sanvido O, Romeis J, Bigler F (2007) Ecological impacts of genetically modified crops: ten years of field research and commercial cultivation. *Adv Biochem Eng Biotechnol* **107**, 235-278.
- Smil V (2000) Feeding the World: A Challenge for the Twenty-First Century. The MIT Press, Cambridge.
- Smil V (2002) Eating meat: evolution, patterns, and consequences. *Popul Dev Rev* **28**, 599-639.
- Smil V (2004) Improving efficiency and reducing waste in our food system. *J Integr Environ Sci* **1**, 17-26.
- Takács E, Lauber É, Bánáti H, Székács A, Darvas B (2009) Bt-növények a növényvédelemben. *Növényvédelem* **45**, 549-558.
- Takács-Sánta A (2008) Bioszféra-átalakításunk nagy ugrásai. L'Harmattan Kiadó, Budapest.
- United Nations (2009) World Population Prospects, the 2008 Revision. [<http://esa.un.org/unpd/wpp2008/index.htm>]
- Williamson MH (1996) Biological Invasions. Chapman és Hall, London.

A géntechnológiai úton módosított növények megítélése az Európai Unió keleti határán

Approaches toward genetically modified plants at the Eastern border of European Union

Darvas Béla és Székács András
MTA Növényvédelmi Kutatóintézet,
Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály,
1525 Budapest, Pf. 102,
E-mail: bdarvas@freemail.hu

Béla Darvas and András Székács
Department of Ecotoxicology and
Environmental Analysis, Plant Protection Institute
of the Hungarian Academy of Sciences, H-1525
Budapest, POB 102, Hungary

Összefoglalás

2009-ben a géntechnológiai úton módosított (GM) növényeket tekintve az Unió területén az előző évhez képest 12%-kal kisebb területen termesztettek GM-kukoricát, ami a világ GM-növénytermesztésének 0,7‰-e. Az Európai Unióban Ausztria (1999), Magyarország (2005), Görögország (2005), Lengyelország (2006), Olaszország (2006), Franciaország (2008), Románia (2008), Németország (2009), Luxemburg (2009) és Bulgária (2010) hirdetett vetési moratóriumot valamely GM-fajtacsoportra. A GMO-mentesség szempontjából kiemelkedik Ausztria, Görögország és Lengyelország, amely országok teljes területükre GMO-mentességet hirdettek. Nagyobb termőterületek csatlakoztak a GMO-mentes övezetekhez Albániában, Belgiumban, az Egyesült Királyságban, Franciaországban, Horvátországban, Írországon, Lettországon, Magyarországon, Németországban, Olaszországban és Szlovéniában. Az Unió nagy kukoricatermesztői közül Olaszország és Magyarország sohasem termesztett MON 810-es kukoricát, míg Franciaország három év termesztés után, 2008-tól a termesztést felfüggesztette.

Egyes európai országok részéről határozott ellenvélemények merültek fel az Európai Élelmiszerbiztonsági Hivatal (EFSA) eddigi álláspontjaival kapcsolatban. Ilyenek például, (i) a statisztikai analízis formája a környezeti rizikóanalízisek (ERA) esetében; (ii) az ökotoxikológiai megközelítés érvényességi köre; (iii) a GM-növények alkalmazhatósága környezetbarát technológiákban. Az engedélyezéssel kapcsolatos aggály a Bt-növényeket érintő hibás szemlélet, amely e növényekre csupán új fajtaként tekint, miközben egy Cry-toxinváltozat új formulációja.

Summary

The acreage of genetically modified (GM) crops decreased in the European Union by 12% in 2009, as compared to the preceeding year, corresponding to 0.7‰ of the world GM crop production. Within the EU, national moratoria on sowing given GM crop varieties were announced in Austria (1999), Hungary (2005), Greece (2005), Poland (2006), Italy (2006), France (2008), Romania (2008), Germany (2009), Luxemburg (2009) and Bulgaria (2010). As for banning GMOs, Austria, Greece and Poland are outstanding, having announced GMO-free status for their entire terrain. Large areas joined GMO-free zones in Albania, Belgium, Croatia, France, Germany, Hungary, Ireland, Italy, Latvia, Slovenia and the United Kingdom. Among major corn growers of the EU, Hungary and Italy have never grown GM corn of genetic event MON 810, while France suspended its production in 2008, upon three years of cultivation.

Certain European countries express their definite opposition to given statements of the European Food Safety Authority (EFSA) on GMOs. Such debated issues include, for example, (i) the form of statistical analysis for environmental risk assessment (ERA); (ii) the validity range of the ecotoxicological approaches; and (iii) the applicability of GM crops in environmentally friendly technologies. An additional concern in registration of Bt-crops is the erroneous concept that considers these plants as simply new varieties, meanwhile they are also new formulations of Cry toxin derivatives.

A GM-növények termesztésének elkezdése abszurd módon éppen a GM-termelés számára konkurens termesztési formákat, a hagyományos és ökológiai termesztést érinti hátrányosan, hiszen értékesítésüknek kell bizonyítaniuk, hogy termékük GM-mentes. Az Unió állampolgárai közül a leginkább elfogadó a Cseh Köztársaság, Hollandia, Olaszország, Portugália és Spanyolország lakossága, ahol a megkérdezettek 26-35%-a támogató állásponton van. A legelutasítóbb Ciprus, Finnország, Franciaország, Görögország, Lettország, Litvánia, Luxemburg, Magyarország, Németország, Svédország és Szlovénia lakossága, ahol a megkérdezettek 70-87%-a helyezkedik ellenző álláspontra.

Kulcsszavak: géntechnológia, GM növények, GMO-mentes, Európai Unió, EFSA, MON 810, kukorica, moratórium, ökotoxikológia, környezetanalitika

Az Európai Unió keleti határainak tagországaiban a mezőgazdaság szerkezetét ma is az átalakulás jellemzi. A korábbi szocialista blokk országai állami (állami gazdaságok) és csoporttulajdonú (szövetkezetek) nagyüzemi gazdálkodásában az Egyesült Államokéhoz hasonló üzemszerkezet valósult meg. A politikai rendszer széthullása az állami tulajdonformák redukciójával, a magán-tulajdonviszonyok helyreállításával járt együtt, ami egyrészt a – zömében változatlanul iparszerű, tömegtermelő gazdálkodást folytató – nagybirtokrendszer tőkés társasági formájú továbbélését,

Cultivation of GM crops affects unfavorably absurdly the concurrent traditional and ecological agricultural practices, as they are the producers in these practices, who have to provide verification that their produce is free of GMOs. The most accepting within the EU towards GM crops are the population of the Czech Republic, Italy, the Netherlands, Portugal and Spain, where 26-35% of those questioned were in favor of the technology. In contrast, most rejective are citizens of Cyprus, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Latvia, Lithuania, Luxemburg, Sweden and Slovenia, where 70-87% of the surveyed population were opposing.

Keywords: gene technology, GM plant, GMO-free, European Union, EFSA, MON 810, maize, moratorium, ecotoxicology, environmental analysis

másrészt zömében kisméretű, tőkeszegény családi gazdaságok létrejöttét eredményezte. E duális, kettőszakadt birtokszerkezet – melyben csaknem hiányoznak a középüzemek – számos feszültség forrásává vált [Ángyán 2001; Ángyán és Menyhért 2004].

Az Unió jelenlegi határain lévő országokat északi (Észtország, Finnország, Lettország, Litvánia), középső (Lengyelország, Magyarország, Románia, Szlovákia) és déli (Bulgária, Görögország, Szlovénia) térségekre oszthatjuk. Lényeges tudnunk azt is, hogy az Európai Unió újonnan csatlakozott tagországainak mezőgazdasági



Darvas Béla

Növényvédő szakmérnök, az MTA doktora (biológia). Nyolc évig dolgozott a növényvédelmi hálózatban (növényvédő szerek engedélyezését megalapozó biológiai hatásvizsgálatokban), 1982-től az MTA Növényvédelmi Kutatóintézet kutatója, ahol rovarélettannal,

szelektív hatóanyagok fejlesztésével, természetes eredetű vegyületek kutatásával, a peszticidek és a GM növények ökotoxikológiai értékelével foglalkozott. A Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Karán működő, kihelyezett Ökotoxikológiai Tanszék vezetője, az ELTE Környezettudományi Doktori Iskolájának tisztségviselője, a Debreceni Egyetem címzetes egyetemi tanára, Széchenyi professzori ösztöndíjas (1998-2001). 2004-től a Géntechnológiai Eljárásokat Véleményező Bizottság tagja, 2009-től elnöke.



Székács András

Vegyésszermérnök, az MTA doktora (kémia). 1982 óta az MTA Növényvédelmi Kutatóintézet alkalmazottja, jelenleg az Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály vezetője. Kezdetben környezetkímélő és bioracionális növényvédő szerek fejlesztésével, rovarbiokémiai és szerkezet-hatás-összefüggés vizsgálataival foglalkozott, majd szermaradék-analitikával műszeres és immunanalitikai módszerek fejlesztése révén, valamint a GM-növények bioanalitikai vizsgálataival. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem habilitált oktatója, a Szent István Egyetem Környezettudományi Doktori Iskolájának tisztségviselője. Fontosabb díjai: Fulbright-ösztöndíj (1986-87), MTA Akadémiai Ifjúsági Díj (1995), Bolyai János kutatási ösztöndíj (1998-2001). A European Network of Scientists for Social and Environmental Responsibility (ENSSER) vezetőségi tagja.

támogatása a régi tagországok támogatásához mérten csekélyebb, és csak 2013-ra éri el azok szintjét. Mindez Magyarországon olyan versenyhátrányt okozott, amely – különösen a tőkeszegény, kisebb gazdaságok esetében – a műtrágya- és növényvédőszer-felhasználás erőteljes visszaesését eredményezte [Darvas és Székács 2006].

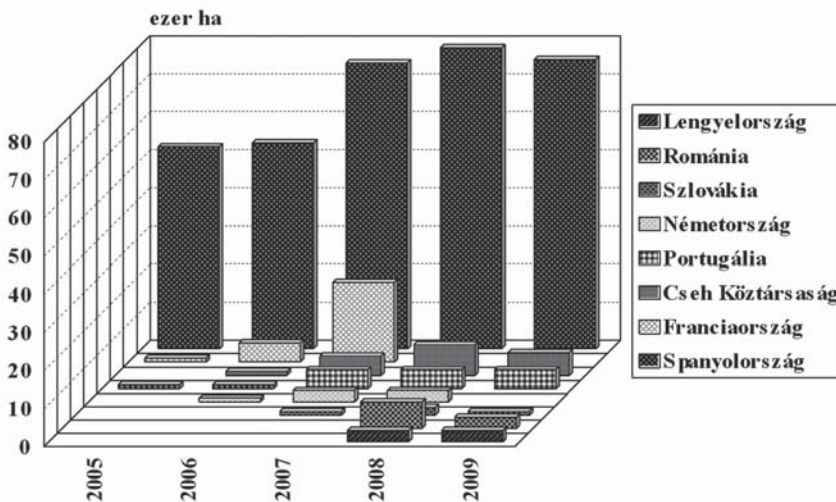
Az EU mezőgazdasági piacát jelenleg túlkínálat jellemzi, amelyben az Unión kívüli területekről érkező élelmiszerek kémiai biztonságát jelentős kritika éri, amennyiben sok közülük növényvédőszer-maradékot tartalmaz [Darvas és Székács 2010]. 2009-ben például az EU-tagságra aspiráló Törökország termékei akadtak fenn nagy számban a mérőhálózaton [CRLRP 2010]. Az Unióban minőségi élelmiszerekre van fizetőképes kereslet, amelyen belül külön kiemelhető a tájfajtákra építő biotermékek piaca.

2009-ben a géntechnológiai úton módosított (GM) növényeket tekintve az Unió területén az előző évhez képest 12%-kal kisebb területen, 95 ezer hektáron termesztettek GM-kukoricát (Cry1 Ab-toxint termelő, kukoricamoly-rezisztenciával rendelkező *MON 810*), ami a világ GM-növénytermesztésének 0,7‰-e. Ez a kereskedelmi adat – beleszámítva a francia és német termesztés beszüntetését – méltán nevezhető az elsőgenerációs, növényvédelmi célú GM-növények legjelentősebb eddigi kudarcának (1. ábra).

A *MON 810* kukorica 80%-át Spanyolországban (76 ezer ha) vetik. A további termesztők sorrendje: Cseh

Köztársaság (6 ezer ha), Portugália (5 ezer ha), Románia (3 ezer ha), Lengyelország (3 ezer ha) és Szlovákia (1 ezer ha) [ISAAA 2010]. Románia 2006-ban még 140 ezer hektáron RoundupReady-szóját (*glyphosate*-toleráns) termesztett, aminek vetési engedélyét az Unióhoz való csatlakozáskor – miután ott még nem engedélyezték – vissza is vonták. A lengyelországi (GMO-mentes ország) és romániai (*MON-810* vetési moratórium) GM-kukoricavetések – ezen országok nyilatkozatait figyelembe véve – ellentmondásosak [GMOC 2010a].

Az elsőgenerációs GM-növények közül a GM-szója felhasználása érinti leginkább az Unió országait, mivel ebből nem önellátók. Az állati takarmányok fehérjeforrása túlnyomóan az amerikai kontinensről érkezik, bár pl. Magyarország korábbi fehérjeprogramjának újraindításával képes lenne ezen igényét saját forrásból fedezni. Az Európa északi területein lévő országok sem szóját, sem kukoricát nem termesztnek. Az Unió keleti határának középső és déli részén fekvő országok kukoricából többnyire önellátók, sőt Magyarország és Románia európai szempontból is jelentős termesztők. Gyapottermesztés ebben a térségben nem jellemző [Balla 2006]. Az olajrepce termesztése ebben a körzetben jelentős, ám mivel a Földközi-tenger medencéje a géncentrum, s rovarbeporzású növényről van szó (ahol az izolációs távolság kilométerekben mérhető), ezért a GM-repce alkalmazhatósága ebben a térségben a jövőre nézve is erősen kétséges.



1. ábra A *MON 810*-es GM-kukorica termesztése Európában

Európai moratóriumok

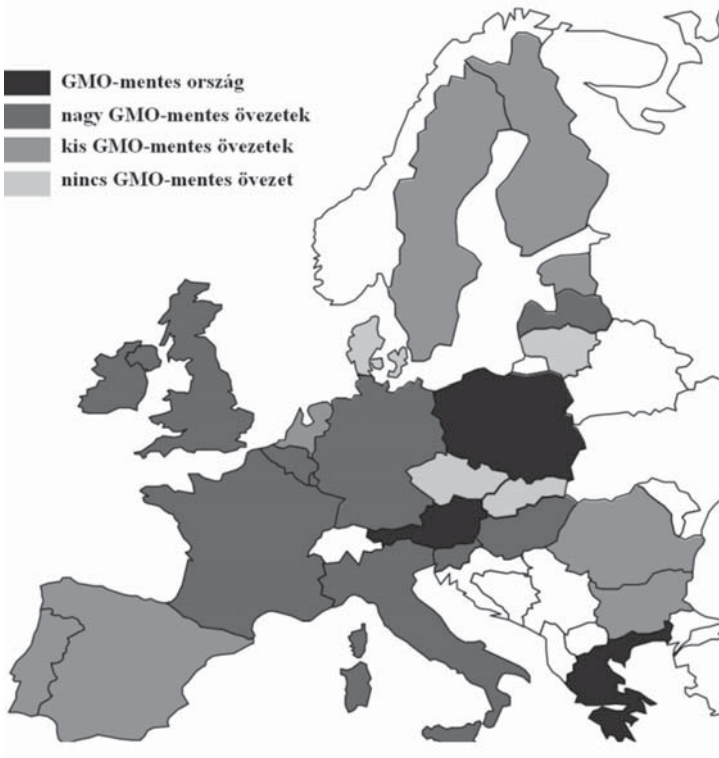
GM-növényekre a legrégebbi moratóriumot Ausztria (1999) tartja fenn. A GM-növényekkel kapcsolatos kutatásokat általában nem tiltják az Unióban, azonban Görögország ilyen jellegű vetési engedélyeket sem ad ki. Az Európai Unióban Ausztria (1999 – *MON 810*, *MON 863*, *T25*), Magyarország (2005 – *MON 810*), Görögország (2005 – *MON 810*), Lengyelország (2006 – általános), Olaszország (2006 – általános), Franciaország (2008 – *MON 810*), Románia (2008 – *MON 810*), Németország (2009 – *MON 810*), Luxemburg (2009 – *MON 810*) és Bulgária (2010 – általános) hirdetett vetési moratóriumot valamely GM-fajtacsoportra [GMOFE 2010a]. Paradox, hogy mindez nem vonatkozik bizonyos fajtacsoportok importjára, feldolgozására, takarmányokba és élelmiszerekbe való keverésére. Igaz, hogy Európában a felhasználást jól láthatóan jelölni kell a terméken (többnyire takarmányokon), azaz a vásárló

tájékoztatása kötelező. Fentiek szerint a környezettudományok érvei jobban érvényesülnek az európai engedélyezés szintjén, mint az egészségügyi (diétetika, gasztroenterológia). Az Uniót kívüli országok közül Svájc (2005-ben hirdetett 5 éves általános moratóriumot), Szerbia (2009-től tiltja a GM-termékek forgalmát) és Norvégia döntött úgy, hogy az elővigyázatosság elvét követve nem járul hozzá a GM-növények szabadföldi termesztéséhez.

GMO-mentes területek az Unióban

Az európai GMO-mentes övezetek napjainkban is bővülnek, azonban az e területi mentességre vonatkozó törvényi szabályozás máig megoldatlan. A területi deklaráció csupán annyit jelent, hogy a térségben a gazdák többsége nem szándékozik GM-növényt termesztetni. Ez viszont jogilag nem kényszerítő erejű azokra a gazdákra, akik ugyanezeneken a területeken belül – a

törvényi korlátozásokat betartva – másként döntenek (lásd a lengyelországi példát). Nincsenek GMO-mentes területek a Cseh Köztársaságban, Dániában, Litvániában, Montenegróban, Szlovákiában és Törökországban. A GMO-mentesség szempontjából kiemelkedik Ausztria (1999), Görögország (2004) és Lengyelország (2006), amely országok teljes területükre GMO-mentességet hirdettek. Nagyobb termőterületek csatlakoztak a GMO-mentes övezetekhez Albániában, Belgiumban, az Egyesült Királyságban, Franciaországban, Horvátországban, Írországban, Lettországban, Magyarországon, Németországban, Olaszországban, Szlovéniában; kisebbek Bulgáriában, Észtországban, Finnországban, Hollandiában, Macedóniában, Portugáliában, Romániában, Spanyolországban és Svédországban (2. ábra) [GMOFE 2010b].



2. ábra GMO-mentes területek Európában

A kukoricát nem termesztő országok támogató álláspontja

Az Unión belül az Egyesült Királyság, Észtország, Finnország, Hollandia és Svédország hatóságai támogatják a *MON 810*-es kukorica termesztését [SOS 2010], bár kukoricatermesztés egyik országra sem jellemző, azaz a *MON 810*-es fajtacsoport termesztését – indoklás nélkül – az Unió délibb országai számára engedélyeznék. Abszurdnak nevezhetjük, hogy ugyanezen országok fogyasztói egyáltalán nem szívesen fogadják a GM-növényekből készített élelmiszereket (lásd 3. ábra, kiemelkedő a fogyasztói elutasítás Észtországban, Finnországban és Svédországban). Mindez a tagországi és az Unió mezőgazdaság-szabályozási rendszereinek nyilvánvaló fonáságai közé tartozik. Ezzel párhuzamos és feltűnő tendencia, hogy a fajtatulajdonosok a GM-kukoricák engedélyezéséhez szükséges dokumentációikat a csekély gyakorlati tapasztalatú – ám az ügyek adminisztratív kezelésében jártas – Egyesült Királyságban és Hollandiában nyújtják be, s így kikerülik a legjelentősebb termesztőket, amelyek gazdaságában a kukorica meghatározó szerepet tölt be [GMOC 2010b].

