

Részletek

a

Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont előadótermében,

2009. február 25-én 13 órakor

tartott

a

20. GMO-Kerekasztal ülésén elhangzott hozzászólásokból

Szerkesztette:
Darvas Béla

**Budapest
2009**

Tartalomjegyzék

<i>Meghívó</i> _____	3
<i>A résztvevők listája</i> _____	4
<i>A házigazda köszöntője</i> (Kiss György Botond) _____	5
<i>Lisztharmat-rezisztencia kialakítása búzán</i> (Várallyay Éva, Giczey Gábor és Burgyán József) _____	6
<i>Transzgenikus vírusellenálló búzavonalak létrehozása</i> (Silhavy Dániel) _____	8
<i>Szárazságtűrő burgonya – álom vagy valóság?</i> (Bánfalvi Zsófia) _____	10
<i>A hazai kukorica-gyomirtás</i> (Szentey László) _____	12
<i>A glyphosate környezetanalitikája és toxikológiája</i> (Székács András) _____	14
<i>A glyphosate-maradékok az élelmiszerekben és az ivóvízben</i> (Bardócz Zsuzsa és Pusztai Árpád) _____	15
<i>A glyphosate hatása a talaj hasznos mikroszervezeteire</i> (Biró Borbála) _____	16
<i>Adalékok a genetikailag módosított növények okozta környezeti kockázatokhoz</i> (Varga Zoltán) _____	17
<i>Glyphosate-rezisztens kultúrnövények és glyphosate-rezisztens gyomok</i> (Darvas Béla) _____	18
<i>Cry-toxinrezisztencia</i> (Lauber Éva, Bánáti Hajnalka és Takács Eszter) _____	19
<i>Az Országgyűlés Mezőgazdasági Bizottságának tájékoztatása az elsőgenerációs GM-növények jelenlegi megítéléséről</i> (Darvas Béla) _____	21
<i>Állásfoglalások margójára</i> (Balla László) _____	23
<i>Tudósítás a Haszon Agrár magazin „Génmódosítás. Áldás vagy átok” címmel szerkesztett tematikus számáról</i> (Inczédy Péter) _____	24
<i>Javaslat Máté József a Haszon Agrár folyóiratban megjelent nyilatkozatához</i> (Barna Balázs, Székács András és Fekete Gábor) _____	26
<i>A GMO-Kerekasztal nyílt levele Hegyi Gyula és Olajos Péter Európai Parlamenti képviselő uraknak</i> (GMO-Kerekasztal) _____	27

Meghívó

A Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont (Gödöllő, Szent-Györgyi Albert u. 4.) 013-as számú előadótermében

2009. február 25-én 13 órakor kezdődő

a

20. GMO-Kerekasztal ülésén elhangzott hozzászólásokból

Bemutatózik a Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont (első, nyilvános rész – levezető Jenes Barnabás)

Kiss György Botond^o – A házigazda köszöntője (5 perc)

Várallyay Éva^o, Giczey Gábor^o és Burgyán József^o – Lisztharmat-rezisztencia kialakítása búzában (10 perc)

Silhavy Dániel^o – Transzgenikus vírusellenálló búzavonalak létrehozása (10 perc)

Bánfalvi Zsófia^o – Szárazságtűrő burgonya – álom vagy valóság? (10 perc)

Szakterületi összefoglalók (második, nyilvános rész – levezető Darvas Béla¹)

(i) *Glyphosate*-tűrő növények

Szentey László^o: A hazai kukorica-gyomirtás (10 perc)

Székács András: A *glyphosate* környezetanalitikája és toxikológiája (10 perc)

Bardócz Zsuzsa és Pusztai Árpád: *Glyphosate*-maradékok élelmiszerekben (5 perc)

Biró Borbála^o: A *glyphosate* hatása a talaj hasznos mikroszervezeteire (írásbeli hozzászólás)

Varga Zoltán: Adalékok a genetikailag módosított növények okozta környezeti kockázatokhoz (írásbeli hozzászólás)

(ii) Rezisztencia

Darvas Béla: *Glyphosate*-tűrő növények – *glyphosate*-rezisztens gyomok (5 perc)