A kukoricatermesztő országok elutasító álláspontja

2009-ben Franciaország (1,75 millió ha), Magyarország (1,2 millió ha) és Olaszország (0,9 millió ha) voltak az Unió legjelentősebb kukoricatermelői [Molnár 2009]. Magyarország vetőmagtermesztésben játszott szerepe speciális helyzetet teremt számára. Az áru- és vetőmagtermesztés a fajták között más izolációs távolságokat igényel. Az intraspecifikus hibridképződés kizárása a vetőmagtermesztésben – ahol nincs saját pollenkompetíció – kiemelkedő fontosságú. A kukorica az emberi táplálkozásban is jelentős szerepet játszik Olaszországban és Romániában, míg a többi uniós állam – a csemege- és pattogatnivaló kukorica kivételével – inkább takarmánnyként használja. Jelentős tényező, hogy nem csupán a szemes termés, hanem takarmányozási célból a nagyobb Cry-toxint tartalmazó zöld részekből készült szilázs is felhasználásra kerül, s ez utóbbi figyelembevétele a benyújtott fajtatulajdonosi dokumentációkban hiányos. A takarmányozási vizsgálatoknak tehát a szarvasmarhára is kellene terjednie. Szemes termésből jelentős elad-

ható feleslege, 2009-ben Franciaországnak (8 millió tonna) és Magyarországnak (4 millió tonna) volt. Az Unió nagy kukoricatermesztői meglehetősen kritikával és szkepszissel (lásd moratóriumok és GMO-mentes területek térhódítása) állnak a *MON 810*-es kukorica termesztéséhez. Olaszország és Magyarország sohasem termesztett ebből a fajtacsoportból, míg Franciaország három év termesztés után, 2008-tól a termesztést felfüggesztette.

Tudományos viták a *MON 810* körül

Az Unió keleti határain mind környezettudományi, mind egészségügyi [Pusztai és mtsai 2003; Séralini és mtsai 2007; Velimirov és mtsai 2008; de Vendemois és mtsai 2009; Dona és Arvanitoyannis 2009] szempontból jelentős vita tárgyát képezik a növényvédelmi célú GM-növények. A Kelet-európai térségben nem folynak GM-növényekkel végzett jelentős horderejű takarmányozási és táplálkozási vizsgálatok. E területen csupán a különféle érdekképviselők általi kiegyensúlyozatlan interpretáció észlelhető. Annál inkább markáns eredmények születtek Magyarországon a Cry1Ab-toxint termelő növények környezetanalitikai és ökotoxikológiai értékelésének vonatkozásában [Darvas 1997; Darvas és mtsai 2004; 2006; 2009; Bakonyi és mtsai 2006; Takács és mtsai 2009]. Székács és munkatársai [2010a; 2010b] hívták fel a figyelmet arra, hogy a Cry1Ab-toxin mérésére forgalomban lévő ELISA kitek – mivel bakteriális eredetű Cry1Ab-prototoxinra optimalizálták azokat – alábecslik a *MON 810*-es fajtacsoport növényeiben előforduló toxinmennyiséget, továbbá a mintavételi hely fontosságára is rámutattak. Adatokat közöltek a *MON 810*-es kukorica által egy hektáron termelődő Cry1Ab-toxin – permetező szerként nem engedélyezett mértékű – mennyiségéről, annak lassú bomlásáról, a talajlakó élőszervezetekre gyakorolt hatásokról, a Pannon Biogeográfiai Régióban élő védett lepkék veszélyeztetettségéről és a Cry1-rezisztencia kialakulásának valós veszélyeiről [Darvas 2007]. A GM-növényállományokban kialakuló/változó ökoszisztémákról a *Magyar Tudomány* folyóiratban olvasható általános vita [Kiss és mtsai 2007; Darvas és mtsai 2007].

Az Európában élenjáró osztrák és magyar – a *MON 810*-es kukorica vetésére vonatkozó – moratóriumok jelentős hatással voltak a környező országok, például Románia és Bulgária döntésére, nem befolyásolták

azonban Szlovákia elhatározását. A magyar moratóriumban jelentkezik először ellentmondásként a *MON 810*-es preaktivált növényi toxin (kurtított Cry1Ab toxin) és az Európában engedéllyel rendelkező bakteriális eredetű protoxin, valamint annak tripszinnel hasított toxinváltozatai között fennálló különbség. Ez utóbbi két toxinféhéjére készültek toxikológiai dokumentációk, míg a növényi eredetű kurtított toxin esetében nem. Ebből származó következtetés azonban, hogy a *MON 810*-es kukorica nem pusztán egy új fajtacsoport, hanem olyan ezek közül, amely új szerkezetű toxinformát termel. Az európai növényvédelmi célú hatóanyag-engedélyezésben ismeretlen a vegyületcsoportok együttes döntéskezelése. Csak olyan konkrét hatóanyag engedélyeztethető, amely legfontosabb bomlástermékeinek toxikológiája is ismert. A *MON 810*-es kukorica által termelt kurtított, preaktivált Cry1Ab toxin komplett toxikológiai kivizsgálása tehát – véleményünk szerint – nem nélkülözhető.

Egyes európai országok (élenjárók ezek közül a nemzetközi tárgyalótermekben Ausztria, Franciaország, Magyarország, Németország és Norvégia) részéről kérdések illetve határozott ellenvélemények merültek fel az Európai Élelmiszerbiztonsági Hivatal (EFSA) eddigi álláspontjaival kapcsolatban. Ilyenek például, (i) a statisztikai analízis formája a környezeti rizikóanalízisek (ERA) esetében; (ii) az ökotoxikológiai megközelítés érvényességi köre; (iii) a GM-növények alkalmazhatósága környezetbarát technológiákban.

A környezeti rizikóanalízishez Perry és mtsai [2009] és az EFSA GMO Panelje [2010] tette közé ajánlásait, amely kitér az alkalmazott statisztikai próbák erejének vizsgálatára, s a vizsgált – adott esetben GM – növény beltartalmi értékeit nem az izogenikus vonalhoz, hanem egy szélesebb körű fajtaháttérhez képest értékeli. Mindezt emlékeztet az élelmiszerbiztonsági területen súlyos vitákat kiváltó „lényegi azonosság” elvére, amelyben a GM-fajtát nem csupán a közel izogenikus vonalával, hanem több, a köztermesztésben elterjedt fajtával együtt értékeli (többkontrollós kísérlet). Az EFSA GMO Paneljének véleménye szerint a köztermesztésben elterjedt fajtákat egybevetve egy konkrét GM-fajtával árnyaltabb képet lehet kialakítani. Valójában azonban a GM-fajta és közel izogenikus (anya) vonalának egybevetésén túl az összehasonlításba bevont eltérő beltartalmú és vegetációs periódusú más fajták csupán a kísérlet statisztikai háttérzaját növelik, ezáltal elfedve a ténylegesen jelent-

kező kis szignifikáns különbségeket. Illetve alkalmas ez a különbségértékelés más, természetes fajták eltéréseit igazolásul hívni a vizsgált GM-fajtával kapcsolatban észlelt eltérésekre. A módszer előnyeként a szerzői azt említik, hogy az eltérő helyeken végzett vizsgálatok így összehasonlítható adatokkal szolgálhatnak.

Az ökotoxikológiai megközelítés egy sajátos formát javasolják Romeis és mtsai [2006]. Ők azt ajánlják, hogy ha a nem célszervezetekkel (NTO) végzett laboratóriumi kísérletben nem lehet hatást kimutatni, valamint a toxikológia biokémiai háttere részletesen feltárt, úgy nincs szükség szabadföldi vizsgálatokra. Ezt a javaslatot azonban több kutatócsoport (köztük az EFSA GMO Paneljének néhány tagja is) nem kellően megalapozottnak nyilvánította [Andow és mtsai 2006; Lang és mtsai 2007], mivel a szabadföldi körülmények között előálló összetett ökoszisztéma-hatások (a legrosszabb eset) modellezésére a laboratóriumi vizsgálatok nem alkalmasak. Ugyancsak az EFSA GMO Paneljének egyes tagjait jellemzi az tájékozatlanság [Perry és mtsai 2010], amelyben összekeverik a nem célszervezetek és a védett fajok fogalmait. Ez utóbbiakra ugyanis a zéró-tolerancia jellemző, aminek következtében egy tagországi természetvédelmi törvény által védett fajra közösségi rizikóanalízis végzése a nemzeti önrendelkezés természetvédelemre vonatkozó ignorálását jelenti. Perry és mtsai [2010] dolgozatának zoológiai színvonalára jellemző, hogy a többségében természetvédelmi rovarban járatlan szerzőktől származó írás alapjaihoz idézett cikk [Darvas és mtsai 2004] nem tartalmazza azt az adatot, amit annak tulajdonítanak.

A legnyilvánvalóbb ellentmondás azonban a GM-növények ökológiai vagy integrált természetben (IPM) való alkalmazásának tekintetében érhető tetten. Az ökológiai természet a preaktivált (kurtított) Crytoxint termelő növényeket és a kiterjedt *glyphosate/glufofosinate* használatra építő herbicid-toleráns növényeket egyértelműen elutasítja, hiszen e termelési mód során semmilyen szintetikus vegyületet nem alkalmaznak. Az így keletkező termékek fogyasztói éppen az árunak ezt a specifikumát fizetik meg. Az IPM koncepciójú természetés meghatározó vonulata, hogy a területen élő szabályzó közösségek (parazitoidok és predátorok) maximális kíméletét biztosítja úgy, hogy csak akkor alkalmaz kémiai beavatkozást, amikor az kikerülhetetlenül szükséges. Okszerűvé teszi, minima-

lizálja tehát a kémiai növényvédelmet, s ezt illetően is előnyben részesíti a szelektív hatású növényvédő szereket. Ennek az utóbbi kitételnek a *glyphosate* (Roundup) nem felel meg, hiszen vízzoldhatósága miatt ismert talajvízszennyező [PAN 2010], továbbá az emberre is kiterjedő mellékhatás-szerkezete is óvatosságra intő [Richard és mtsai 2005; Mesnage és mtsai 2009]. Fentiek túlmenően az *IPM* koncepció nem a kártevők kiirtását irányozza elő, hanem szabályzásról beszél, amelyen a kártevők kártételi küszöbszint alatt tartását érti [Stern és mtsai 1959; Jermy 1975; Darvas 1986; Burn és mtsai 1987]. Ennek oka a konkrét ökoszisztémában – annak egyes elemei között – feszülő táplálékháló, amely direkt és indirekt hatások forrása [Darvas és mtsai 2007]. Az EFSA GMO Paneljének egyes tagjai (pl. Perry) azt hangoztatják, hogy az elsőgenerációs GM-növények alkalmasak az *IPM* technológiákban való alkalmazásra. Ezen állítás azonban lényegi konfliktusba kerül azzal, hogy egy ilyen GM-növény (pl. *MON 810*) az egész vegetációs periódusban – függetlenül annak időben és növényi szervben való szükségességétől – termeli a Cry-toxint [Székács és mtsai 2010a], tehát képtelen a kártétel időpontjára korlátozni a hatását. Például a *MON 810*-es kukorica teljes gyökérzete egész évben termeli a Cry1Ab-toxint, bár a kukoricamoly hernyójával – ami ellen készítették – sohasem kerülhet kapcsolatba. A *Bt*-növények tehát egy állandóan vegyszerezett tábla ideáját valósították meg, ami az *IPM* koncepció okszerűségi kritériumával köszönő viszonyban sincs.

Hatósági engedélyezési zavarok a *MON 810* körül

A legfontosabb aggály a rovarrezisztens GM-növényekkel (így a *MON 810* genetikai eseményhez tartozó fajtacsoporttal) kapcsolatban kétségkívül az a hibás szemlélet, amely a GM-növényekre csupán újabb fajtaként tekint. Olyan GM-növények esetében, melyek valamilyen növényvédő szert vagy annak származékát termelnek, mindazon szabályozási előírásoknak vonatkozniuk kell a növényekre, mint ami az illető növényvédő szerre is vonatkozott. Az ilyen GM-növények – leegyszerűsítve – a növényvédő szer újabb formulációjának is tekinthetők. E tekintetben gondot jelent a fentebb már említett tényező, hogy a növény által termelt transzgenikus toxinfehérje nem azonos a baktériumokban termelődő, s ilyen formában engedélyezett fehér-

jealakokkal. A Cry-toxinok legtöbbje az azokat termelő mikroorganizmusokban ún. protoxin alakban szintetizálódik. Rovartoxikus hatásához ez a protoxin aktiválást igényel – a rovar fehérjeemésztése során enzimátikus hasítás révén alakul ki az aktív méreganyag. A protoxin alapú *Bt*-készítményekkel szemben a GM-növények ún. preaktivált toxint termelnek, vagyis a biológiai növényvédő szer és a GM-növény által termelt fehérjetoxin nem azonos. Jogi értelemben is megkérdőjelezhető, hogy a biológiai növényvédő szer protoxin hatóanyagának engedélye vonatkozatható lehet-e a növénybe termelődő preaktivált toxinra. A preaktivált toxinokat új növényvédőszer-hatóanyagként, az engedélyezési eljárás kémiai biztonsági vizsgálatainak kell alávetni.

A növényvédőszer-engedélyezésben az is jelentős kitétel, hogy a hatóanyag és maradécai kimutatására analitikai módszernek kell rendelkezésre állnia, a forgalmazónak biztosítania kell a hatóanyag analitikai standardját és kimutatási módszerét. GM-növényekben a transzgén jelenléte polimeráz láncreakción (*PCR*) alapuló mérés technikával mérhető. Ha nem a gén jelenléte, hanem kifejeződésének mértékére vagyunk kíváncsiak (biológiai hatás szempontjából ez lényegesebb), úgy a géntermék fehérje – ez esetben a Cry-toxin – mennyiségét kell meghatározni. Erre a célra immunanalitikai (pl. enzimjelzéses immunoassay, ELISA) eljárások a legelterjedtebbek. A kereskedelmi forgalomban beszerezhető ELISA rendszerek a mikroorganizmus-eredetű protoxin ellen termelt antitesteket alkalmaznak, így ezek alapvetően a protoxint mutatják ki. Amennyiben a vizsgált célfehérje más, úgy az antitest kötődése is eltérő. Ezzel kapcsolatban fontos jogi kitétel, hogy a GM-növényben termelődő kurtított toxin is a fajtatulajdonos szellemi tulajdona, így az erre a fehérjére specifikus ELISA módszer is csak a fajtatulajdonos engedélyével hozható forgalomba. Fontos jogi kérdés tehát, engedélyezhető-e olyan növényvédelmi technológia, amelyhez nem áll rendelkezésre a kereskedelmi forgalomból nyilvánosan beszerezhető kimutatási eljárás? Vagyis a fajtatulajdonos a GM-növénynek még a hatóanyagával kapcsolatban is ellenőrzést gyakorol, gyakorlati és jogi értelemben egyaránt. Ez a konkrét piacpolitikai eseményekben is tetten érhető: az EnviroLogix Inc. cég Cry1Ab/Ac toxin mennyiségi kimutatására alkalmas QuantiPlate™ ELISA rendszerét 2005-ben visszavonta a piacról, s a későbbiekben a csupán minőségi meghatározásra alkalmas – vagyis a Cry1Ab/Ac toxin jelenlétére vonatkozóan, adott ki-

mutatási határ mellett csak igen/nem választ biztosító – QualiPlate™ rendszerrel váltotta fel [Envirologix 2010]. Ilyen üzleti lépés tisztán analitikai kémiai szempontból nem ésszerű, a termékértékelés mögött nyilvánvalóan piacpolitikai érdekek állnak.

Súlyos jogi gond továbbá az, hogy a jelenlegi jogi szabályozás a fajtatulajdonos számára túlzott mértékű befolyásolási jogkört biztosít. A GM-növény a fajtatulajdonos szabadalmaztatott terméke, így a cég hozzájárulása nélkül a növény vizsgálatához kibocsájtási engedély nem adható. Jogi értelemben a fajtatulajdonosnak ahhoz kell hozzájárulnia, hogy a kibocsájtási engedély elbírálásakor a nemzeti géntechnológiai hatóság a fajtához tartozó genetikai eseménnyel kapcsolatos – a cég tulajdonát képező, így egészében nem nyilvános – dokumentációba betekinthessen [Magyar Köztársaság 2004]. Ez a joggyakorlat lehetővé teszi, hogy a fajtatulajdonos olyan térségben, ahol az adott növényfajtáját köztermesztésbe kívánja vonni, az azzal végzett mellékhatás-vizsgálatokhoz sem ad hozzájárulást. Sőt a gyakorlat ennél is visszább: a fajtatulajdonos megtagadhatja a hozzájárulását abban az esetben is, ha a nemzeti hatóságnak korábban már adott engedélyt a genetikai eseményhez betekintést, de bizonyos kutatócsoportokat ki kíván zárni a vizsgálok köréből. Ez esetekben a „cégünknek nem képezi érdekét a tervezett vizsgálatok elvégzése” típusú indoklás a leggyakoribb. Ugyancsak jellemző a GM-vetőmagért a vizsgálatokat végzőket az eredményeik publikálására vonatkozó szerződéssel közvetlenül vagy közvetve megkötni. Mindez ellentétes az Unió jogértelmezésével, amely a mellékhatás-vizsgálatok eredményeinek teljes nyilvánosságát ajánlja és elválasztja a termékre vonatkozó genetikai sajátságok szabadalmi védettségétől. A GM-fajta szabadalmi státuszából levezetett fajtatulajdonosi gyakorlat ma meghatározó gátja a termékfejlesztéstől független mellékhatás-vizsgálatoknak. Hasonló vizsgálati jog korlátozás a növénytermesztés gyakorlatában eddig nem fordult elő. Mindez nagyban hozzájárul a GM-fajták körüli európai bizalmatlansághoz.

Érdekképviseltek

Az Unió keleti határain is jelen vannak azok a nemzetközi civil szervezetek (*Friends of Earth, Greenpeace*), amelyek számtalan esetben felhívták a figyelmet a GM-növények engedélyezésének és interpretálásának

anomáliáira. Jelen vannak a nemzetközi fajtatulajdonosok, közülük a Monsanto és a Pioneer igen aktív a térségben. Ebben az uniós régióban sem kapnak GM-vetőmagot azok a kutatócsoportok, amelyek állami támogatással, kereskedelemtől független kutatást kezdeményeznek, s amelyek elvégzése nem képezi a fajtatulajdonosok közvetlen érdekeit, vagy elvégzésük a kereskedelmi tevékenységüket érintő rizikóval járna.

Magyarországon is megjelenik az *Agricultural Biotechnology in Europe (ABE)* és az *European Association for Bioindustries (EuropaBio)* szervezetek pénzügyi támogatásával működő egyesület [BZBE 2010], amely a nemzetközi fajtatulajdonosok és a növényi géntechnológiai lobbierdekei szerint lép fel. Magyar sajátosság a független kutatókból szervezett GMO-Kerekasztal [GMOK 2010], amely a tudományterületek, az érdekképviseltek (hagyományos és ökológiai termesztők) és a civil (természetvédelmi, környezetvédelmi, fogyasztói) szervezetek véleményeinek egyeztetésére törekszik. Ennek is köszönhetően a GM-növények vetésének elővigyázatos és szigorú kezelésében a magyar politikai pártok maradéktalanul egyetértenek.

Ágazati, termelői és fogyasztói vélekedések

A GM-növények termesztésének elkezdése igen komoly terhet ró egy ország gazdaságára. Az engedélyezés, ellenőrzés, szállítás, tárolás, jelölés és értékesítés során pótlólagos intézményeket kell működtetni és mérési hálózatot kell kiépíteni, továbbá a mérés/jelölés költségeit a gazdára/fogyasztóra kell hárítani. Ez abszurd módon éppen a GM-termelés számára konkurens termesztési formákat, a hagyományos és ökológiai termesztést érinti hátrányosan, hiszen értékesítéskor nekik kell bizonyítaniuk, hogy termékük GM-mentes. Ez termelési költségeik, így termékáruk növekedésével jár együtt, ami versenyképességüket rontja. Az európai koegzisztencia-törvények legérzékenyebb területei a vetőmag- és az ökológiai termesztés. Ez mindkét esetben a terméktisztaság elvesztésével függ össze, melyet a transzgén pollennel való terjedése okoz [Heszky 2009].

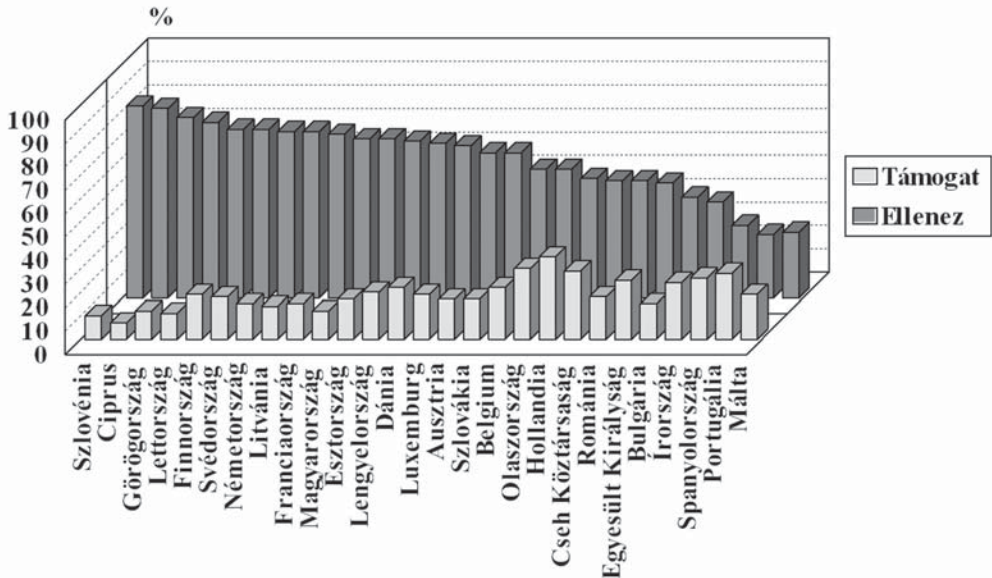
A termelők többségének véleményét jól jellemzi nagyszámú csatlakozásuk a GMO-mentes övezetekhez. A gazdák nem realizálható hasznot látnak ebben a technológiában, hanem a vetőmag-fogáshoz való jogaik megkurtítását. A családi gazdaságok vezetői számára

nem bizonyított a növényvédelmi célú GM-növények gazdasági előnye. A termésnagyság többnyire azonos az ún. izogénikus vonallal, miközben a szabadalmi státusz igen sokféle megkötéssel (a gazda termelés feletti teljes körű rendelkezési joga megszűnik) és többlet-adminisztrációval (engedély a szomszédoktól, monitorozási kötelezettségek) jár együtt. A GM-termékek értékesíthetősége Európában ugyanakkor erősen korlátos.

Több EU-szintű felmérés is vizsgálta, hogyan viszonyulnak az Unió állampolgárai a GM-szervezetek alkalmazásához. A leginkább elfogadó a Cseh Köztársaság, Hollandia, Olaszország, Portugália és Spanyolország lakossága, ahol a megkérdezettek 26-35%-a támogató állásponton van. A legelutasítóbb Ciprus, Finnország, Franciaország, Görögország, Lettország, Litvánia, Luxemburg, Magyarország, Németország, Svédország és Szlovénia lakossága, ahol a megkérdezettek 70-87%-a helyezkedik erre az ellenző álláspontokra. Meghatározóan kisarányú az egyértelműen állásfoglalók aránya Bulgária, Írország, Málta, Portugália és Spanyolország lakosságának körében (47-65%), ami a lakosság tájékozottságáról állít ki bizonyítványt. Az elfogadók aránya Portugáliában a legmagasabb (27% támogató és 28% ellenző), de itt igazából az állásfoglalás-képtelenek aránya (45%) a domináns (3. ábra) [Eurobarometer 2008; GMOC 2010c]. Jelentős a kontraszt a lakosság megíté-

lés és a tagországi állami döntés tekintetében Olaszország (a lakosság megengedőbb), továbbá Észtország, Finnország és Svédország (a lakosság ezekben az országokban sokkal kritikussabb) esetében.

A Kelet-európai térségen belül a növényvédelmi célú GM-növények elfogadása még csekélyebb, mint az EU átlagában. A régióon belül az elfogadás a Cseh Köztársaságban a legmagasabb (29% támogató és 50% ellenző), de közel sem többségi. Az európai fogyasztó alapvetően konzervatív táplálékainak megítélésében, és nem szívesen veszi nemzeti sajátosságokat viselő élelemben az alkotóelemek cseréjét (szintetikus összetevőkkel való pótlását) és a számára természetestől való folyamatos távolodását. A különböző közvélemény-kutatások rendszeresen azt jelzik, hogy az európai lakosság többsége nem kíván GM-alapanyagokból készült élelmiszert fogyasztani. Üdvözli ugyan a géntechnológia egészségügyi alkalmazását (a gyógyszer felhasználás kritikus helyzetben merül fel), de mindez annak mezőgazdasági felhasználására (a táplálék választásban Európában nem jellemző a kritikus helyzet) nem terjed ki. A jelenlegi európai gyakorlatban a nemzetközi cégek által ajánlott GM-kukoricák termesztésének előnyeit sem a kukorica-termesztésben kiemelkedő országok mezőgazdaságának vezetői, sem a nemesítők/termelők/kereskedők nem látják [Heszky 2008; Balla 2009-2010].



3. ábra A géntechnológiai úton módosított szervezetek felhasználásának ellenzése és támogatása Európában

Irodalomjegyzék

- Andow DA, Lövei GL, Arpaia S (2006) Ecological risk assessment for *Bt* crops. *Nat Biotechnol* **24**, 749-751.
- Ángyán J (2001) Az európai agrármodell, a magyar útkeresés és a környezetgazdálkodás. Agrofórum Kiadóház, Budapest.
- Ángyán J, Menyhért Z (szerk.) (2004) Alkalmazkodó növénytermesztés, környezet- és tájgazdálkodás. Szaktudás Kiadóház, Budapest.
- Bakonyi G, Szira F, Kiss I, Villányi I, Seres A, Székács A (2006) Preference tests with collembolas on isogenic and Bt-maize. *Eur J Soil Biol* **42S**, 132-135.
- Balla L (2006) Hozzászólás az MTA állásfoglalásához a génmódosított, a hagyományos és a biotermesztett növények együttes termesztéséről. *Magyar Tudomány* **167**, 478-483.
- Balla L (2009-2010) Növénynevelés és génmódosítás 1-3. *Biokultúra* **20** (5), 8-10; *Biokultúra* **20** (6), 8-10; *Biokultúra* **21** (1), 8-10.
- Burn AJ, Coaker TH, Jepson PC (Eds.) (1987) *Integrated Pest Management*. Academic Press, London, UK.
- BZBE – Barabás Zoltán Biotechnológiai Egyesület Honlapja (2010) [http://zoldbiotech.uw.hu/index.php?option=com_content&task=blogsection&id=1&Itemid=12]
- CRLRP – Community Reference Laboratories for Residues of Pesticides honlapja (2010) [http://www.crl-pesticides.eu/docs/public/tmp1_article.asp?CntID=661&LabID=100&Lang=EN]
- Darvas B (1986) Az integrált növényvédelmi technológia elve és módszerei növényházakban. In: *Biológiai védekezés a növényházak főbb kártevői ellen* (Budai Cs, szerk.) Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 50-59. old.
- Darvas B (1997) A genetikailag módosított élőszervezetek kibocsátásának környezeti kockázatai. Fenntartható Fejlődési Bizottság, Budapest.
- Darvas B (szerk.) (2007) Mezőgazdasági géntechnológia – első generációs GM-növények. Magyar Országgyűlés Mezőgazdasági Bizottsága, Budapest.
- Darvas B, Csóti A, Gharib A, Peregovits L, Ronkay L, Lauber É, Polgár AL (2004) Adatok a Bt-kukoricapollen és védett lepkefajok lárváinak magyarországi rizikóanalíziséhez. *Növényvédelem*, **40**, 441-449.
- Darvas B, Lauber É, Bakonyi G, Békési L, Székács A, Papp L (2007) A MON 810-es GM-kukoricák környezettudományi megítélése. *Magyar Tudomány*, **168**, 1047-1056.
- Darvas B, Lauber É, Takács E, Székács A (2009) GM-növények mérlege a növény- és környezetvédelemben I-II. *Környezetvédelem*, **17** (1), 24-45; **17** (2), 26-27.
- Darvas B, Székács A (szerk.) (2006) Mezőgazdasági ökotoxikológia. l'Harmattan, Budapest.
- Darvas B, Székács A (2010) Növényvédelem és fenntarthatóság. I. Kémiai növényvédelem. *Biokultúra*, **21** (2), 9-11; II. Géntechnológia a növényvédelemben. *Biokultúra*, **21** (3), 12-14.
- Darvas B, Székács A, Bakonyi G, Kiss I, Biró B, Villányi I, Ronkay L, Peregovits L, Lauber É, Polgár AL (2006) Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hivatal GMO Paneljének a magyarországi környezetanalitikai és ökotoxikológiai vizsgálatokkal kapcsolatos állásfoglalásáról. *Növényvédelem*, **42**, 313-325.
- deVendomois JS, Roullier F, Cellier F, Séralini G-E (2009) A comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health. *Int J Biol Sci* **5**, 706-726.
- Dona A, Arvanitoyannis IS (2009) Health risks of genetically modified foods. *Crit Rev Food Sc. Nutr* **49**, 164-175.
- EFSA GMO Panel (2010) Scientific Opinion on the assessment of potential impacts of genetically modified plants on non-target organisms. *EFSA J*, in press (doi:10.2903/j.efsa.2010.NN.NN.NN)
- Envirologix (2010) [http://www.envirologix.com/artman/publish/cat_index_5.shtml]
- Eurobarometer (2008) [http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_295_en.pdf]
- GMO – GMO Compass honlapja (2010a) [http://www.gmo-compass.org/eng/agri_biotechnology/gmo_planting/392.gm_maize_cultivation_europe_2009.html]
- GMO – GMO Compass honlapja (2010b) [<http://www.gmo-compass.org/eng/gmo/db/>]
- GMO – GMO Compass honlapja (2010c) [http://www.gmo-compass.org/eng/news/stories/227.eurobarometer_europeans_biotechnology.html]
- GMOFE – GMO-Free Europe honlapja (2010a) [<http://www.gmo-free-regions.org/gmo-free-regions/bans.html>]
- GMOFE – GMO-Free Europe honlapja (2010b) [<http://www.gmo-free-regions.org/gmo-free-regions/maps.html>]
- GMO-Kerekasztal honlapja (2010) [<http://www.vedegylet.hu/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=68&page=1>]
- Heszky L (2008) A GM kukorica hibridek természetének előnyei és hátrányai. *Magyar Mezőgazdaság* **63** (14), 6-7.
- Heszky L (2009) A koegzisztencia lehetetlensége. *Biokultúra* **20** (4), 10-12.
- ISAAA – International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications honlapja (2010) [<http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/41/executivesummary/default.asp>]
- Jermey T (1975) Az integrált védekezés fogalma és hazai alkalmazása. *Növényvédelem* **11**, 337-352.
- Kiss J, Szekeres D, Tóth F, Szénási Á, Kádár F (2007) Genetikailag módosított növények és környezeti kockázatok: A „Bt-kukorica” példája. *Magyar Tudomány* **167**, 428-436; 167, 1057-1061.
- Lang A, Lauber É, Darvas B (2007) Early-tier tests insufficient for GMO risk assessment. *Nat Biotechnol* **25**, 35-36.
- Magyar Köztársaság (2004) 132/2004. (IV. 29.) Korm. Rendelet a géntechnológiai tevékenység engedélyezési eljárás rendjéről, valamint az eljárás során az Európai Bizottsággal való kapcsolattartásról.
- Mesnage R, Clair E, de Vendomois JS, Séralini J-E (2009) Two cases of birth defects overlapping the Stratton-Parker syndrome after multiple pesticide exposure. *Occup Environ Med* **67**, 359.
- Molnár Zs (2009) A kukoricatermelés jelene. *Agrofórum* **20** (32M), 12-15.
- PAN – Pesticide Action Network honlap – Watts, M. (2010) Glyphosate – monograph. PANAP pp. 1-50. [http://www.panap.net/uploads/media/monograph_glyphosate.pdf]
- Perry JN, Devos Y, Arpaia S, Bartsch D, Gathmann A, Hails RS, Kiss J, Lheureux K, Manachini B, Mestdagh S, Neemann G, Ortego F, Schiemann J, Sweet JB (2010) A mathematical model of exposure of nontarget Lepidoptera to Bt-maize pollen expressing Cry1Ab within Europe. *Proc Roy Soc B* **277**, 1417-1425.
- Perry JN, ter Braak CJF, Dixon PM, Duan JJ, Hails RS, Huesken A, Lavielle M, Marvier M, Scardi M, Schmidt K, Tóth-Mérész B, Schaarschmidt F, van der Voet H (2009) Commentary: statistical aspects of environmental risk assessment of GM plants for effects on non-target organisms. *Environ Biosaf Res* **8**, 65-78.

- Pusztai A, Bardocz S, Ewen SWB (2003) Genetically modified foods: Potential human health effects. In: Food Safety: Contaminants and Toxins (D'Mello JPF, Ed.). CAB International Wallingford, Oxon, UK, pp. 347-372.
- Richard S, Moslemi S, Sipahutar H, Benachour N, Séralini G-E (2005) Differential effects of glyphosate and Roundup on human placental cells and aromatase. *Environ Health Perspect* **113**, 716-720.
- Romeis J, Meissle M, Bigler F. (2006) Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. *Nature Biotechnol* **24**, 63-71; **24**, 751-753; **25**, 36-37.
- Séralini G-E, Cellier D, de Vendomois JS (2007) New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity. *Arch Environ Contam Toxicol* **52**, 596-602.
- SOS – Save Our Seeds honlapja (2010) [<http://www.saveourseeds.org/en/dossiers/forced-cultivation-of-mon-810.html>]
- Stern VM, Smith RF, van den Bosch K, Ragen KS (1959) The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: the integrated control concept. *Hilgardia* **29**, 81-101.
- Székács A, Lauber É, Juracsek J, Darvas B (2010a) Cry1Ab toxin production of *MON 810* transgenic maize. *Environ Toxicol Chem* **29**, 182-190.
- Székács A, Lauber É, Takács E, Darvas B. (2010b) Detection of Cry1Ab toxin in the leaves of *MON 810* transgenic maize. *Anal Bioanal Chem* **396**, 2203-2211.
- Takács E, Lauber É, Bánáti H, Székács A, Darvas B (2009) Bt-növények a növényvédelemben. *Növényvédelem* **45**, 549-558.
- Velimirov A, Binter C, Zentek J (2008) Biological effects of transgenic maize *NK603xMON810* fed in long term reproduction studies in mice. Forschungsberichte der Sektion IV, Band 3. Bundesministerium für Gesundheit Familie und Jugend, Vienna, Austria. pp. 1-105. (see its withdraw: GMOC (2010) [<http://www.gmo-compass.org/eng/news/499.docu.html>])

The Century Foundation, Bangalore in association with other organizations



organizes **Global Conference on Entomology (GCE 2011)**

March 5-9, 2011, Chiang Mai, Thailand

Scope of the Conference: The main objective of the Global Conference on Entomology is to showcase advances in entomological research and development in the insect world.

Topics of the Conference:

- Ecology
- Nature protection, landscape management, insect conservation – in a changing environment
- Agricultural entomology
- Genetically modified organisms
- Forest entomology
- Systematics, taxonomy and zoo-geography
- Medical and veterinary entomology
- Insect genetics (genomics, developmental genetics, population genetics etc.)
- Neurobiology and toxicology
- Physiology, and behaviour
- Integrated Pest Management (IPM)
- Parasitic Mites: Regional and world-wide issues
- Advances in Apiculture
- Cultural entomology
- Sensory ecology (Pheromones)
- Soil entomology
- Drosophila genetics
- Applied Research in Wolbachia

For further information kindly Contact:

Dr. Anita, M. / Dr. V. Sivaram, GCE Secretariat
Century Foundation
No, 1, Jagajyoti layout,
Bangalore – 560056, India

Phone: +91(080) 22961315, +91 9845056044,

Fax: +91-80-23181443

Website: <http://www.entomology2011.com>

e-mail: info@entomology2011.com or entomology2011@gmail.com

GM növények táplálkozástudományi látószögből

The safety of GM crops from a nutritional aspect

Bardócz Zsuzsa¹ és Pusztai Árpád²

¹ Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Élelmiszer-tudományi, Élelmiszer-biztonsági és Mikrobiológiai Intézet
4025 Debrecen, Böszörményi út 128.

² 8262 Badacsonytördemic, Tatay S. u. 15.

Susan Bardocz¹ and Arpad Pusztai²

¹ Institute of Food Science, Food Safety and Microbiology, Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences, University of Debrecen,
H-4025 Debrecen, Böszörményi út 128, Hungary

² 8262 Badacsonytördemic, Tatay S. u. 15, Hungary

Összefoglalás

Az Egyesült Államokban, a GM növények 1996-ban jelentek meg az élelmiszerláncban. Ott ezek a termékek mindmáig jelölés nélkül kerülnek forgalomba, s az engedélyezés alapját a mai napig a lényegi azonosság elve képezi. Alig ismertek független kutatók által végzett vizsgálatok eredményei. Az emberekkel végzett tudományos kísérletek szinte teljesen hiányoznak a tudományos irodalomból. Ennek ellenére egyre több génmódosított összetevőt engednek be a táplálék- és takarmányláncba. Nő azoknak a tudományos közleményeknek a száma is, amelyek a GM növények egészségkárosító mellékhatásaira mutatnak rá. A jelenleg forgalomban lévő – és így a táplálékláncban is megjelenő – GM növényekről elmondható, hogy ezek túl korán, megfelelő biztonsági vizsgálatok hiányában kerülnek fogyasztásra, hosszútávú hatásaik teljesen ismeretlenek, így veszélyeztethetik a jövő nemzedékek egészségét. Éppen ezért bevizsgálásukhoz elengedhetetlen lenne szigorú és általánosan elfogadott tesztelési módszereket kidolgozni.

Kulcsszavak: GM növények, EFSA, inzerciós mutagenézis, horizontális génátvitel, táplálkozástani vizsgálatok, Cry toxinok, glyphosate

2000-ben a *Nature* című folyóiratban jelent meg egy közlemény „A GM élelmiszerek egészségügyi kockázatai: sok a vélemény, de kevés az adat” címmel [Domingo 2000], és sajnos, a helyzet tíz év elteltével sem sokat változott. A tudományos cikkek nagyrésze ipari kutatók vagy a biotechnológiai ipar által foglalkoztatott szakemberek tollából került ki [Pryme és Lembcke 2005]. A független vizsgálatok száma máig elenyésző.

A Földön minden élőlény ugyanazon vegyületekből építi fel örökítő anyagát, ezért a genetikai kód univerzális. Ez teszi lehetővé, hogy az evolúciós határok kikerülé-

Summary

GM crops appeared first in the food/feed chain in the USA in 1996. In the US GM plants to date are not labelled and their authorization is still based of the idea of substantial equivalence. There are hardly any independent studies carried out to examine their health effects. Experiment performed with humans are also lacking, although the number of GM crops in the food and feed chain are steadily increasing. In the meantime, there is a growing body of evidence in the scientific literature to warn about the health risks of GM plants. It is understood that GM crops present in our food and animal feeds were released too early and without proper safety testing, their long term effects are unpredictable and might put the health of the forthcoming generations in danger. Therefore, strict safety testing protocols, accepted by the entire scientific community, should be established.

Keywords: GM plants, EFSA, insertional mutagenesis, horizontal gene transfer, dietetic studies, Cry toxins, glyphosate

sével genetikai szekvenciákat vihezzünk át egyik egyik élőlényből a másikba (transzgenikus növények), vagy saját fajból származó génekkel módosítsuk a növényi génotomot (intra-genikus és cisz-genikus növények).

Eleinte úgy gondolták, a genetikai információ kifejeződése ugyanaz marad függetlenül attól, hogy milyen környezetbe kerül sor az átírásra, és adott gén minden körülmények között ugyanazt a fehérjét termeli, azaz a gazdasejtben is ugyanolyan konformációjú és funkciójú fehérjét szintetizál, mint amilyent az eredetiben termelt. Már tudjuk, hogy ez az elképzelés naiv.

Ennek bizonyítására a legjobb példa a babból származó α -amiláz enzimet kódoló gén termelte fehérje. Amikor ezt a gént a babból átvitték a borsóba, a termelt fehérje szerkezete, glikoziláltsága és allelgenitása megváltozott [Prescott és mtsai 2005]. Mi több, olyan gén is van, amely tíz különböző környezetben tízféleképpen viselkedik [Le Page 2006].