Lauber Éva^o, Bánáti Hajnalka^o és Takács Eszter^o: Cry-toxinrezisztencia (10 perc)

(iii) Szemle

Darvas Béla: Az Országgyűlés Mezőgazdasági Bizottságának tájékoztatása az elsőgenerációs GM-növények jelenlegi megítéléséről (írásbeli hozzászólás)

Balla László: Állásfoglalások margójára (5 perc)

Incedy Péter^o: Tudósítás a *Haszon Agrár* magazin „*Génmódosítás. Áldás vagy átok*” címmel szerkesztett tematikus számáról (10 perc)

Barna Balázs^o, Székács András és Fekete Gábor^o: Javaslat Máté József a *Haszon Agrár* folyóiratban megjelent nyilatkozatához (írásbeli hozzászólás)

Laborlátogatás (harmadik, nyilvános rész; 30 perc – vezető Jenes Barnabás)

Megjegyzés: Az összefoglalók mintáit lásd:

<http://www.vedegylet.hu/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=68&page=4>. Az ülésen hangfelvétel készülhet. Megfigyelő státuszú tagjaink[†] a teljes ülésünkön; vendégeink^o és a sajtó képviselői csak annak nyilvános részein vehetnek részt.

Megvitatás (negyedik, zárt rész – levezető Székács András)

Állásfoglalás megfontolása.

Meghívott vendégeink: Anton Attila^o, Bagi Béla⁺, Balázs Ervin^o, Biró Borbála^o, Czepó Mihály^o, Dudits Dénes^o, Fónagy Adrien^o, Font Sándor⁺, Herbály Imre⁺, Horváth Gábor^o, Jakab József⁺, Katona Kálmán⁺, Kiss István^o, Kiss József^o, Kruppa Bertalan^o, Máté József^o, Neszmélyi Károly^o, †Sáring Gyula^o, Solti László^o, Török Katalin^o, Vancsura József^o, továbbá a sajtó képviselői.

¹ Darvas Béla a GEVB elnöki pozíciója miatt az ülésen lemondott a GMO-Kerekasztal ülésvezetőségéről. Az ülést megelőző írásbeli szavazáson a teljes jogú tagok erre a posztra Székács Andrást választották meg.