Az epigenetikai kutatások arra is rámutattak, hogy az „egy gén egy fehérjét termel” elmélet azért is naiv elképzelés, mert még a környezet is képes a genomban olyan változásokat előidézni, amelyeknek a DNS-szekvencia változása nélkül változtatják meg a gének működését [Bollati és Baccarelli 2010; Molnar és mtsai 2010].

Gondok a GM növények engedélyezésével kapcsolatban

A lényegi azonosság

A lényegi azonosság (*substantial equivalence*) elvét az Egyesült Államokban vezették be a géntechnológiai úton módosított (GM) növények engedélyezésének alapjául, és ezt a gyakorlatot vette át az Európai Unió és a világ számos más országa is. Ezt az elvet elfogadja az Európai Élelmiszer-biztonsági Hivatal (EFSA) is [Kuiper és Davies, 2010]. A biztonságosság megítélése tehát a lényegi azonosság elvén alapul, amely kimondja, hogy amennyiben a GM növény kémiai összetétele közelítőleg azonos annak a hagyományos növénynek az összetételével, amelyet az átalakításhoz felhasználtak (azaz az izogén szülői növényével), úgy a GM növény éppen

olyan biztonságosan fogyasztható, mint a hagyományos növény. Például, ha a burgonyát az emberiség évszázadok óta biztonsággal fogyasztja, akkor az a GM burgonya, melynek kémiai összetétele meghatározó, fő összetevőiben hasonló a hagyományoséhoz, ugyancsak biztonsággal fogyasztható. Jelenleg a hatóságok sajnos akkor sem követelnek meg további vizsgálatokat, ha az analitikai értékek szignifikáns eltéréseket mutatnak a GM és a hagyományos növény között. Ilyen esetekben arra hivatkoznak, hogy a különbségek biológiai szempontból lényegtelenek. Az alábbi példák azt mutatják, hogy a lényegi azonosság elve mennyire csalóka alap a biztonság megítéléséhez. Ha a kergemarhakórban szenvedő szarvasmarhát kémiaileg analizáljuk, annak összetétele (hamuösszetétel, ásványianyag-, zsír-, nukleinsav-, fehérjetartalom stb.) azonos az egészséges állatéval. A kémiai analízis alapján nem lehet eldönteni, hogy melyik marha egészséges, azaz melyiket fogyaszthatjuk biztonsággal. Állíthatjuk, hogy a lényegi azonosságon alapuló engedélyezésnek nincs tudományos alapja [Millstone és mtsai, 1999].

A transzgén és a transzgenikus fehérje biztonsága

A másik gond a szabályozással az, hogy a biztonsági vizsgálatok csak a transzgén és a transzgén termelte fehérje biztonságos voltát kívánják bizonyítani, a ge-



Bardócz Zsuzsa

Vegyész (Kossuth Lajos Tudományegyetem) tudományos pályafutását a DOTE kutatójaként kezdte, ahol doktorált, majd megszerezte az MTA kandidátusi címét. 1987-ben hozzám Pusttai Árpádhöz, és Skóciába költözött. 1987-től 2000-ig, nyugdíjbavonulásáig az aberdeeni Rowett Kutatóintézetben dolgozott, a „Food-Gut-Microbial Interaction Unit” vezetőjeként. 2000-ben hazaköltözött Magyarországra, 2002-ben megszerezte az MTA doktora címet. Habilitálás után 2007-től a Debreceni Egyetem ATK Élelmiszertudományi, Élelmiszerbiztonsági és Mikrobiológiai Intézetében a táplálkozástudomány professzora.



Pusttai Árpád

Vegyészdíplomája megszerzését (1953, ELTE) követően az MTA Enzimológiai Intézetében dolgozott Szörényi Imre professzor munkatársaként. 1956-ban elhagyta az országot és Nagy-Britanniában telepedett le. PhD fokozatának megszerzése (1960, Londoni Egyetem, Lister Intézet) után a Lister Intézetben dolgozott 1963-ig, majd a Nobel-díjas Dick Syngé munkatársának hívta az aberdeeni Rowett Kutatóintézetbe, ahol nyugdíjbavonulásáig és azt követően még 8 évig dolgozott. Az utolsó 3 évben feleségével a génmódosított növények és a belőlük készült élelmiszerek biztonságosságának megállapításához szükséges kísérleti módszerek kidolgozásán munkálkodott. A világon elsőként hívta fel a figyelmet a GM növények táplálkozásbiztonsági vizslatának hiányosságára. Munkásságáért több brit, nemzetközi és hazai tudományos és társadalmi díjjal tüntették ki, a legjelentősebbek a Stuttgarter Béke-díj, melyet feleségével együtt nyert el, a Mahatma Gandhi díj a tisztességes tudományért, valamint a német tudósok szövetségének ún. *Whistleblower*-díja.

netikai módosítás folyamatát semlegesnek tekintik. Toxikológiai és táplálkozástani szempontból csak az új transzgén és az általa kódolt fehérje biztonságát kell igazolni. Az adatokat az engedélyezést kérelmező vállalatok szolgáltatják, azt hatósági felülvizsgálat csak adminisztratív eszközökkel követi, és független vizsgálatok nem erősítik meg [Faust 2002].

A régebbi szakkönyvek állítják, hogy a DNS a bélben teljes mértékben lebomlik. Már tudjuk, hogy ez nincs így. A DNS részben képes túlélni az emésztőrendszeren való áthaladást, átjuthat a placentán és az agy–vér-gáton is, és ezeket a DNS-darabokat a szervezet sejtjei felvehetik [Schubbert és mtsai 1994; 1998; Hohlweg és Doerfler 2001], lehetőséget adva a horizontális génátvitelre, ahogy azt számos kísérlet bizonyítja. Az egyik tanulmányban birkákat és sertéseket etettek RoundupReady gyomirtóra (*glyphosate*) toleráns repcével. A sertések belében, májában és veséjében, és a birkák belében is kimutatható volt a transzgén jelenléte [Sharma és mtsai, 2006]. Amikor 35 napig a malacokat a *MON 810* kukoricamoly-rezisztens kukoricával etették, az állatok béltartalmában [Chowdhury és mtsai 2003], vérében, májában és lépében is kimutatható volt a transzgén [Mazza és mtsai 2005]. Spanyol kutatók a bolti tejben GM-szójaszekvenciákat találtak [Agodi és mtsai 2006], és ugyancsak GM szója és GM kukorica transzgénszekvenciákat mutattak ki a GM takatmányon tartott tehének tejében is [Espanier 2000].

A fehérje lebontásának vizsgálatával is vannak metodikai nehézségek. Gyakran nem is a GM növényből származó fehérjével (kurtított Cry1Ab), hanem annak baktériumban szintetizált rekombinás formájával végzik el a toxikológiai és etetési kísérleteket és a stabilitásvizsgálatokat, annak ellenére, hogy a prokarióta és eukarióta sejtek másképpen szintetizálják a fehérjéket. A kétféle sejtben más a fehérjék poszt szintetikus módosítása, és a glikozilálási folyamatok is eltérők. Ez történt a RoundupReady szója esetében is. Az 5-enolpiruvilsikimát-3-foszfát szintetáz (*CP4 epsps*) enzim esetében a *glyphosate*-rezisztens szójababban *Escherichia coli* szintetizálta rekombináns fehérjét használtak a biztonsági vizsgálatokban a szójaból izolált fehérje helyett [Harrison és mtsai 1996]. Bármennyire fáradtságos is a transzgenikus fehérje szükséges mennyiségben történő izolálása, alapvető lenne, hogy a biztonsági vizsgálatokat mindig a transzgenikus növényből izolált fehérjékkel végezzék el.

Az engedélyezés kiterjed a transzgenikus fehérje stabilitásának vizsgálatára is, amit kivétel nélkül mindig *in vitro* módszerekkel, kémcsőben végeznek. A transzgenikus fehérjét megfelelő pH mellett 36°C-on összehozzák az emésztő enzimekkel. Meghatározott időközökben mintát vesznek az elegyből, majd visszamérik a még le nem bomlott fehérje mennyiségét. Ennek az *in vitro* módszernek komoly hibája, hogy olyan fehérjéket is képes lebontani, mint a bab lektinje, a fitohemagglutinin (*PHA*), amely az emésztőrendszerben nem bomlik le [Pusztai és mtsai 1990]. A fehérje emésztőrendszerben történő lebontását már csak azért sem lehet kémcsőben elvégzett kísérletekkel helyettesíteni, mert a bélben a pH folyamatosan változik, és a fehérjék a tápcsatornán áthaladva meghatározott sorrendben találkoznak az emésztő enzimekkel. A másik probléma az, hogy a bél felületi sejtjei glikolizáltak, felületükön lektin, növekedési faktor, valamint hormonreceptorok is vannak. Azok a fehérjék, amelyek kölcsönhatásba lépnek a bél felületi receptorokkal (mint pl. a Cry toxinok), a kapcsolódás következtében olyan konformációs változáson mehetnek keresztül, amely megakadályozza ezekben a fehérjéknek a lebontását. A kémcsőből a sejtfelületi receptorok is hiányoznak. Az *in vitro* vizsgálatok csak tájékoztató jellegűek lehetnek.

Az EFSA, sajnos a több éve folyó vita és a kutatási programok ajánlásai ellenére mindmáig a lényegi azonosság elvét és az *in vitro* vizsgálatokat használja a biztonságosság megítélésére, bár lassan rákényszerülnek, hogy megköveteljék a biológiai vizsgálatokat [Faust 2002; Aumaitre és mtsai 2002]. Az Európai Unió finanszírozta tematikus program, a „*Thematic Network ENTRANSFOOD*” is kritizálta a jelenlegi biztonságossági vizsgálatokat, és összefoglalta azokat az irányelveket, amilyekkel azon javítani lehetne [EFSA GMO Panel 2008]. Pusztai Árpád és munkatársai is tettek javaslatokat az engedélyezésnél kötelező vizsgálatokra [Pusztai és mtsai 2003; Pusztai és Bardócz 2007].

Inzerció mutagenézis

A befogadó genom saját génjeinek működésében a génbeültetés hatására bekövetkező változásokat inzerció mutagenézisnek hívják. Mára már általánosan elfogadott, hogy akár a *Bacterium tumefaciens* Ti-plazmidjával, akár génbelövés-technikával juttatják be a transzgént a gazdába, a beépülés hatására a befogadó genom génjeinek 1-5%-a megváltoztatja működé-

sét [Haslberger 2003; Wilson és mtsai 2006; Latham és mtsai 2006]. A gabonák esetében, amelyek kb. 50 000 gént tartalmaznak, ez 500-2500 gén működésének megváltoztatását jelenti a transzszekvenciák beépülésén kívül. Tehát a bevitt transzszekvenciákon kívül az eredeti gének közül számosnak megváltozhat a működése.

A transzsgén beépülése minden egyes átalakított sejtnél eltérő és egyéni, ezért hívják az egyes transzgenikus vonalakat (pl. *MON 810*) genetikai eseménynek (*genetic event*). Annak esélye, hogy ugyanazt a genetikai eseményt sikerüljön újra létrehozni, igen csekély. Ennek is az inzerációs mutagenézis az oka.

A szabályozás, ahogy már említettük, csak a transzsgén(ek) és az arról készült transzgenikus fehérje biztonságát vizsgálja. A szabályozás és az engedélyezés a génbejuttatás módját, mint technikát semlegesnek tekinti, és figyelmen kívül hagyja. Így a génbeültetés hatására a genomon bekövetkező változások – mint a génaktiválás, -elhallgattatás, géntörés, a génnek a szabályozó elemektől való elválasztása stb. – vizsgálatától [Le Page 2006; Latham és mtsai 2006] eltekintenek, annak ellenére, hogy az inzerációs hatás vizsgálatának fontosságát még az EFSA GMO Paneljének tagjai is elismerték [Kuiper és mtsai 2001; 2002].

Modern analitikai módszerekkel, mint az mRNS-ujjlenyomat-vizsgálattal, proteomikail [Zolla és mtsai 2010], metabolomikail [Hoekenga 2008] és egyéb technikákkal a sejtbeépítés hatására a genom működésében bekövetkező változások nyomonkövethetőek lennének. Az engedélyezéshez azonban az inzerációs hatásokat nem szükséges vizsgálni arra való hivatkozással, hogy a technológia következmények nélküli.

Azt, hogy a transzgenikus növények genomja nem stabil, bizonyítja a tény, hogy az utódokban megváltozhat az eredetileg bevitt transzszekvencia [Collonnier és mtsai 2003]. Az inzerációs hatás miatt ugyancsak változások következhetnek be a GM növények tápértékében, ahogy azt a GM rizs példája is mutatja: az első generációban az E-vitamintartalom, a másodikban a fehérje-, a harmadikban az aminosav-összetétel változott meg [Jiao és mtsai 2010]. A genetikai instabilitást bizonyítja az inzeráció hatására a növény adaptálódó képességében bekövetkezett csökkenés, amely a környezet változásaihoz való adaptálódási képességben figyeltek meg a *MON 810* kukorica esetében [Zolla és mtsai 2010].

A horizontális génátvitel

A genom instabilitása megkönnyíti a horizontális génátvitelt is, azt a folyamatot, amellyel a transzsgén átkerülhet egyik fajból a másikba, mint pl. ahogy azt már láttuk, a növényből baktériumokba vagy a GM növényt fogyasztó állatok szerveibe. Állatkísérletekben már több esetben sikerült a transzszekvenciákat a bélbaktériumokban kimutatni, nagyobb mennyiségű (6-25%) az emberi nyálhoz kevert GM plazmid még nem bomlott le 1 óra alatt [Mercer és mtsai 1999]. A már részben lebomlott plazmid DNS ugyancsak sikeresen beépült a *Streptococcus gordonii* baktériumba, amely az emberek szájában él [Duggan és mtsai 2000]. A GM-kukoricával etetett csirkék gyomrába és zúzájába is átkerül a transzsgén [Chambers és mtsai 2000].

A transzszekvencia baktériumokba való átkerülésének lehetőségét még az EFSA GMO Panel tagjai is elismerik [Kuiper és mtsai 2001]. A birkában a kanamycinrezisztenciát kódoló, és más transzszekvenciák átkerültek a takarmányból a birkák szájában élő baktériumokba [Duggan és mtsai 2000]. RoundupReady repcével etetett disznók belében, májában és veséjében, és a birkák esetében a birkák beléből is kimutatható volt a transzsgén jelenléte [Sharma és mtsai 2006]. Amikor *MON 810* kukoricával etették a malacokat, a vérükben, a májban és a lépükben is kimutatható volt a transzsgén [Mazza és mtsai 2005]. GM szójával és kukoricával etetett tehének tejében kimutatható volt a GM takarmányból származó transzsgén [Phipps és mtsai 2002; Einspanier és mtsai 2004].

A GM növények egészségügyi hatásai

Humán kísérletek

A GM növények 1996-ban az Egyesült Államokban kerültek a táplálékláncba. Mára már több tucat GM növény forgalmazását engedélyezték táplálékként és/vagy takarmányként [European Commission 2009]. Ennek ellenére a szakirodalom mindössze egyetlen emberi kísérletről számol be, amelynek a célja annak eldöntése, hogy – mint ahogy az megtörtént a birkában is – a GM növényben lévő antibiotikumrezisztenciáért felelős gén átkerülhet-e a táplálékból a fogyasztók bélbaktériumaiba [Netherwood és mtsai 2004]. Mivel ez nagyon kockázatos lenne, ezért a kísérletet olyan GM növényvel (RoundupReady szója) végezték, amelyben az antibiotikumrezisztenciáért felelős gén helyett a

gyomirtószer-rezisztenciáért felelőset használtak. GM szójából készített italt adtak egyszeri alkalommal hét olyan – ileosztómiás – betegeknek, akiknek vastagbélét valamilyen okból eltávolították és a vékonybelet a hasfalon keresztül vezették ki. A bélsár az ileosztómiás zacskóba ürült, amiből könnyen lehet mintát venni. A GM-ital elfogyasztása előtt és után a zacskóban lévő baktériumokból mintát vettek, négy-szer átoltották, majd a baktériumokban meghatározták, milyen mértékben találhatók meg a GM szójából eredő transz gének. Az egyik beteg adatait nem sikerült értékelni, de a másik hat esetében különböző mértékben (0,2-3,7%) mutatták ki az átoltott baktériumokból a szója átalakításához felhasznált teljes transz génszekvenciát [Netherwood és mtsai 2004]. Mivel a 0 perces (a GM szója elfogyasztása előtt vett) és többször átoltott mintából három beteg esetében is kimutatható volt a transz gének, azt a következtetést vonták le, hogy a kísérlet eredménye nem szignifikáns. Felvetődik azonban, hogy az az eredmény, hogy a kísérlet kezdete előtt három beteg bélbaktériumaiban jelen volt a szója átalakításához felhasznált szekvencia, azt mutatja, hogy a lakosság kb. felének bélbaktériumaiban már jelen van ez a transz gének. Az pedig, hogy a kísérlet végén minden értékelhető mintában kimutatható volt a transz gének, szerintünk azt mutatja, hogy elég egyszeri alkalommal GM-tartalmú táplálékot fogyasztani ahhoz, hogy a GM növények átalakításához használt transz génszekvenciák jó eséllyel átkerüljenek a fogyasztók bélbaktériumaiba.

Az aranyrizsszel Kínában 24 gyereken (6-8 éves) végeztek kísérletet az Egyesült Államokbeli Tufts Orvosi Egyetemen kutatói (Robert Russell vezetésével). A kísérlet ellen többen is tiltakoztak [Institute of Science in Society 2009], mert sértette a nünbergi irányelvet, mely kimondja, hogy gyermekekkel nem szabad kísérletezni. A tiltakozás másik oka az volt, hogy az aranyrizsszel állatkísérleteket sem folytattak, így ennek a GM rizsnek a fogyasztását eddig a világ egyetlen országa sem engedélyezte. A kísérletet 2008. júliusában megszakították, a tapasztalatokról nincsenek publikált adatok. Ugyan Németországban terveztek állatkísérleteket az aranyrizsszel, de mivel a kapott rizsminta csak a remélt karoténmennyiségnek 1%-át tartalmazta, és ez a kis mennyiség is felére csökkent főzéssel, a kísérleteket nem végezték el [Bisserbe 2008]. Így nem indokolatlan Pusztai Árpádnak az az angol televízióban

1998-ban elhangzott kijelentése, hogy a biotechnológiai ipar a fogyasztókat használja kísérleti nyúlként. Hozzátehetjük, hogy egy rosszul tervezett és nem ellenőrzött kísérletben.

A reprodukciós képességet vizsgáló kísérletek

A jövő generációk szempontjából legfontosabbak lennének a hosszútávú kísérletek, különösen azok, amelyek a reprodukciós képességet vizsgálják. Sajnos, a GM-táplálék és -takarmányok engedélyezéséhez vagy köztermesztésbe vonásához ilyen kísérleteket nem kívánnak meg az engedélyező szervek. Ennek ellenére egyre több információ lát napvilágot a szexuális szervek működésével, illetve a reprodukciós képességgel szemben. A Pusztai-féle GMA GM-burgonyakísérlet hím patkányokon végezték, és azt találták, hogy a GM-táppal táplált állatok heréjének és prosztatájának súlya is szignifikánsan különbözött a kontroll állatokétól. A RoundupReady szója is morfológiai elváltozásokat okozott a patkányok heréjének szövettanában [Vecchio és mtsai 2004]. Irina Ermakova sokat vitatott kísérlete szerint ugyanezzel a GM szójjával etetett patkányok kisebb utódokat szültek és kevesebb maradt életben az alomból [Ermakova 2006]. Kísérletét azért nem lehet teljes értékűnek tekinteni, mert a vetőmagboltból vásárolta a GM szóját, és kontrollként nem a közel izogénes szóját használta. Többen arra is hivatkoznak, hogy a szója csávázott volt, s a hatás ennek tudható be. Minden valószínűség szerint probléma lehet a szójjával, ugyanis egy éppen megjelent cikk [Brasil és mtsai 2010] szignifikáns különbségeket talált az ökológiai kódásból származó és GM szójjával etetett patkányok méhének és a petefészkének morfológiájában, és további vizsgálatokat sürgetnek. A két utóbbi cikk alapján nem lehet egyértelműen eldönteni, hogy a GM szója transz géne vagy a termesztéséhez használt *glyphosate* felelős-e a reprodukciós képességben talált hatásért.

Az ausztriai kormány két, a reprodukciós hatást vizsgáló kísérletet finanszírozott a Monsanto (NK603 x MON 810) többtransz génes kukoricájával [Velmirov és mtsai 2008]. Az egyik kísérletben négy generáción keresztül vizsgálták az egerek reprodukciós képességét (*Multi-Generation Study, MGS*). A harmadik és negyedik generációban az alom száma csökkent (1035 vs. 844), az állatok súlya kevesebb volt a GM-tápon a kontrollhoz viszonyítva. Az állatok veséje is szignifikánsan különbözött a GM- és a hagyományos kukoricatápon. A másik kísérletben ugyanazon szülő-

pár négy vemhességének eredményességét vizsgálták, és azt találták, hogy a harmadik és negyedik terhességből kevesebb és kisebb súlyú állat született, és fogamzóképtelen nőtények száma is terhességtől terhességre nőtt. A tanulmányt többen kritizálták azért, hogy nem megfelelő statisztikai módszereket választottak, és az állatokat a kísérlet előtt nem számítógéppel randomizálták. A minisztérium, miután nem várható az eredmények újrvizsgálata, a tanulmányt visszavonta annak hangsúlyozásával, hogy GMOk a reprodukciós képességre gyakorolt hatásának tanulmányozása rendkívül fontos lenne.

Allergén hatások

A kémcsőben való lebomlás képessége alapján következtetnek a transzgenikus fehérje allergén hatására is. Ha a fehérje nem allergenizáló szervezetből származik, kémcsőben lebontható, és a számítógépes adatbázisokban sem található semmilyen olyan allergén/toxikus fehérje, amelynek aminosavsorrendjében nyolc egymást követő aminosav azonos lenne a transzgenikus fehérje aminosavszekvenciájával, akkor a fehérje biztonságosnak nyilvánítható. Ezzel a szemlélettel az a gond, hogy az allergiát kiváltó epitópok nem feltétlenül egymás után elhelyezkedő aminosavak részvételével alakulnak ki [Fu és mtsai 2002]. Jelenleg nincs modell a táplálékallergia hatásának vizsgálatára, ugyanis az egyéni reakció, valamint a beteg és a fehérje közötti kölcsönhatás az egyéni szintet elérően specifikus, ezért állatkísérletekkel nem modellezhető. Arra viszont van adat, hogy az eredetileg nem allergén fehérje egy GM szervezetben allergénné válik. A babból származó α -amiláz enzimfehérje nem okoz allergiát, de amikor ennek a fehérjének a génjét a borsóba viszik át, az már allergén fehérjét eredményez [Prescott és mtsai 2005], annak ellenére, hogy a bab és a borsó viszonylag közeli rokonok.

Arra is van bizonyíték, hogy olyan egyén is allergiássá válhat GM szójára, aki a hagyományos szójára nem allergiás [Yum és mtsai 2005]. A RoundupReady szójában több a KTI tripszininhibitor, amely a szója egyik allergénje [Padgette 1996].

Eddig szinte minden GM növényvel kapcsolatos vizsgálat, amelyben az immunológiai hatásokat vizsgálták, valamiféle elváltozást mutattak ki. Az első független biztonsági vizsgálat a GNA GM-burgonyával azt mutatta ki, hogy az állatok bélrendszerhez kötött immunrendszer úgy reagált a GM burgonyát tartalma-

zó tápra, mint valamely vírusos vagy bakteriális fertőzésre, mert az intraepiteliális limfociták felszaporodtak a vékonybél hámsejtjeiben [Ewen and Pusztai 1999a; 1999b]. Ugyanakkor a humorális immunrendszer, a szervezet általános védekezőrendszere, lelassult.

A Bt-növények által termelt Cry toxinok közül több allergén, immunogén és adjuváns hatással is rendelkezik. A Cry1Ac toxin hatásos immunogén egérben, amely a bélbe jutás után speciális IgG- és IgM-antitestek képződéséhez vezet a szérumban, valamint a toxinnal szembeni IgA- és IgG-antitestek szintéziséhez a bélben. A Cry1Ac toxint felveszi a bél és az reakcióba lép a perifériális limfoid szervekkel. Sok emberi sejtvonal is citotoxikus reakciókat mutatott [Tayabali és Seligy 2000; Shimada és mtsai 2003; Guerrero és mtsai 2007].

A mezőgazdasági munkások körében is előfordulnak immunológiai [Bernstein és mtsai 1999] és allergiás [Vazquez-Padron 1999; 2000] reakciók a Cry toxinok ellen. A Cry-toxinok emlősök [Griffitts és mtsai 2005] és más gerincesek bélrendszerével való kölcsönhatását nem tanulmányozták kiterjedten, ezért kockázatos lehet ezek táplálékban és takarmányban való felhasználása.

A GM-tartalmú táp hatása különböző szervekre

Mivel a táplálék legelőször a tápcsatornával lép kapcsolatba, nem mindegy, hogy a bél szerkezetében és annak bakteriális összetételében milyen változásokat okoz. Több tanulmányban eltérést találtak a gyomor és bél szöveti szerkezetében. A GM növényt tartalmazó táp etetése után bevérzéseket találtak az állatok 20%-ánál. A hisztológiai metszetek újraértékelésekor a talált elváltozások aránya 40% volt. A hím állatok nem mutattak hasonló elváltozásokat [Pusztai és Bardocz 2006]. A GNA GM-burgonya a gyomorban, a vékony és vastagbélben is sejtprolifériációt okozott, amely a kontroll burgonyával, és a kontroll burgonyához adott GNA táp esetén nem volt megfigyelhető [Ewen és Pusztai 1999a; 1999b]. Ez a burgonyafajta visszatartotta az állatok növekedését [Pusztai és mtsai 2003]. A glicinifehérjét tartalmazó GM szója kémiai összetétele nem azonos az izogénes vonaléval, és ugyancsak visszatartotta a testállatok növekedését [Hashimoto és mtsai 1999a; 1999b]. A Bt-burgonya az egerek ileumában idézett elő sejtprolifériációt [Fares és El-Sayed 1998]. Az engedélyezést kérő vállalatok dokumentációi általában nem tartalmaznak szövettani vizsgálatokat, gyakran azt lehet bennük olvasni, hogy ezek a vizsgálatok még nem zárultak le.

A toxikológiai és táplálkozástani kísérletek szinte kivétel nélkül változásokat hoznak létre a májban és a vesében. Ez történt a GNA GM-burgonya esetében is [Pusztai és Bardócz 2006]. Ezen túlmenően az urbinói egyetem kutatói azt találták egy 24 hónapig tartó kísérletben, hogy a RoundupReady szója több belső szerv működését is befolyásolja. Elváltozásokat találtak az egerek májában, hasnyálmirigyében és heréjében [Malatesta és mtsai 2002a; 2002b; 2003; 2005; Vecchio és mtsai 2004].

A Monsanto-nak nyilvánosságra kellett hoznia Németországban a MON 863, kukoricabogár-rezisztens kukorica vizsgálati adatait patkányokon. A 90 napos etetési kísérletek adatait – az engedélyezési dokumentáció (1139 oldal) részeként – a Monsanto 2002. december 17-én benyújtotta az EFSA hatósági értékelésére [Monsanto 2002]. A dokumentumot a német kormány Környezetvédelmi Hivatala (BfN) számára 2004. szeptemberében és novemberében Pusztai Árpád értékelte [Pusztai 2004]. Az adatok azt mutatták, hogy az állatok vérének összetétele, vércukor szintje megváltozott, szignifikáns eltérések voltak a máj és a vese tömegében is. Gilles-Eric Séralini és kutatócsoportja függetlenül is elemezte az adatokat [Séralini és mtsai 2007] és arra a következtetésre jutottak, hogy a MON 863 nem fogyasztható és takarmányként sem használható biztonsággal. Séralini és munkatársai másik két kukoricafajtán is elvégezték a statisztikai analízist, és a Monsanto három kukoricafajtája esetében (NK603, MON 810 és MON 863) is szignifikáns eltéréseket találtak a máj és a vese tömegében, valószínűsítve azt az állítást, hogy mindhárom kukoricafajta fogyasztása hatással van a szervezet mérgeztelenítő szerveire [de Vendôme és mtsai 2009].

A glyphosate biztonságossága

A glyphosate gyomirtó hatóanyag hatásai nem tartoznak a GM növények általános egészségügyi hatásának körébe, viszont kétségtelenül fontos hatásúak az ún. RR-növények esetében, amelyek termesztése során kötelezően kell felhasználni ezt a totális gyomirtót. A gyomirtószer-rezisztens GM növények engedélyezése előtt a glyphosate szermaradvány értékeit 50-200-szorosra kellett emelni ahhoz, hogy ezek a termények forgalomba kerülhessenek. A GM növények bevezetésével megnőtt a glyphosate használata [Benbrook 2004].

A glyphosate a talajban és a növényben is kelát formájában tartja a vasat, mangánt [Kremer és Means

2009; Bellaloui és mtsai 2009]. Részben a növények nem képesek ezeket az ásványi anyagokat a talajból felvenni, és az ásványianyag-hiányos szervezetből sem tudnak az emberek, illetve állatok megfelelő ásványianyag-ellátottsághoz jutni [Martino és mtsai 2009]. Annak is nagy a valószínűsége, hogy ez a gyomirtó komoly hatással van a reprodukciós képességre [Marc és mtsai 2005] már olyan alacsony (millimoláris) koncentrációban is, amely megfelel a mindennapos használatnak, és hatással van a májra [Benedetti és mtsai 2004], az emberi placentális JEG3 sejtekre [Richard és mtsai 2005; Benachour és mtsai 2007]. Elképzelhető, a glyphosate gyomirtóra vezethetők vissza terhességi problémák [Savitz és mtsai 2000].

Irodalomjegyzék

- Agodi A, Barchitta M, Grillo A, Sciacca S (2006) Detection of genetically modified DNA sequences in milk from the Italian market. *Int J Hyg Environ Health* **209**, 81-88.
- Aumaitre A, Aulrich K, Chesson A, Flachowsky G, Piva G. (2002) New feeds from genetically modified plants: substantial equivalence, nutritional equivalence, digestibility, and safety for animals and the food chain. *Livest Prod Sci* **74**: 223-238.
- Bellaloui N, Reddy KN, Zablotowicz LM, Abbas HK, Abel CA (2009) Effects of glyphosate application on seed iron and root ferric (III) reductase in soybean cultivars. *J Agric Food Chem* **57**, 9569-9574.
- Benbrook CM (2004) Genetically engineered crops and pesticide use in the United States. The first nine years. *BioTech InfoNet Technical Paper*, No. 7.
- Benachour N, Sipahutar H, Moslemi S, Gasnier C, Travert C, Séralini, G-E (2007) Time- and dose-dependent effects of Roundup on human embryonic and placental cells. *Arch Environ Contam Toxicol* **53**, 126-133.
- Benedetti AL, de Lourdes Vituri C, Trentin AG, Domingues MAC, Alvarez-Silva M (2004) The effects of sub-chronic exposure of Wistar rats to the herbicide glyphosate-biocarb. *Toxicol Lett* **153**, 227-232.
- Bernstein IL, Bernstein JA, Miller M, Tierzieva S, Bernstein DI, Lumms Z, Selgrade MK, Doerfler DL, Seligy VL (1999) Immune responses in farm workers after exposure to Bacillus thuringiensis pesticides. *Environ Health Perspect*, **107**, 575-582.
- Bisserbe N (2008) Golden scare. *Businessworld* 2010 Oct 3. [<http://www.businessworld.in/index.php/Economy-and-Banking/Golden-Scare.html>]
- Bollati V, Baccarelli A (2010) Environmental epigenetics. *Heredity* **105**, 105-112.
- Brasil FB, Soares LL, Faria TS, Boaventura GT, Sampaio FJB, Ramos CF (2009) The impact of dietary organic and transgenic soy on the reproductive system of female adult rat. *Anat Rec* **292**, 587-594.
- Chambers PA, Duggan PS, Heritage J, Forbes JM (2000) The fate of antibiotic resistance marker genes in transgenic plant feed material fed to chickens. *J Antimicrob Chemother* **49**, 161-164.
- Chowdhury EH, Kuribara H, Hino A, Sultana P, Mikami O, Shimada N, Guruge KS, Saito M, Nakajima Y (2003) Detection of corn intrinsic and recombinant DNA fragments and Cry1Ab protein in the

- gastrointestinal contents of pigs fed genetically modified corn Bt 11. *J Anim Sci* **81**, 2546-2551.
- Collonnier C, Berthier G, Boyer F, Duplan MN, Fernandez S, Kebdani N, Kobilinsky A, Romanuk M, Bertheau V (2003) Characterization of commercial GMO inserts: a source of useful material to study genome fluidity. Poster presented at ICPMB: 7th International Congress for Plant Molecular Biology, Barcelona, 23-28 June 2003. [<http://www-ijpb.versailles.inra.fr/fr/sgap/equipes/meiose/index.htm>]
- Domingo JL (2000) Health risks of genetically modified foods: Many opinions but few data. *Science* **288**, 1748-1749.
- Duggan PS, Chambers PA, Heritage J, Forbes, JM. (2000) Survival of free DNA encoding antibiotic resistance from transgenic maize and the transformation activity of DNA in ovine saliva, ovine rumen fluid and silage effluent. *FEMS Microbiol Lett* **191**, 71-77.
- EFSA GMO Panel (2008) Safety and nutritional assessment of GM plants and derived food and feed: The role of animal feeding trials. Report of the EFSA GMO Panel Working Group on Animal Feeding Trials. *Food Chem Toxicol* **46**, S2-S70.
- Einspanier R, Lutz B, Rief S, Berezina O, Zverlov V, Schwarz W, Mayer J (2004) Tracing residual recombinant feed molecules during digestion and rumen bacterial diversity in cattle fed transgene maize. *Eur Food Res Technol* **218**: 269-273.
- Ermakova IV (2006) Genetically modified soy leads to the decrease of weight and high mortality of rat pups of the first generation. *EcosInform* 1: 4-9 (in Russian). [http://www.ecosinform.ru/userfiles/file/1-64_Ec_inf_1_06.pdf]
- European Commission (2009) GMO Database. GMO Compass [<http://www.gmo-compass.org/eng/gmo/db/>]
- Ewen SWB, Pusztai A (1999a) Effects of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *Lancet* **354**, 1353-1354.
- Ewen SWB, Pusztai A (1999) Authors' reply. *Lancet* **354**, 1727-1728.
- Faust MA (2002) New feeds from genetically modified plants: the US approach to safety for animals and the food chain. *Livest Prod Sci* **74**, 239-254.
- Fares NH, El-Sayed AK (1998) Fine structural changes in the ileum of mice fed on delta-endotoxintreated potatoes and transgenic potatoes. *Nat Toxins* **6**, 219-233.
- Fu TJ, Abbott UR, Hatzos C (2002) Digestibility of food allergens and nonallegenic proteins in simulated gastric fluid and simulated intestinal fluid – A comparative study. *J Agric Food Chem* **50**, 7154-7160.
- Griffitts JS, Haslam SM, Yang T, Garczynski SF, Mulloy B, Morris H, Cremer PS, Dell A, Adang MJ, Aroian RV (2005) Glycolipids as receptors for *Bacillus thuringiensis* crystal toxin. *Science* **307**, 922-925.
- Guerrero GG, Russel WM, Moreno-Fierros L (2007) Analysis of the cellular immune response induced by *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac toxins in mice: Effect of the hydrophobic motif from diphtheria toxin. *Mol Immunol* **44**, 1209-1217.
- Harrison LA, Bailey MR, Naylor MW, Ream JE, Hammond BG, Nida DL, Burnette BL, Nickson TE, Mitsky TA, Taylor ML, Fuchs RL, Padgett SR (1996) The expressed protein in glyphosate-tolerant soybean, 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase from *Agrobacterium* sp. strain CP4, is rapidly digested *in vitro* and is not toxic to acutely gavaged mice. *J Nutr* **126**, 728-740.
- Hashimoto W, Momma K, Katsube T, Ohkawa Y, Ishige T, Kito M, Utsumi S, Murata K (1999a) Safety assessment of genetically engineered potatoes with designed soybean glycinin: compositional analyses of the potato tubers and digestibility of the newly expressed protein in transgenic potatoes. *J Sci Food Agric* **79**, 1607-1612.
- Hashimoto W, Momma K, Yoon HJ, Ozawa S, Ohkawa Y, Ishige T, Kito M, Utsumi S, Murata K. (1999b) Safety assessment of transgenic potatoes with soybean glycinin by feeding studies in rats. *Biosci Biotech Biochem* **63**, 1942-1946.
- Haslberger AG (2003) Codex guidelines for GM foods include the analysis of unintended effects. *Nat Biotech* **21**, 739-741.
- Hoekenga OE (2008) Using metabolomics to estimate unintended effects in transgenic crop plants: problems, promises, and opportunities. *J Biomol Technol* **19**, 159-166.
- Hohlweg U, Doerfler W (2001). On the fate of plant and other foreign genes upon the uptake in food or after intramuscular injection in mice. *Mol Genet Genomics*, **265**, 225-233.
- Institute of Science in Society (2009) Scientists Protest Unethical Clinical Trials of GM Golden Rice. ISIS Press Release 16/2/09 [<http://www.i-sis.org.uk/SPUCTGM.php>]
- Jiao Z, Si X-X, Li G-K Zhang Z-M, Xu X-P (2010) Unintended compositional changes in transgenic rice seeds (*Oryza sativa* L.) studied by spectral and chromatographic analysis coupled with chemometrics methods. *J Agric Food Chem* **58**: 1746-1754.
- Kremer RJ, Means NE (2009) Glyphosate and glyphosate-resistant crop interactions with rhizosphere microorganisms. *Eur J Agron* **31**, 153-161.
- Kuiper HA, Kleter GA, Noteborn HPJM, Kok EJ (2001) Assessment of the food safety issues related to genetically modified foods. *Plant J* **27**, 503-528.
- Kuiper HA, Kleter GFA, Noteborn HPJM, Kok EJ (2002) Substantial equivalence – an appropriate paradigm for the safety assessment of genetically modified foods? *Toxicol* **181-182**, 427-431.
- Kuiper HA, Davies HV (2010) The SAFE FOODS risk analysis framework suitable for GMOs? A case study. *Food Control* **21**, 1662-1676.
- Latham JR, Wilson AK, Steinbrecher RA (2006) The mutational consequences of plant transformation. *J Biomed Biotechnol* **2006** (ID 25376) 2, 1-7.
- Le Page M (2006) Tools you can trust. *New Scientist*, **190** (2555), 38-41.
- Malatesta M, Caporaloni C, Gavaudan S, Rocchi MBL, Tiberi C, Gazzanelli G (2002) Ultrastructural morphometrical and immunocytochemical analyses of hepatocyte nuclei from mice fed on genetically modified soybean. *Cell Struct Funct* **27**, 73-180.
- Malatesta M, Caporaloni C, Rossi L, Battistelli S, Rocchi MBL, Tonucci F, Gazzanelli G (2002) Ultrastructural analysis of pancreatic acinar cells from mice fed on genetically modified soybean. *J Anat* **201**, 409-416.
- Malatesta M, Biggiogera M, Manuali E, Rocchi MBL, Baldelli B, Gazzanelli G (2003) Fine structural analyses of pancreatic acinar cell nuclei from mice fed on GM soybean. *Eur J Histochem* **47**, 385-388.
- Malatesta M, Tiberi C, Baldelli B, Battistelli S, Manuali E, Biggiogera B (2005) Reversibility of hepatocyte nuclear modifications in mice fed on genetically modified soybean. *Eur J Histochem* **49**, 237-242.
- Marc J, Le Breton M, Cormier P, Morales J, Bellé R, Mulner-Lorillon O (2005) A glyphosate-based pesticide impinges on transcription. *Toxicol Appl Pharmacol* **203**, 1-8.
- Martino HSD, Martin BR, Weaver CM, Bressan J, Esteves EA, Costa NMB (2007) Zinc and iron bioavailability of genetically modified