A résztvevők listája

Antal Ferenc^o – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Apostol Emília^o – Vetőmag Szövetség, Budapest
Bakonyi Gábor prof. (DSc.) – Szent István Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszék, Gödöllő
Balla László prof. (DSc.) – Szent István Egyetem, Gödöllő
Balogh Márta^o – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Bánáti Hajnalka^o – ELTE TTK, Budapest
Bánfalvi Zsófia^o prof. (DSc.) – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Bardócz Zsuzsa dr. (DSc.) – Debreceni Egyetem, AMTC, EEMI, Debrecen
Barna Balázs^o dr. (DSc.) – MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Budapest
Biró Borbála^o prof. (DSc.) – MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, Budapest
Bodó Szilárd^o dr. (PhD.) – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Bokán Katalin^o – MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály, Budapest
Cserhádi Mátyás – SzIE, MKK-KTI, Környezetvédelmi és Környezetbiztonsági Tanszék, Gödöllő
Czépó Mihály dr. (PhD.) – Monsanto Hungária Kft.
Darvas Béla prof. (DSc.) – MTA NKI, Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály, Budapest
Dolezsal Anna – Szent István Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszék, Gödöllő
Dömölki Livia⁺ – Fogyasztóvédelmi Szervezetek Országos Szövetsége, Budapest
Farkas Rita^o – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Fidrich Róbert^o – Magyar Természetvédők Szövetsége, Budapest
Fónagy Adrián^o dr. (CSc.) – MTA NKI, Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály, Budapest
Földi Tímea^o – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Füsti Molnár Gábor⁺ – MGSZH, Budapest
Gyulai Ferenc prof. (DSc.) – Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő
Havelda Zoltán^o dr. (PhD.) – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Hánh Judit – SzIE, MKK-KTI, Környezetvédelmi és Környezetbiztonsági Tanszék, Gödöllő
Házi Judit – SzIE, MKK-KTI, Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék, Gödöllő
Horváth András dr. (PhD.) – MTA ÖBKI, Vácrátót
Horváth Zsolt^o – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Inczédy Péter^o dr. – ex-BVM
Ivanics Milán⁺ – FVM Természeti Erőforrások Főosztálya, Kutatási és Biotechnológiai Osztály, Budapest
Jeney Apor^o – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Jenes Barnabás dr. (CSc.) – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Kiss György Botond^o prof. (DSc.) – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Kondrák Mihály^o dr. (PhD.) – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Korom Edit^o – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Kovács Géza dr. (CSc.) – MTA MGKI, Martonvásár
Kukolya József^o dr. (PhD.) – Agruniver Holding, Gödöllő
Lauber Éva^o – MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály, Budapest
Márai Géza dr. – ex-Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő
Menyhért Zoltán prof. (DSc.) – ex-Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő
Mérőné, Nótás Erika^o dr. (PhD.) – Szent István Egyetem, MKK, Kémia és Biokémia Tanszék, Gödöllő
Móra Veronika^o – Ökotárs Alapítvány, Budapest
Mórocz Sándor^o dr. (DSc.) – Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged
Nagy András^o – KÉKI, Budapest
Neszmélyi Károly^o dr. – Debreceni Egyetem, AMTC, Debrecen
Orosz Sándor dr. – Országgyűlés Környezetvédelmi Bizottsága
Pusztai Árpád prof. (PhD.), a Skót Akadémia tagja – *Center for Gene Ecology* (GENØK), Norvégia/Skócia
Rozsik Péter dr. – Magyar Biokultúra Szövetség; Biokontroll Hungária Kht., Budapest
Sajgó Mihály prof. (DSc.) – Szent István Egyetem, MKK, Kémia és Biokémia Tanszék, Gödöllő
Silhavy Dániel^o dr. (PhD.) – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Sós-Hegedűs Anita^o – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Szentey László^o – MGSZH Központ, Budapest
Székács András dr. habil (DSc.) – MTA NKI, Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály, Budapest
Tóth Gábor^o – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő
Vajda Boldizsár⁺ dr. – MGSZH ÉTBI GMO Élelmiszerek Laboratórium, Budapest
Várallyay Éva^o dr. (PhD.) – Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő

A házigazda köszöntője

Kiss György Botond

Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő

A 20. GMO-Kerekasztal házigazdájaként megtisztelő számunkra, hogy a Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont (MBK), mint a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium hat kutatóintézetének egyike először adhat otthont ennek a kihelyezett ülésnek.

Az intézetünkben 1986. év óta folynak biotechnológiai kutatások – jelenleg 13 kutatócsoportban – a vírus, baktérium, gomba, növény- és állatvilágot érintő tudományterületeken. Az MBK kutatási területei felölelik a növények és kórokozók közötti kölcsönhatások molekuláris folyamatainak vizsgálatát, az abiotikus és biotikus stresszel szembeni rezisztencia tanulmányozását, a toleráns és multirezisztens fajták, továbbá a bioenergia-növények nemesítését. Az összehasonlító géntérképezés és genetikai módosítás, valamint a molekuláris marker-technológia és a fejlett géntechnikai, bioinformatikai eszközök segítségével új módszerek és transzformálási eljárások kerülnek kidolgozásra. A növény-biotechnológiai kutatási és nemesítési feladataink lefedik a stratégiai jelentőségű alap élelmiszernövényeket, így a burgonyát, a gabonaféléket, valamint a hüvelyes- és zöldségfajtákat. **Kiemelhető közülük a bab, a kukorica és a hungarikumnak számító paprika fajták.** Az állat-biotechnológiai projektek célja a specifikus génexpressziók és sejtátültetési technikák elemzése transzgenikus állatmodellek előállításával, ezen belül a tejösszetélt és tejtermelést befolyásoló génfunkciók vizsgálata, valamint az őssejtkutatások egér és nyúl modelleken.