- soybeans in rats. *J Food Sci* **72**, S689-S695.
- Mazza R, Soave M, Morlacchini M, Piva G, Marocco A (2005) Assessing the transfer of genetically modified DNA from feed to animal tissues. *Transgenic Res* **14**, 775-784.
- Mercer DK, Scott KP, Bruce-Johnson WA, Glover LA, Flint HJ (1999) Fate of free DNA and transformation of oral bacterium *Streptococcus gordonii* DL1 plasmid DNA in human saliva. *Appl Environ Microbiol* **65**, 6-10.
- Millstone E, Brunner E, Mayer S (1999) Beyond substantial equivalence. *Nature* **401**, 525-526.
- Molnar A, Melnyk CV, Bassett A, Hardcastle TJ, Dunn R, Baulcombe DC (2010) Small silencing RNAs in plants are mobile and direct epigenetic modification in recipient cells. *Science* **328**, 872-875.
- Monsanto (2002) 13-Week dietary subchronic comparison study with MON 863 corn in rats preceded by a 1-week baseline food consumption determination with PMI certified rodent diet #5002. [http://www.monsanto.com/monsanto/content/sci_tech/prod_safety/fullratstudy.pdf]
- Netherwood T, Martin-Orúe SM, O'Donnell AG, Gockling S, Graham J, Mathers JC, Gilbert HJ (2004) Assessing the survival of transgenic plant DNA in the human gastrointestinal tract. *Nat Biotech* **22**, 204-209.
- Padgett SR (1996) The feeding value of soybeans fed to rats, chickens, catfish and dairy cattle is not altered by genetic incorporation of glyphosate tolerance. *J Nutr* **126**, 717-727.
- Phipps RH, Beever DE, Humphries DJ (2002) Detection of transgenic DNA in milk from cows receiving herbicide tolerant (CP4EPSPS) soyabean meal. *Livest Prod Sci*, **74**, 269-273.
- Prescott VE, Campbell PM, Moore A, Mattes J, Rothenberg ME, Foster PS, Higgins TJ, Hogan SP (2005) Transgenic expression of bean α -amylase inhibitor in peas results in altered structure and immunogenicity. *J Agric Food Chem* **53**, 9023-9030.
- Pryme IF, Lembcke R (2003) *In vivo* studies on possible health consequences of genetically modified food and feed – with particular regards to ingredients consisting of genetically modified plant materials. *Nutr Health* **17**, 1-8.
- Pusztai A (2004) Mon863 – Pusztai Report [<http://www.gmwatch.org/p1temp.asp?pid=66&page=1>]
- Pusztai A, Ewen SWB, Grant G, Peumans WJ, van Damme EJM, Rubio L, Bardocz S (1990) Relationship between survival and binding of plant lectins during small intestinal passage and their effectiveness as growth factors. *Digestion* **46**, 308-316.
- Pusztai A, Bardocz S, Ewen SWB (2003) Genetically modified foods: Potential human health effects. In: Food Safety: Contaminants and Toxins (D'Mello JPF, Ed.) CAB International, Wallingford, Oxon, UK. pp. 342-372.
- Pusztai A, Bardocz S (2006) GMO in animal nutrition: potential benefits and risks. In: Biology of Nutrition in Growing Animals. (Mosenthin R, Zentek J, Zebrowska T, Eds.) Elsevier, pp. 513-540.
- Pusztai A, Bardocz S (2007) Potential health effects of foods derived from genetically modified (GM) plants – What are the issues? In: Biosafety First (Traavik T, Ching LL, Eds.) Tapir Academic Press, Trondheim, Norway. pp. 513-540.
- Richard S, Moslemi S, Sipahutar H, Benachour N, Séralini G-E (2005) Differential effects of glyphosate and Roundup on human placental cells and aromatase. *Environ Health Perspect* **113**, 716-720.
- Savitz DA, Arbuckle T, Kaczor D, Curtis KM (2000) Male pesticide exposure and pregnancy outcome. *Am J Epidemiol* **146**, 1025-1036.
- Schubbert R, Lettmann C, Doerfler W (1994) Ingested foreign (phage M13) DNA survives transiently in the gastrointestinal tract and enters the blood stream of mice. *Mol Gen Genet*, **242**, 495-504.
- Schubbert R, Hohlweg U, Renz D, Doerfler W (1998) On the fate of orally ingested foreign DNA in mice: chromosomal association and placental transmission in the fetus. *Mol Gen Genet* **259**, 569-576.
- Séralini G-E, Cellier D, de Vendomois JS (2007) New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity. *Arch Environ. Contam Toxicol* **52**, 596-602.
- Sharma R, Damgaard D, Alexander TW, Dugan MER, Aalhus JL, Stanford K, McAllister TA (2006) Detection of transgenic and endogenous plantDNA in digesta and tissues of sheep and pigs fed Roundup Ready canola meal. *J Agric Food Chem* **54**, 1699-1709.
- Shimada N, Kim YS, Miyamoto K, Yoshioka M, Murata H (2003) Effects of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab toxin on mammalian cells. *J Vet Med Sci* **65**, 187-191.
- Tayabali AF, Seligy VL (2000) Human cell exposure assays of *Bacillus thuringiensis* commercial insecticides: production of *Bacillus cereus*-like cytolytic effects from outgrowth of spores. *Environ Health Perspect* **108**, 919-930.
- Vazquez-Padron RI, Moreno Fierros L, Neri Bazan L, De la Riva GA, Lopez Revilla R (1999) Intra gastric and intraperitoneal administration of Cry1Ac protoxin from *Bacillus thuringiensis* induces systemic and mucosal antibody responses in mice. *Life Sci* **64**, 1897-1912.
- Vazquez-Padron RI, Gonzalez Cabrera J, Garcia Tovar C, Neri Bazan L, Lopez Revilla R, Hernandez M, Morena Fierros L, De la Riva GA (2000) Cry1Ac protoxin from *Bacillus thuringiensis* sp. *kurstaki* HD73 binds to surface proteins in the mouse small intestine. *Biochem Biophys Res Commun*, **271**, 54-58.
- Vecchio L, Cisterna B, Malatesta M, Martin TE, Biggiogera B (2004) Ultrastructural analysis of testes from mice fed on genetically modified soybean. *Eur J Histochem* **48**, 449-454.
- Velimirov A, Binter C, Zentek J (2008) Biological effects of transgenic maize NK603xMON810 fed in long term reproduction studies in mice. Forschungsberichte der Sektion IV, Band 3. Bundesministerium für Gesundheit Familie und Jugend, Vienna, Austria. pp. 1-105. [http://www.biosicherheit.de/pdf/aktuell/zentek_studie_2008.pdf]
- de Vendomois JS, Roullier F, Cellier D, Séralini G-E (2009) A comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health. *Int J Biol Sci* **5**, 706-726.
- Wilson AK, Latham JR, Steinbrecher RA (2006) Transformation-induced mutations in transgenic plants: Analysis and biosafety implications. *Biotechnol Genet Eng Rev* **23**, 209-234.
- Yum HY, Lee SY, Lee KE, Sohn MH, Kim KE (2005) Genetically modified and wild soybeans: An immunologic comparison. *Allergy Asthma Proc* **26**, 210-216.
- Zolla L, Rinalducci S, Antonioni P, Righetti PG (2010) Proteomics as a complementary tool for identifying unintended side effects occurring in transgenic maize seeds as a result of genetic modifications. *Plant Biotechnol J* **8**, 436-451.

A „biomassza-láz” hozadéka

Gains of the „biomass fever”

Gyulai Iván

Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért

3525 Miskolc, Kossuth u. 13.

E-mail: gyulai@ecolinst.hu

Iván Gyulai

Institute for Sustainable

Ecological Development

H-3525 Miskolc, Kossuth u. 13, Hungary

Summary

There is a growing resource need by the society, while natural resources are being exploited far beyond their carrying capacity. Depleting energy resources and population/industrial growth urge the search for new types of renewable energy sources, such as biomass. Biomass is of small energy density and requires extensive land usage by either involving new intact habitats, or using cultivation areas presently used for crops produced by the agriculture. In this respect, food and energy production compete each other. Genetic engineering is being used and tested in every aspect of biomass production, focusing on various target genetically modified organisms (GMOs) including crops,

bacteria, yeasts and catalysts. Researchers attempt to genetically engineer plants that grow faster, have high sugar content, contain more cellulose or less lignin, have greater resistance to stress conditions. Alternatively, microorganisms are also being genetically modified to improve fermentation or facilitate the breakdown of cellulose. As a latest development, modified algae to produce future fuel have been of great attention. Enhanced agricultural production of GMOs have raised serious doubts concerning their environmental impacts. In the case of energy crops, however, potential environmental risks may skip the attention of research and public discussion, as GMOs for non-food products get less attention from the consumers.

Kulcsszavak: *biomassza, energetikai hasznosítás, GM energianövények, élelmiszerár, természetes megújulóképeség, geokémiai ciklusok*

Keywords: *biomass, utilization in energetics, GM energy plants, food price, natural regeneration capacity, geochemical cycles*

1800 és 2000 között a világ népessége hatszorosára nőtt, a mezőgazdasági termelés pedig megtízszereződött. 1960 és 2000 között a világ népessége megduplázódott, háromról hatmilliárd lett, ugyanekkor a mezőgazdasági termelés több mint duplájára nőtt. Természetesen mindez a fejlettnak mondott intenzív mezőgazdasági technológiák térhódítása, a fokozódó föld- és fosszilisenergia-használat és vízfelhasználás mellett történt.

A növekedés révén az emberiség csapdába került. Minél többet termel a mezőgazdaság, annál több ember ellátása válik lehetővé, és ez kikapcsolja a népesség és a természetes környezet eltartó képessége közötti negatív visszacsatolást. Vagyis évente nyolcvanmilliónyi emberrel növekszik a Föld lakossága, amely újabb kényszert szül az intenzitás növeléséhez. Ugyanak-

kor ma már azt tapasztaljuk, hogy a világ népessége gyorsabban gyarapodik, mint az ellátásukhoz szükséges gabonatermelés volumenének bővülése, amely a szükséges növekedés egyharmadával növekszik csupán. Ehhez járul még hozzá, hogy a gabonafélék normál hozamnövelése az 1970-es évekbeli átlagos évi 3-5%-ról lecsökkent évi 1-2%-ra. Azt sem szabad elfelejteni, hogy az éhezők száma évről évre növekszik, és 2010-re meghaladta az egymilliárd főt.

A szükségletek kielégítéséhez egyre több földterületre, vízre, energiára van szükség, pedig már egy ideje látható, hogy készleteink végesek. A világ élelmiszer-ellátásához becslések szerint 2020-ra kb. 200-500 millió hektár újabb mezőgazdasági területekre lenne szükség, a jelenlegi 1500 millió hektár mellé [Kampman és mtsai 2008]. A FAO előrejelzése szerint

az élelmiszer-előállításához szükséges területek 2030-ra a fejlődő országokban jelentősen nőnek. 1999-hez képest 120 millió hektárral fog bővülni a mezőgazdasági területek nagysága, például a szubzaharai Afrikában 60 millió, Latin-Amerikában és a Karib-szigeteken 31 millió hektárral fog bővülni. [Bruinsma 2003].

Az olajcsúcs (*peak oil*) elmélete mellett [Hubbert 1956], amely a fosszilis energiaforrások végességére figyelmeztetett és mára beigazolódott, megjelent a talajcsúcs (*peak soil*) teóriája is. A *The Daily Telegraph* folyóirat híradása [Hough 2010] John Crawfordot, a Sydney-i Egyetem Fenntartható Mezőgazdaság tanszékének vezetőjét idézi, aki szerint akár 60 év alatt is elfogyhat a termőtalaj a világon a föld túlzott használata miatt. A Crawford által bemutatott tanulmány rámutat, a termőtalaj vékonyodásának oka az elhibázott földhasználat és túltermelés okozta erózió, valamint a klímaváltozás. Becslése szerint évente 75 milliárd tonna talaj pusztul el világszerte, és mára a világ termőtalajának 80 százaléka mérsékelten vagy jelentősen erodálódott. Kínában az erózió üteme a természetes regenerációs képesség 57-szerese, míg Európában 17-szeres, Amerikában 10-szeres, Ausztráliában 5-szörös a mutató. *„Ha nem teszünk drasztikus lépéseket, a világ termőtalaja akár 60 éven belül is eltűnhet. Ez az élelmiszerárak megugrásához és globális élelmiszerhiányhoz vezethet”* – idézi Crawfordot a *The Daily Telegraph*.



Gyulai Iván (1952, biológiai-kémia szakos tanár, ökológus)

1978 óta foglalkozik a környezetet érintő kérdésekkel, 1992 óta az Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért Alapítvány igazgatója. Elméleti téren a fenntartható fejlődés kérdéseinek tisztázásával foglalkozik. Ismertek alternatív megköze-

litései a jelenlegi környezetpolitikával szemben, amelyek publicisztikáiból – pl. *Kérdések és válaszok a fenntartható fejlődésről*; *Zsigerbeszéd*; A biomassza dilemma – megismerhetők. A Szent István Egyetemen címzetes egyetemi docensként tíz éve tanítja a fenntartható fejlődés elméletét és gyakorlatát. Előadóként és oktatóként széles körben ismert, idehaza és külföldön egyaránt. Nevéhez fűződik a „fenntartható falu” kezdeményezés, a fenntarthatóság elveinek gyakorlati modellje. Teoretikus munkássága mellett az ökológiai gazdálkodás területén gyakorló gazda.

A fenti tények arra utalnak, hogy a növekvő világ-népesség növekvő élelmiszer-szükségeinek kielégítése elérte ökológiai határait. A fosszilis energiaforrások közül az olaj közeli kimerülése, továbbá az éghajlatváltozás és a fejlett országok energiafüggősége miatt, a „Nyugatnak” új, lehetőleg megújuló energiaforrások után kell néznie. Ezen okok miatt napjainkban egyre erőteljesebben fordul a figyelem a biomassza energetikai hasznosítása felé.

A biomassza energetikai felhasználása széleskörű. Egyrészt elégethetjük közvetlenül, mint primer energiaforrásokat. Itt hagyományosan a fára gondolunk, de ma minden olyan növény a célkeresztben van, amelynek nagy a produkciója. Másrészt másodlagos energiahordozókat készíthetünk belőlük, mint amilyenek az agroüzemanyagok, vagy a pirolízis gáz és olaj. Magukat az élő szervezeteket bioreaktorokként is használhatjuk, hogy velük termeltessünk energiahordozót, például baktériumokkal olajat, algákkal alkoholt, olajat vagy hidrogéngázt.

A felhasználási módok egy jelentős területe átfed az elsődlegesen élelmiszeri célokat szolgáló mezőgazdasági termékek körével. Ezért a mezőgazdaságra, a kimerült talajra, a már így is jelentősen felszámolt természetes ökoszisztémákra még nagyobb feladatok várnak, a természetre pedig ezzel arányosan több teher hárul. A konfliktus középpontjában ma az agroüzemanyagok állnak, amelyeket az érdekeltek bioüzemanyagként emlegetnek, mintha azok csupa zöld tulajdonsággal lennének felruházva. A bioüzemanyagok megkívánt mennyiségben történő előállítása azonban komoly területi korlátokba ütközik, hiszen a mezőgazdasági alapanyagok kis energiasűrűségük miatt csak nagy területekről begyűjthetők.

A jelenlegi technológia mellett, ha a világ teljes kukorica-, cukornád-, szója- és pálmaolaj-mennyiségét folyékony üzemanyaggá alakítanánk, az a világon felhasznált fosszilis üzemanyagnak csupán 3%-át tenné ki, és a világ fosszilis üzemanyagaiból nyert elsődleges energiának kb. 1,2%-át adná [Field és mtsai 2008].

Amennyiben az USA (a világ legnagyobb kukorica alapú etanol gyártó országa) a teljes kukoricaterméséből etanol gyártana, úgy az ebből előállítható etanollal a benzinfogyasztásnak 17%-át helyettesíthetné. A világ összkukorica-termését felhasználva is, csak a jelenlegi szükségletek 40%-át fedezhetné [Makay 2008].

A csekély arányú helyettesítés több földterület bevonásával érhető el, de mivel az élelmiszer- és energiatermelési célú felhasználás vetélkedik, ezért vagy az egyiktől, vagy a másiktól vonunk el területet. Európában, egy hatásvizsgálat kapcsán világossá vált, hogy az európai vezetők elvárásainak teljesítése (10%, többnyire bioüzemanyag részesedés az üzemanyagokban 2020-ig) a közösség termőterületeinek 72%-át igényelné, illetve minden megtermelt liter bioüzemanyag két és félszer többbe kerülne, mint a normál [Smith 2007]. Ezekből a számokból nagyon jól látszik a potenciális veszély. Ma a világon a fosszilis üzemanyagoknak kereken az 1%-át helyettesítik biológiai eredetűvel, és már ezen a szinten is kérdőjelek merültek fel a bioüzemanyagok élelmiszerár-felhajtó szerepével kapcsolatban.

Egyes kutatók az élelmiszerek áremelkedésének 75 százalékát [Chakraborty 2008], mások 10-30 százalékát [pl. Rosegrant 2008] a bioüzemanyagok iránti kereslet megugrásának tulajdonítják. Collins [2008] szerint az etanolgyártás kukoricafelhasználása 25-50 százalékban járult hozzá a termés árának emelkedéséhez (ez esetben a kukorica termelői árának növekedéséről van szó) [Popp és Potori 2008]. Az Actionaid tanulmánya szerint [Actionaid UK 2010] az agroüzemanyagok a 2008-as élelmiszerárak növekedéséhez legkevesebb harminc százalékban járultak hozzá, továbbá ez 100 millió ember szegénységét, és 30 millió éhségét okozták [World Bank 2008]. A szervezet 2020-ig, amennyiben a globális agroüzemanyagra vonatkozó célkitűzések teljesülnek, további 76%-os élelmiszerár emelkedést prognosztizál ennek következtében. Szerintük ez további 600 millió ember szegénységbe jutását eredményezné.

Ebben a helyzetben egyre többen tekintenek a biotechnológiára, azon belül is a géntechnológiára, mint egyetlen lehetséges megoldásra. Az élelmiszer-célú vagy azt közvetetten szolgáló transzgenikus növények a fogyasztók széles körének nemtetszését váltották ki, és az előítéleteken túl szaporodni látszanak az ellenérveket megalapozó kutatások és tapasztalatok is. Ezzel párhuzamosan a géntechnológiai kutatásokba fektetett összegek egyre nőnek, az alágazatnak megtörtént az intézményesülése, és kétségtelen anyagi érdekeltségek húzódnak meg a törekvések mögött. Már csak e két ok miatt is, e terület művelői kitérésre várhatnak felfedezni az energetikai célokat szolgáló nö-

vénytermesztés területén, mivel a fogyasztókat nem kell az egészségre gyakorolt ártalmak hiányáról meggyőzni, a transzgenikus szervezetek ebben az esetben energetikai célokat szolgálnak.

A téma iránti érdeklődésre utal, hogy számos európai, technológiai hatásvizsgálattal foglalkozó intézmény egy közös program keretében (*European Parliamentary Technology Assessment*) vizsgálta a géntechnológiával szembeni elvárások változását, és amelynek keretében külön kitértek a nem élelmiszer-célú módosítások kihívásaira. A Föld Barátai 2007 tavaszán ugyancsak állásfoglalást bocsátott ki [Friend of the Earth 2007], amelyben összegzik a biomasszával kapcsolatos ellenérveket, s feltételeket fogalmaznak meg a hasznosítással kapcsolatban. Az ún. Quitói Nyilatkozat, amelynek keretében a helyi emberek függetlenségüket féltik a bioüzemanyag-üzlet szereplőitől, többek között felhívja a figyelmet arra, hogy a bioüzemanyagok szabad utat jelentenének a genetikailag módosított (GM) gabonák számára, a vele járó számos hatással együtt.

A biotechnológiának a növénytermesztés és az alapanyagok konverziójának minden területén vannak törekvései. Elsődleges cél a produkció növelése vagy valamilyen speciális tulajdonság kifejezősége erősítése, például alkalmazkodás a marginális területek ökológiai viszonyaihoz, olaj-, cukor- vagy keményítőtartalom növelése, ellenállás a rovarkártevőknek, előny a gyomnövényekkel szemben, magasabb cellulóz-, kisebb lignintartalom stb. A törekvések másik nagy területe az alapanyagok átalakításának megkönnyítése, mint például a cukor kivonása, a keményítő és a cellulóz hidrolízise és fermentációja a géntechnológia segítségével.

A biotechnológia a terméseredmények fokozását a növények genetikai képességének kihasználása, a növénynevelés, legújabbban a génkészlet mesterséges módosítása által kívánja elérni. A *Nature Biotechnology* folyóirat „A bioetanolnak szüksége van a biotechnológiára” címmel jelentetett meg – szerző megjelölése nélkül – cikket [Anonymous 2006]. Az írás lelkesen ecseteli, hogy az etanol egyik alapanyagának, a kukoricának a termelése milyen magas költségekkel és környezeti károkkal jár, mint pl. a nitrogénműtrágya, a talajerózió, a rovar- és gyomirtó szerek, sőt még a fejlődő országok élőhelyeire leselkedő veszélyt is megemlíti. Ezekon a problémákon

segíthetne a biotechnológia. „Jelenleg főleg kukoricából és kukornádból gyártott etanol esetében már kidolgozták a rekombináns DNS-technológiákat, amelyek egyrészt emelnék az etanolhozamot, másrészt pedig csökkentenék a betáplált nyersanyagok környezetre gyakorolt káros hatását, továbbá fokoznák a feldolgozás hatékonyságát a finomítóban”. Ígérik a fotoszintézis széndioxid-fixáció hatékonyságának javítását, a nitrogénfixáció megoldását vagy az endospermiumban lévő keményítő egyszerűbb cukorrá való lebontását végző enzimszisztéma beépítését a növényekbe.

Az élelmezési, takarmányozási és energetikai célokot is szolgáló növénytermesztés esetében alkalmazott génmódosítások környezeti vagy egészségre gyakorolt potenciális hatásai között nincs különbség, ezek a jól ismert diskurzusok tárgykörében tartoznak. Ezen a téren azt érdemes megjegyezni, hogy könnyen szétválhat az energetikai célra termesztett növénytermesztés az élelmezési célútól, ha a fogyasztók többsége továbbra is elutasítja a GM szervezetek élelmiszer-célú alkalmazását. Viszont abban az esetben, ha kiterjedt területeken energetikai célú termesztés folyik, a koegzisztencia és egyáltalán a génmegszökés kérdése válhatna kezelhetetlenné.

A közvélemény gyakori elutasítása miatt a genetikai mérnökök kedvenc célterülete, ezért egyre inkább az ún. második, illetve harmadik generációs üzemanyagok köre. További érveket találnak abban is, hogy a már fent említett vetélkedést az élelmiszeripari alapanyagokkal akkor lehet megszüntetni, ha az élelmiszer-termelésre nem alkalmas cellulózt használják fel energetikai célokra. Ez hatalmas mennyiségben áll rendelkezésre, hiszen a földi biomaszák tömegének csaknem a fele cellulóz.

A nem élelmiszeripari felhasználású alapanyagokból készült motorhajtóanyagokat nevezik második generációs bioüzemanyagoknak. Alapanyagként bármilyen növénytermesztési maradék vagy növényi szövet felhasználható. A probléma azonban az, hogy a cellulózt szét kell választani a lignintől, majd pedig le kell bontani alkohollá. A folyamat magas energiaigényét GM szervezetek alkalmazásával kívánják csökkenteni. Mivel ebben az esetben a módosítás nem magát a növényt érintené, hanem valójában egy ipari folyamathoz hoznak létre módosított mikroorganizmusokat, ezért ennek közvetlen veszélyessége

fel sem merül az alkalmazókban. Már csak azért sem, mert ezeket a mikroorganizmusokat magas hőmérsékleti körülményekre is specializálni kell, ami sebezhetővé teszi őket arra az esetre, ha mégis kikerülnének a szabadba.

Ugyan az ilyen szervezetek tényleg segíthetnek hatékonyabbá tenni a folyamatot, de még ebben az esetben is kétségtelen az átalakítás jelentős energiaigénye. Valódi megoldásként ezért a harmadik generációs bioüzemanyagokra gondolnak, amikor a módosítás már újra magára a növényre irányulna. Ebben az esetben a módosítás azt célozza, hogy a keményítő cukorrá való lebontása, sőt a cellulóz lebontása is az élő növény saját vegykonyhájában történjen meg.

Az utóbbi időben még a cellulóznál is nagyobb hírértéke van az algák segítségével készített olajnak, alkoholnak vagy éppen hidrogénnek. A történet a hetvenes évek végének energiakrízisével kezdődött, és ma már egyesek az algákkal termeltetett olajat a hagyományos olaj versenytársaként tüntetik fel, és az algákban látják az energiakrízisre adott legfőbb választ. Az Obama adminisztráció is több tízmillió támogatást nyújtott erre a célra, beleértve a GM szervezetek kikísérletezését. A kérdést feszegetve a *The New York Times* tett közzé egy írást 2010. júliusában, amelyben a lehetséges előnyöket és veszélyeket mérlegeli [Maron 2010].

Az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériuma (US Department of Energy, DOE) először 1978 és 1996 között támogatott egy jelentősebb kutatási programot, amelynek a zárójelentésében [US Department of Energy 1998] megállapították, az algák használata költséges, és ezért nem versenyképes a hagyományos olajjal. Akkor a szorzó a költségek tekintetében kétszeres volt. Ezért itt sem kétséges, hogy a jobb produkció érdekében a géntechnológiához kell nyúlni. Ám akármilyen ártalmatlannak is gondolják a genetikai mérnökök a módosított algákat, az ellenzők azok környezetbe való kikerülése miatt aggodnak, amely bizonyosra vehető. Zárt térben ugyanis nem lehetne a kívánt mennyiségű olajat megtermeltetni, szükség van arra, hogy tavakban, tengerekben in situ körülmények között működhessenek. Jelenleg azonban semmilyen kockázatbecslés nem készült, és ezen a téren a szabályozás még teljesen gyermekcipőben jár. Sürgős szükség lenne pedig ezekre a kísérletezés legkorábbi szakaszában, hiszen nagyon nagy a befektetői

érdeklődés, és amennyiben sokan fektetnek be ebbe az üzletbe, még ha kiderül is a kockázat, nagy lesz az ellenérdekeltség annak helyes mérlegelésére.

A kockázatok alábecsülésére már most jellemző, hogy a fajtatulajdonosok nem tartanak attól, hogy a természetbe kiszabadulva a módosított formák versenyképesek lennének a szabadban élő fajokkal. A veszélyeket pedig nem kellene alábecsülni, hiszen az algák gyors szaporodási ciklusa lényegesen nagyobb esélyt ad a módosított szervezet természetes megváltozásának, mint például az évente egyszer szaporító anyagot termelő kukorica esetében fennáll.

A mikrobák által termeltetett olaj előnyeként egyébként olcsóságát említik. Összevetve az ún. bioetanollal 65%-kal kevesebb energia szükséges az előállításához, és 50%-kal több út megtételére képes az autónk, ha ezt használjuk [Svoboda 2008]. Az Aurora Biofuels cég szerint, összevetve az élelmiszeripari nyersanyagok üzemanyagcélú felhasználásával, huzsonötöd területhányadon lehet hasonló hozamokat elérni az algákkal, és azok hetvenszer vagy akár százszor is termelékenyebbek az olajtartalmú növényeknél. A kecsegtető eredmények mellett azonban nem lenne szabad elfeledkezni arról sem, vajon mi történik akkor, ha ezek a laboratóriumok nem kémcső vagy lombik méretűek, ha azt a hihetetlen mennyiségű olajat kellene pótolni, nagyjából nyolcvan millió hordót naponta, amelyet az emberiség elfogyaszt.

Az algákkal nemcsak olajat, de alkoholt is lehet termeltetni. Az Alegenol Biofuel Inc. olyan technológiát (Direct to Ethanol) fejlesztett ki, amelynek során az algák bioreaktorokban etanolt termelnek. Az alkohol- és olajtermeltetés mellett a másik célterület a hidrogén. Az algák természetes életfolyamataik során termelnek hidrogént, de módosítással el lehet érni, hogy akár 90%-os tisztaságú hidrogént állítsanak elő. Állítások szerint a napfényt 12%-os hatásfokkal képesek ezek a szervezetek hidrogénné alakítani. A módosítás itt a napfény megkötésének jobb hatásfokára irányult. Következtében az algaprodukciónak fele idő alatt érte el a korábbi szintet, színe pedig sötét zöldről világos zöldé változott [CleanTech Group 2009].

Az algák módosításának további célterülete a szénmegkötés mértékének növelése, amely a légköri szén-dioxid megkötésében játszhatna jelentős szerepet. Mint tudjuk az ún. CCS (*Carbon Capture and Storage*) technikákban sokan reménykednek – ha si-

kerül megkötniük a légkörből a szén-dioxidot, akkor fenntarthatják a fosszilis energiaforrások égetését is.

Az algauzlet virágzását jól mutatja, hogy az ezzel foglalkozó szervezetek szövetsége 170 tagot tömörít [Algal Biomass Organization 2009], és sorba jelentik be a jobbnál jobb üzleti megállapodásokat, mint például amilyen az ExxonMobil és a Synthetic Genomics között létrejött.

A második generációs bioüzemanyagok vagy a nagyobb biomasszatömeg-hozammal rendelkező fajták kísérleteinek egyre több esetével találkozhatunk. 2006-ban tették közzé az Észak-Amerikában honos *Populus trichocarpa* nevű nyárfa géntérképét, ez volt az első fa, amelyet teljesen feltérképeztek annak érdekében, hogy minél nagyobb cellulózprodukcióna sarkalják majd, az abból kinyerhető alkohol érdekében. Két éve indult meg az olajpálma genomjának a feltárása, hogy módosított fajtákkal a kevésbé csapadékos vidékeken is lehessen ligeteket létesíteni.

Amerikában környezetvédők széles körének váltotta ki tiltakozását a hidegtűrő eukaliptusszal folytatott szabadföldi kísérlet. Ezt az idegenhonos fajt, amelyet már korábban is próbálták telepíteni Amerikában, most a hideg tűrésére módosították. A fajtatulajdonos az ArborGen, és mintegy negyed millió egyedet kívánnak a Golf-öbölben és Dél Karolinában elültetni kísérleti jelleggel. A 28 kísérleti helyet titokban tartották mindeddig. A cél, hogy évente félmillió ilyen egyedet termesszenek és juttassanak ki a szabadba. Az eukaliptusz gyors növekedése és magas produkciója jól ismert, ugyanakkor nagyon magas a vízfelhasználása is, továbbá invázió fajként ismert. A hidegtűrésre módosított fajta így azokra a területekre is kiterjedhet, amelyeken ezt az éghajlat korábban megakadályozta.

Az energetikai felhasználás hatékonyságnövelését célzó genetikai módosítások környezeti kockázatairól ismereteink kezdetlegesek, mondhatnánk, teljesen hiányoznak. Nem csoda, hiszen még az élelmiszeripari felhasználást szolgáló módosítások kockázatainak mérlegelése sem teljes körű. Mindkét területen féltő, hogy a negatív környezeti hatások megismerése majd az idő múlása során válik lehetővé, amikor tehetetlenül szemléljük majd az elkövetett hibák következményeit. Ma igazában abban kellene áttörést elérni, hogy a GM szervezetek szerepét tágabb kontextusban szemléljük a döntéshozók, semmint a közvetlen, emberi életre közvetlenül veszélyes voltát tartásuk meghatározónak.

A biomassza-láz csillapításában nem az a döntő kérdés, hogy találunk-e olyan genetikai konstrukciókat, amelyek képesek növelni a produkciót, vagy bioreaktorként üzemanyagot termelni autóink számára, hanem az, hogy ha ez sikerül, annak mi lesz az ökológiai ára. Az ember okoskodása eddig még mindig kudarcral végződött az ökológiai rendszerek (kibernetikus nyílt rendszerek) önszabályozási mechanizmusai miatt. Az ökológiában kevésbé járatosak sokszor gondolják úgy, hogy a légkörben halmozódó szén-dioxid vagy a talajban fölöslegben lévő nitrogén, mint alapvető alkotói a szerves anyagoknak, fokozni fogják a szervesanyag-produkciót. Ez azonban a különböző tápanyagok felvételének egymás általi limitáltsága miatt nem így van. Például, hiába igyekeznek géntechnológusok rávenni növényeinket a nitrogénfixációra, ha a fixálható mennyiséget limitálja a magas energiaigény, a molibdén, vas, kén elegendő jelenléte, vagy éppen a folyamat oxigén-érzékenysége. A növekvő széndioxid-koncentráció maga is limitáló tényező a talajban, mert gátolja a növények víz-, kálium-, nitrogén-, foszfor-, kalcium- és magnéziumfelvételét.

A biogeokémiai ciklusok, amelyek az élet megújítását jelentik, 30-40 elem részvételét igénylik, amelyek végessége, rendelkezésre állása egy adott rendszerben limitáló tényező. A körforgásba hatalmas geológiai tartalékelem-raktárak iktatódnak közbe, amelyek egyrészt gázfázisúak (C, N, O), s amelyek gyors ciklusokat tesznek lehetővé, míg az üledékes kőzetek tartalékai (P, S) csak lassan mobilizálhatók, és éppen ezért korlátozó tényezők. A rendszerek működése teli van hasonló önszabályozó, egymást kiegészítő funkciókkal. A mineralizációnak az immobilizáció a fordítottja. Míg a mineralizációban az elemek szerves kötésből ásványi kötésbe kerülnek baktériumok közreműködésével, s csökken a talajban a szerves anyag, s nő a növények számára felvehető tápanyagok mennyisége, addig az immobilizációban a szerves elem épül be valamelyik talajmikróbába, amely elvonja a növény elől a hasznosítható elemet. Például gazdag szénforrások esetében a mikróbák immobilizálják a műtrágyával bevitt nitrogént és foszfort a növény elől. Ezek az antagonizmusok tudják biztosítani azt, hogy a növekedés ne lehessen végtelen, s hirtelen ne haladhassa meg az alkalmazkodáshoz szükséges idő sebességét.

A biomasszát nagyobb termelékenységre ösztönző mérnökieskedés túlzottan leegyszerűsítve gondolkodik, amikor úgy gondolja, hogy az alga szén-dioxidból és napenergiából állítja elő a bioüzemanyagokat, vagy hogy az elégetett fa hamujával megoldható a talaj termőképességének fenntartása. A tápanyag utánpótlását valójában a talaj-víz-levegő között folyó interakciók biztosítják, melynek legfőbb mozgatórugója az élő szervezetek tömege. A fent említett, 30-40 elem körforgását a talajban egy négyzetméteren, s tetszőleges mélységben 400 gramm tömegű élő anyag biztosítja átlagosan, amely egy hektáron átlagosan 4 tonna, optimális esetben 30 tonna élőanyag-tömeget jelent. Emögött hihetetlen faj- és egyedszámok sorakoznak fel, például négyzetméterenként, s tetszőleges mélységben 1014 baktérium-, 1011 gomba-, 108 algaegyed stb. Minden egyes beavatkozás az ökológiai rendszerbe – talajművelés, taposás, talajvízszint-emelkedés, -süllyedés stb. – a mikrobaközösségek katasztrófájához, és ezen keresztül a talaj pusztulásához vezet.

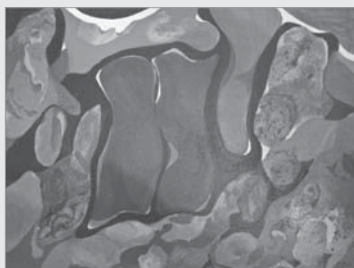
Anélkül eszünkölünk tehát bolygó léptékű beavatkozást az ökológiai rendszerekbe, hogy tisztában lennénk az egyes alrendszerekben, s az azok között megvalósuló történésekkel. Ilyen bátorságra csak a tudatlanság jogosíthat fel bennünket! Általánosságban azt az ítéletet is kimondhatjuk, hogy a biomassza elégetésével az ökológiai rendszerek megújulását lehetővé tévő tápanyagot füstöljük el, hogy kielégítsük féktelen energiaéhségünket. A GM szervezetek alkalmazása a szervesanyag-produkció ösztönzésében még akkor is súlyosbitaná a ma fennálló ökológiai problémát, ha annak semmilyen negatív közvetlen hatása nem lenne, mivel a nagyobb produkció révén csak rásegít az ökológiai rendszerek destrukciójára. Végül ésszerű lenne megfontolni, hogy azért állítunk elő még több és több energiát, hogy amit annak előállításában közben leromboltunk, az megpróbáljuk újraépíteni.

Irodalomjegyzék

- Kampman B, Brouwer F, Schepers B (2008) Agricultural land availability and demand in 2020. A global analysis of drivers and demand for feedstock, and agricultural land availability. Renewable Fuels Agency – CE Delft, Delft, the Netherlands. [http://www.cedelft.eu/publicatie/review_of_the_indirect_effects_of_biofuels/823?PHPSSESID=5ef5d14a6e7811c027f8b1270d29d1f1f1]

- Bruinsan J (Ed.) (2003) World Agriculture: Towards 2015/2030 – An FAO Perspective. Food and Agriculture Organization (FAO) – Earthscan Publications, London. [http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/esag/docs/y4252e.pdf]
- Hubbert MK (1956) Nuclear Energy and the Fossil Fuels. Shell Publication No. 95, Shell Development Co., Houston, TX, USA [<http://www.hubbertain.com/hubbertain/1956/1956.pdf>]
- Hough A (2010) Britain facing food crisis as world's soil 'vanishes in 60 years'. *The Daily Telegraph* 2010 Feb 3 [<http://www.telegraph.co.uk/earth/agriculture/farming/6828878/Britain-facing-food-crisis-as-worlds-soil-vanishes-in-60-years.html>]
- Field CB, Campbell JE, Lobell DB (2008) Biomass energy: the scale of the potential resource. *Trends Ecol Evol* **23**, 65–72.
- Makay Gy (2008) Bioetanol vagy élelmiszer? *Bioenergia* **III** (2) 15–18.
- Smith E (2007) Can biofuels become sustainable? *European Voice* 2007 Jul 12 [<http://www.europeanvoice.com/article/imported/can-biofuels-become-sustainable-/57914.aspx>]
- Chakraborty A (2008) Secret report: biofuel caused food crisis. *The Guardian* 2008 Jul 3. [<http://www.guardian.co.uk/environment/2008/jul/03/biofuels.renewableenergy>]
- Rosegrant MW (2008) Biofuels and Grain Prices: Impacts and Policy Responses. International Food Policy Research Institute, Washington DC, USA [<http://www.ifpri.org/publication/biofuels-and-grain-prices>]
- Collins K (2008) The Role of Biofuels and Other Factors in Increasing Farm and Food Prices: A Review of Recent Developments with a Focus on Feed Grain Markets and Market Prospects. Keith J. Collins LLC, Washington DC, USA. [<http://www.thebioenergysite.com/articles/90/the-role-of-biofuels-and-other-factors-in-increasing-farm-and-food-prices>]
- Popp J, Potori N (2008) Az élelmiszer-, energia- és környezetbiztonság összefüggései. *Gazdálkodás* **52**, 528–544.
- Actionaid UK (2010) Meals per gallon. The Impact of Industrial Biofuels on People and Global Hunger. Actionaid UK, London, UK. [http://www.actionaid.org.uk/doc_lib/meals_per_gallon_final.pdf]
- World Bank (2008) Rising Food Prices Threaten Poverty Reduction. Press Release No:2008/264/PREM. World Bank, Washington DC, USA. [<http://go.worldbank.org/QLBJFC7X10>]
- Friend of the Earth (2007) 'Green fuels' could be bad for the environment. Press release. 2007 Apr 10. Friend of the Earth Trust, London, UK. [http://www.foe.co.uk/resource/press_releases/green_fuels_could_be_bad_f_10042007.html]
- Anonymous (2006) Bioethanol needs biotech now. *Nat Biotechnol* **24**, 725.
- Maron DF (2010) The race to make fuel out of algae poses risks as well as benefits. *The New York Times* 2010 Jul 22 [<http://www.nytimes.com/cwire/2010/07/22/22climatewire-the-race-to-make-fuel-out-of-algae-poses-risks-80037.html>]
- Sheehan J, Dunahay T, Benemann J, Roessler P (1998) A look back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program: Biodiesel from Algae. Close-out Report. US DOE, Washington DC, USA. [<http://www.nrel.gov/docs/legosti/fy98/24190.pdf>]
- Svoboda E (2008) Fueling the Future. *Fast Company Magazine* 2008 Feb 1. [<http://www.fastcompany.com/magazine/122/fueling-the-future.html>]
- CleanTech Group (2009) World not yet Ready for Super Algae. *CleanTech Focus* 2010 Nov 4, CleanTech Group LLC, San Francisco, CA, USA. [<http://cleantech.com/news/5244/algae-stm6-gmo-ben-hankamer/>]
- Algal Biomass Organization (2009) Annual Report. Algal Biomass Organization, Preston, MN, USA. [<http://www.algalbiomass.org/wp-content/uploads/2010/06/ABO-Algal-Biomass-Organization-2009-Annual-Report.pdf>]

Cora Erzsébet



A budapesti Képzőművészeti Főiskolán tanult. Mestere Kmetty János volt, ám tanulmányait nem tudta befejezni, mert származása miatt (ismert soproni nagypolgári család sarja) 1952-ben, a diplomaév előtt eltávolították a főiskoláról. Ötven évvel később rehabilitálta ugyan a Főiskola, ám a szocreál korszakban mellőzött művészként dolgozott, csakúgy, mint férje, Sugár Gyula. Ennek ellenére derűsen emlékszik vissza azokra az időkre, amikor az asztalióknak író vagy „egymásnak alkotó” írók, festőművész barátaikkal – Gyarmati Tihamér, Mándy Iván, Kálnoky László –, mint afféle „titkos társaság” voltak alkalmanként egymás közönsége. Mint mondja, annyi előnye volt a politikai helyzetnek, hogy azt festett, amit akart, ami érdekelte. S hogy hol állíthatott ki – többnyire vidéken –, azt úgyis a kultúrpolitikai jelölte ki. Nagyobb tanulmányúton Olaszországban és Németországban járt.