Az MBK nem GMO ellenes. A realitások talaján próbál tudományos megalapozottságot, valamint kritikai megfontolásokat is mérlegelő álláspontot képviselni a hazai agrárium, a fenntartható mezőgazdaság és a környezettudatos termesztés szem előtt tartásával. Ez azt jelenti, hogy **a tudomány tükrében vizsgálja a GMO kérdést, azt szigorúan szakmai alapokon igyekszik megítélni.** Távol kívánja tartani magát a politikai nyomásgyakorlástól. Megítélésünk szerint ebben a kérdésben ez a helyes magatartás, amit követendőnek tartunk. Az MBK nem latolgat magasabb szintű politikai és gazdasági kérdéseket, ugyanakkor feladatunk a döntéshozók számára korrekt adatokat, körültekintő információkat biztosítani. Véleményünk szerint a múltat lehet egzakt módszerekkel vizsgálni, a jövőt viszont nem lehet ilyen módon megjósolni. A jövőben jelentkező következmények jóslásánál igen megfontoltnak és józannak kell lennünk, mert nem szabad sem rózsaszínre, sem feketére festeni azt.

Végül megemlítem, hogy az MBK-nak a GMO kérdésekben nem feladata képviselni az FVM, mint főhatóság álláspontját. Az FVM tiszteletben tartja az önálló véleményalkotást, diktátummal nem korlátozza függetlenségünket. A GMO körül kialakult feszült helyzetben, tudom, nehéz a szubjektumot nélkülözni, de ezen a GMO-Kerekasztal ülésen remélem, hogy megőrizve objektivitásunkat, nyitott és józan légkörben tárgyalhatjuk meg a felmerülő kérdéseket.

Lisztharmat-rezisztencia kialakítása búzán

Várallyay Éva, Giczey Gábor és Burgyán József
Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Növény Virologiai Csoport, Gödöllő

A búzalisztharmat a világ búzatermesztő övezeteiben évről évre megjelenő, akár 40%-os termés kiesést is okozó betegség. Okozója egy obligát parazita gomba (*Blumeira graminis* f. sp. *tritici*). A köztermesztésben álló búzafajták többsége lisztharmat-fogékony. A fellelhető néhány rezisztens fajta ellenállóságának genetikai háttere nem ismert. A lisztharmat genetikailag változatos kórokozó, a nagygénes rezisztenciával rendelkező, adott rasszra ellenálló fajták rezisztenciáját gyorsan képes áttörni.

Az árpában ismertek széleskörű lisztharmat-ellenálló fajták, melyekben az ellenállóság egy gén mutációja miatt következik be.² Amennyiben az árpában az *Mlo* gén mutáns (= *mlo* árpa), nem termelődik MLO fehérje és az árpa lisztharmat-ellenálló lesz. Az Európában köztermesztésben álló árpafajták több mint fele tartalmazza ezt a mutációt. A búza esetén ilyen széles spektrumú rezisztencia nem ismert, az árpa *Mlo* ortológjait azonban megtalálták a búzában. Amikor az *mlo* mutáns árpát – egy modellkísérletben egysejtszinten – búza *Mlo*-val transzformálták az árpa újból lisztharmat-fogékony lett.³ Ezzel bizonyították, hogy a búzában talált *Mlo* az árpa *Mlo* funkcionális ortológja.