Hagyományos témát (főleg csendéletet) és absztrakt képeket egyaránt festett, munkáit élénk, dinamikus színvilág jellemzi. Festői kifejezőmódja a színeken keresztül érvényesül, és még hagyományos témájú képein is megjelenik egyfajta, színeiben és formáiban egymásba ágyazódó, tobzódó organikus szisztéma, a biológiai képződményekre jellemző rendszer.

A világhínség oka nem a technológia, hanem a szegénység

A *Nature* folyóirat 2010. július 29-ei számának „Hogyan élelmezhető az éhező világ?” című vezércikke behatóan vizsgálja, megoldható-e a világ 2050-re várhatóan 9,1 milliárd főre bővülő népességének ellátása megfelelő élelmiszertel (Nature 466, 531-532, 2010). Az álláspont szerint „megfelelő mennyiségű élelmiszert termelni a világ 2050. évi népességének könnyű feladat. Azt azonban, hogy mindezt meg lehet-e valósítani a bolygó számára elfogadható – környezeti – áron, a kutatások fogják eldönteni: a csúcstechnológiára vetőmagtermesztéstől az alacsonyabb technológiai szintű mezőgazdasági gyakorlatig.” Bár az éghajlatváltozás egyfajta bizonytalanságot eredményez a mezőgazdasági termelékenység előrejelzésében, az élelmezési kérdés könnyen megvalósíthatónak tűnik, ha tovább bővítjük a termőterületeket, a növényvédő szerek és műtrágyák használatát, és ha még inkább kimerítjük az immár szegényessé vált talajvízkészleteinket. A természetes élőhelyek további felszámolása napjaink erőforrásigényes, környezetpusztító mezőgazdaságának elősegítésére kétségkívül rossz megoldás. A nagy kérdés az, hogyan bővíthető jelentősen a mezőgazdasági termelés a földhasználat szélesítése nélkül.

Ennek érdekében a cikk egy „második zöld forradalmat”, a globális mezőgazdaság fenntartható intenzifikálását sürgeti. Ennek egyik lehetősége, hogy új, kevesebb anyagbevitelt (víz, műtrágya stb.) igénylő, illetve szárazságnak, felmelegedésnek, árvíznek és kártevőknek ellenállóbb kultúrnövényeket fejlesszünk. Ezzel azonos súlyú ugyanakkor, hogy fejlesszük alapvető mezőgazdasági módszereinket, alkalmazzuk a vetésforgót, a kis gazdaságokban végzett vegyes gazdálkodást, a talajvédelmet, és visszafogjuk a hulladékképződést. A tudománytól azonban nem várható csodaszer a nehézség megoldására, hiszen annak valódi gyökere nem a technológia, hanem a szegénység. Bőségesen elegendő élelmiszert termelünk, közel egymilliárd ember mégis éhez, mivel nincsen elég pénzük, hogy élelmiszert vegyenek. A 2008-as élelmiszerválságot, melynek következtében mintegy százmillió ember vált éhezővé, korántsem az élelmiszerhiány, sokkal inkább a piaci viszonyok – a kereslet-kínálat ingadozásainál sokkal mélyebb okokra visszavezethető – bizonytalansága idézte elő.

A genetikailag módosított (GM) növények, a hagyományos nemesítési módszerek mellett, a fenntartható mezőgazdaság fontos eszközei – állítja a közlemény, s hozzáteszi –, ám a technológia támogatóinak számos állításával ellentétben ezek sem jelentenek megoldást a világhínségre. A gyakorlatban a GM növények első generációja lényegében jelentéktelen maradt a szegény országok számára. E növények előnyeinek túlbecslése csupán a közvélemény GM szervezetekkel szemben mutatkozó bizalmatlanságát növeli, részint a mezőgazdaság privatizációja és monopolizálódása kapcsán felmerülő aggályok, részint a technológia profitorientált jellege nyomán.

Editorial (2010) How to feed a hungry world. *Nature* 466, 531–532.

A biogazdálkodás és az intenzív mezőgazdaság ökológiai hatásai

Az *Ecology Letters* **ECOLOGY LETTERS** folyóirat legutóbbi számában megjelent szakkikk az ökológiai és a „hagyományos” (értsd vegyszeres) mezőgazdaság környezeti vonatkozásairól nyújt összehasonlítást. A cikket a *Nature* folyóirat (*Nature* 467, 2010) is referálja.

A biogazdaságok kedvezőbbek lehetnek a természetes környezet számára a hagyományos gazdaságoknál, ám hozamaik alacsonyabbak. Adott mennyiségű élelmiszert ökológiai előállításához nagyobb területet használnak, így kisebb hely marad védett élőhelyek létesítésére. Vajon mi a legkedvezőbb arány a biogazdálkodásban és a hagyományos mezőgazdaságban használt, illetve a természetvédelem számára fenntartott területek között?

Jenny Hodgson és munkatársai (University of Leeds, UK) különféle pillangónépeségek sűrűségét mérték Nagy Britannia egyes térségeiben, a különböző gazdálkodási módok biodiverzitásra gyakorolt hatásainak felmérésére. Megállapításuk szerint a biológiai sokszínűség szempontjából alapvetően akkor érdemes hagyományosról biogazdálkodásra váltani, ha utóbbi hozamai elérik vagy meghaladják a konvencionális hozamok 87%-át. Amennyiben a hozamok alacsonyabbak, úgy a biodiverzitás megőrzése hatékonyabb, ha a konvencionális gazdálkodás mellett nagyobb területeket tartunk fenn a vadvilág

számára védett élőhelyként. Egészen más a helyzet azonban akkor, ha a védett területek kizárólag a megművelt földtáblák közvetlen környezetében helyezkednek el. Ilyen esetekben a biodiverzitás javítására a biogazdálkodás már akkor is kedvezőbb stratégia, ha hozama eléri a hagyományos hozamok 35%-át.

Hodgson JA, Kunin WE, Thomas CD, Benton TG, Gabriel D (2010) Comparing organic farming and land sparing: optimizing yield and butterfly populations at a landscape scale. *Ecol Lett* **13**, 1358-1367.

Amerikában szabad utat kap a GM lazac

A *Nature* folyóirat legutóbbi száma arról ad hírt, hogy az Egyesült Államokban a közeljövőben várhatóan engedélyeznek egy GM lazacfajtát. Ezzel géntechnológiai úton módosított állat először áll közel ahhoz, hogy megjelenjen az amerikai asztalán. Az amerikai Élelmiszer- és Gyógyszer-engedélyezési Hivatal (FDA) várhatóan heteken belül engedélyez egy olyan genetikailag módosított atlanti lazacot, amely kétszer olyan gyorsan nő, mint a vadon élő lazacállományok, és három helyett másfél éven belül eléri piaci súlyát.

A hal génállományába egy olyan DNS-szekvenciát építettek be, ami a Chinook lazac növekedési hormonját kódolja a királylazac és az óceáni aranyangolna szabályozó szekvenciái mellett. Míg az atlanti-óceáni vadlazac növekedése általában abbamarad télen, addig a GM lazac egész éven át termeli a növekedési hormont. A GM lazacot kifejlesztő cég (AquaBounty Technologies, Waltham, Massachusetts) már tíz éve próbálkozik a GM hal engedélyezésével, most új jogszabályi környezetben. Egy 2009-ben hozott FDA-döntés értelmében ugyanis a GM állatfajok állatorvosi gyógyszernek minősülnek. A döntést jelentős bírálatok érték, mivel lehetővé teszi a cégek számára termékük bizonyos részleteit üzleti érdekre hivatkozva titkosítsák. Az aggályok feloszlására az FDA honlapján nyilvánosságra hozta mindazon információt, amely alapján meghozza döntését a lazacról, valamint az Állatorvosi Tanácsadó Testület (VMAC) vonatkozó szakvéleményének jelentős részét is. A végső szót az ügyben az FDA Állatorvosi Központja mondja ki, amely már megfogalmazott egy kedvező előzetes véleményt.

Néhány környezetvédelmi csoport aggodalmát fejezte ki amiatt, hogy a halak megszökhetnek ketrece-

ikből, és párosodhatnak vad atlanti pisztrángokkal. Az AquaBounty vezérigazgatója szerint ezek az aggodalmaknak alaptalanok, hiszen lazacaik több mint 99%-a triploid, ami sterilé teszi őket, és a halakat szárazföldön tenyésztik, szűrőkkel és terelőlapokkal ellátott hatalmas tartályokban, vagyis ikrák, halivadékok vagy halak nem juthatnak ki belőlük. További érv, hogy a transzgenikus halak fokozott anyagcseréje alkalmatlan a vad környezetben való túléléshez, hiszen nagyobb kockázatot kell vállalniuk az intenzívebb élelemhez jutáshoz, aminek következtében a ragadozóknak is fokozottabban kiteszik magukat e halak. A szakirodalomban jártas olvasó számára ismerősen csenghet ez az érvelés: a GM fajta szükségképpen alulmarad a túlélési versenyben a natív fajokkal szemben, hiszen a transzgen kifejeződése energiát emészt fel, vagyis a GM fajta hátrányban van a natív fajtaival szemben. Ez az érvelés ismerősen csenghet a GM növények környezetbiztonságával kapcsolatos vitát figyelemmel kísérők fülének: a szabadba kibocsátott GM fajtákkal kapcsolatban gyakori érv, hogy természetes versengési helyzetben hamar alulmaradnak a natív fajtákkal szemben, hiszen rátermettségi (fitness) állapotuk gyengébb, mivel energiáik egy részét a transzgen kifejeződésére kell fordítaniuk. Az érv azonban pusztán esélyek mérlegelése (valóban ennek a legnagyobb a valószínűsége), azonban evolúciós értelemben alapvetően hibás: ha a genom módosulása mindenképpen az életképesség romlásához vezetne, úgy az evolúció sem működhetne. Ezzel szemben – ha ritkán is – bekövetkezik a túlélést javító mutáció. A GM lazac esetében az a kérdés, a ragadozóknak való fokozott kitettség negatív hatása mellett nincs-e a fokozott táplálkozásnak az állat túlélését javító szerepe.

A következő GM állatfaj a fogyasztók tényérjain az Enviropig (University of Guelph) lehet, amelyet szintén beteresztettek engedélyezésre az FDA elé. A sertés táplálékából hatékonyabban köti meg a foszfort, csökkentve ezzel trágyája foszfortartalmát. A magas foszfortartalmú trágya algásodást idézhet elő a vizekben.

Az AquaBounty egyelőre csak az Egyesült Államokban tervezi a lazacai értékesítését. Az Európai Unióban nincsen függőben lévő kérelem emberi fogyasztásra szánt transzgenikus állatokkal kapcsolatban, és az Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság (EFSA) csupán az elején jár a vonatkozó szabályozás megalkotásában. Marris E (2010) Transgenic fish go large. *Nature* **467**, 259.

Hazai és külföldi rendezvénynaptár

Megnevezés	Időpont/helyszín	Szervező	Elérhetőség
Nutrition Society Winter Meeting 2010	2010. dec. 2. Portland Place, London, UK	Royal Institute of British Architects	Web: http://www.nutrition-society.org/WinterMeeting2010 E-mail: info_officer@nutsoc.org.uk
Middle East Natural & Organic Products Expo 2010	2010. dec. 6-8. Dubai, United Arab Emirates	Global Links Dubai LLC, a division of Conex Exhibitions LLC.	Web: http://www.naturalproductme.com/index.php E-mail: info@naturalproductsme.com
BioFach India 2010	2010. dec. 7-9. Mumbai (Bombay), India	Services International	Web: http://www.biofach-india.com/en/default.aspx
2010 Acres USA Conference & Trade Show (2010 Acres USA)	2010. dec. 9-11. Indianapolis, IN, USA	Acres U.S.A. magazine	Web: http://www.acresusa.com/events/10conf/about.htm
AgriPro Asia (APA) & Agri- Conference Asia (ACA)	2010. dec. 13-15. Hong Kong, China	Vertical Expo Services Co. Ltd.	Web: http://www.verticalexpo.com/eeditor/index.php?expo_id=8&article_id=146 E-mail: AgriProAsia@VerticalExpo.com
Termék és környezet Új kerettörvény a hulladékmegelőzésről	2010. dec. 15. Budapest	CaSignum Öko- Innovációs Kft.	Web: http://www.okohatekony.hu
Millésime bio 2011	2011. jan. 24-26. Montpellier, France	The Inter-professional Association of Organic Wines from Languedoc-Roussillon	Web: http://www.millesime-bio.com/v2/english/millesime_bio.asp E-mail: aivblr@wanadoo.fr
EcoFarm Conference	2011. jan. 26-29. Asilomar in Pacific Grove, CA, USA	Ecological Farming Association	Web: http://www.eco-farm.org/programs/efc/general_information/ E-mail: info@eco-farm.org
Guelph Organic Conference	2011. jan. 27-30. Guelph, Canada	Organic Food Conferences Canada	Web: http://www.guelphorganicconf.ca/ E-mail: organix@georgian.net
Advances and Controversies in Clinical Nutrition	2011. feb. 25-27. San Francisco, CA, USA	American Society for Nutrition (ASN)	Web: http://www.nutrition.org/meetings/advances-and-controversies-in-clinical-nutrition/ E-mail: mholt@nutrition.org
7. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia	2011. márc. 24-27. Kolozsvár, Románia	Sapientia Erdélyi Magyar Tudomány- egyetem	Web: http://kv.sapientia.ro/hu/7-karpat-medencei-kornyeztudomanyi-konferencia/első-korlevel
Annual Meeting and Scientific Sessions at Experimental Biology	2011. ápr. 9-13. Washington, DC, USA	American Society for Nutrition (ASN)	Web: http://www.nutrition.org/meetings/asn-annual-meetings-at-experimental-biology/ E-mail: eb2011@mirasmart.com

Útmutató szerzőink számára



A *Biokontrol* folyóirat tudományos igényű szakcikkek közül az ökológiai mezőgazdaság és a csatlakozó környezettudományi és biológiai szakterületeken, a környezetanalitika, ökotoxikológia, alkalmazott ökológia, táplálkozás- és takarmányozástudomány, ökológiai növénytermesztés és ökológiai állattenyésztés szakmai rovatokban. Tudományos közleményként szerepelhet áttekintő tanulmány, kísérleti eredményeket leíró eredeti szakcikk, illetve rövid közlemény. A folyóirat elsősorban magyar nyelvű írásokat szerepeltet, de indokolt esetben a közlemény angol nyelven is megjelenhet. A folyóirat további szekcióiban tudományos közlemények mellett szakmai publicisztikai írásokat, könyvrecenziókat, cég-szerű, intézményi vagy egyéni hirdetések, valamint konferencia- és rendezvényfelhívásokat is szerepeltet. A tudományos közlemények szerkezete az alábbi legyen:

- cím (legfeljebb 100 karakter, magyar és angol nyelven);
- szerző(k) (magyar és angol nyelven);
- szerző(k) munka-, ill. kutatóhelye(i) (magyar és angol nyelven).

A leíró szakcikk elején rövid, legfeljebb 1000 'n' terjedelmű összefoglaló szerepeljen magyar és angol nyelven. Rövid közleményekhez elegendő csak angol nyelvű összefoglaló. A továbbiakban a kézirat lehetőség szerint a Bevezetés – Módszer – Eredmények – Következtetések – Szakirodalom tagolást kövesse. Áttekintő közleményekben a fenti tagolástól a szerző(k) szabadon eltérhet(nek), rövid közleményekben a szöveg szerepelhet tagolás nélkül, csupán a Szakirodalom szekció külön megjelölésével. Az irodalmi hivatkozások a szövegben szerzőnév és megjelenési év szerinti hivatkozással, szögletes zárójelben szerepeljenek. (Kettőnél több szerzőjú cikket angol nyelvű cikk esetén *et al.*, magyar nyelvű cikk esetén és mtsai megjelöléssel kérjük hivatkozni.) A Szakirodalom szekcióban az egyes hivatkozások tartalmazzák valamennyi szerző nevét (az *et al.* vagy *etsai* ne szerepeljen az irodalomjegyzékben) az alábbi alakban:

♦ folyóiratcikk hivatkozása

[1] Ames BN, Durston WE, Yamasaki E, Lee FD (1973) Carcinogens are mutagens: A simple test system combining liver homogenates for activation and bacteria for detection. *Proc Nat Acad Sci USA* **70**, 2281-2285.

♦ könyv vagy könyvfejezet hivatkozása

[2] van den Bosch R (1978) *The Pesticide Conspiracy*. University of California Press, Berkeley, CA, USA.

[3] Whalon ME, McGaughey WH (1998) *Bacillus thuringiensis* use and resistance management. In: *Insecticides with Novel Modes of Action* (Ishaaya I, Degheele D, Eds) Springer Verlag, Berlin, Germany, pp. 107-137.

Terjedelmes irodalomjegyzék esetén a szerkesztőség a hivatkozott cikkeket a közlemények címének feltüntetése nélkül szerepelteti. Kérjük a szerzőket, hogy az irodalmi hivatkozások mértékében az ésszerűség határain belül maradjanak: teljes szakcikk esetében max. 30, rövid közleményekben 20 hivatkozásra szorítkozzanak.

A kéziratokat elektronikus (doc) formában kérjük a szerkesztőség címére elküldeni. A teljes közlemények (szakcikk, áttekintés) 12000 'n', a rövid közlemények 9000 'n' terjedelműek legyenek. Publicisztikai írások, hírek, beszámolók, könyvrecenziók 6000 'n' terjedelemben szerepeltethetők. (E szövegterjedelmek a közlésre szánt ábrák, táblázatok, illusztrációk terjedelmével értelemszerűen csökkennek.) A közleményekhez tartozó ábrákat (jpg, tif) legalább 300 dpi felbontásban, külön grafikus állományként (nem a szöveget tartalmazó dokumentumba ágyazva!) kérjük. Színes ábra vagy fotó a címlapon (szerkesztőségi döntés alapján) szerepelhet, az egyszínnyomású belveken színes ábra elhelyezésére csak külön előállítási díj ellenében van lehetőség.

A tudományos közlemények mellett szerepeltünk a közlemény szerzőit bemutató, rövid szekciót. Ehhez kérünk a szerzőkről külön-külön, fejenként legfeljebb 4–5 mondatos ismertetőt vagy a kutatócsoportot együttesen bemutató, legfeljebb 8–10 mondatos leírást a szerző(k) szerinti megfogalmazásban, valamint fényképet a szerzőkről vagy a kutatócsoportról, egyéni képek esetében 4x3 cm (igazolványkép), csoportkép esetében 12x8 cm nagyságban, fotópapírra készített fénykép vagy grafikus file (300 dpi felbontású jpg) alakban.

További információkkal szívesen állunk az érdeklődők rendelkezésére:

Dr. Székács András főszerkesztő

MTA Növényvédelmi Kutatóintézet

1525 Budapest, Pf. 102

Tel: 391-8610, FAX: 391-8609

E-mail: aszek@nki.hu