Munkánk során célunk az volt, hogy a búza *Mlo*-t géncsendesítéssel inaktiváljuk és vizsgáljuk azt, hogy e gén hiányában kialakul-e a széles spektrumú lisztharmat-rezisztencia. A géncsendesítés (RNS interferencia – RNAi) az eukarióta szervezetek általános védekezési folyamata.⁴ A folyamatot a sejtbe került kétszálú RNS indukálja. Ilyen kétszálú RNS keletkezhet vírusfertőzés során a vírus replikációjakor, vagy transzgenekről, növényi RNS-függő RNS polimerázok segítségével. A kétszálú RNS-t egy *DICER* nevű enzimkomplex ismeri fel és rövid 21-25nt hosszúságú kétszálú ún. siRNS-ekre bontja. A siRNS-ek egyik szála beépül egy másik, ribonukleáz (RN-áz) aktivitással bíró, ún. *RISC* komplexbe. A beépült szál szekvenciaspecifitást ad az RN-áz enzimnek – így az minden olyan RNS-t lebont, ami a beépült kisRNS-sel komplementer szekvenciájú. A géncsendesítés eredménye tehát az indukáló RNS-sel homológ szekvenciák hatékony eliminációja. A vírus indukálta géncsendesítést (*VIGS*) a növényi sejtben replikálódó vírusok indukálják saját RNS genomjukkal szemben.⁵ Ha a vírus genomja idegen szekvencia elemet is tartalmaz (amely homológ egy növényi endogén génnel) az endogén gén mRNS-e is szekvenciaspecifikusan lebomlik és így az endogén gén hiányára jellemző fenotípus alakul ki a növényen. Mivel a búza nehezen transzformálható első lépésben mi *VIGS*-szel akartuk ellenőrizni, hogy munkahipotézisünk igaz-e: az *Mlo* gén csendesítésével kialakítható-e lisztharmat-rezisztencia búzán?

Laboratóriumunkban adaptáltuk⁶ az *árpa csikos mozaik vírus* alapú *VIGS* vektort és létrehoztunk egy rekombináns vírust, mely tartalmazta a búza *Mlo* gén egy darabját. A rekombináns vírussal fertőzve a búzát azt vártuk, hogy mivel a vírus endogén búza *Mlo* darabot is tartalmaz, a géncsendesítés nemcsak a vírus ellen, hanem az endogén *Mlo* ellen is beindul majd. Ennek ellenőrzésére a növényekből RNS kivonatokat készítettünk és megvizsgáltuk, hogy tartalmaz-e a folyamatra jellemző *Mlo* specifikus kis RNS-eket. Azt találtuk, hogy azok a növények, melyeket sikerült a vírussal megfertőznünk nemcsak vírus, hanem *Mlo* specifikus siRNS-t is tartalmaznak, a géncsendesítés tehát az endogén *Mlo* ellen is

² Brüsches *et al.* (1997) *Cell* **88**:695-705.

³ Schweizer *et al.* (2000) *Plant J.* **24**: 895-903.

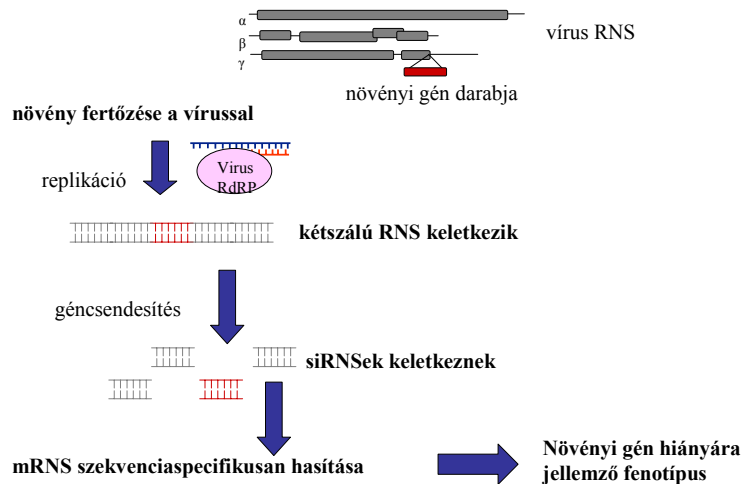
⁴ Baulcombe (2005) *Trends Biochem. Sci.* **30**: 290-293.

⁵ Burch-Smith *et al.* (2004) *Plant J.* **39**: 734-746.

⁶ Holzberg *et al.* (2002) *Plant J.* **30**: 315-327

aktiválódott. Ezen növények leveleit lisztharmattal megfertőzve azt tapasztaltuk, hogy azokon a leveleken, melyekben megjelent az *Mlo* specifikus kis RNS, **a lisztharmat spórák megrekedtek az elsődleges csírázás stádiumában, sem másodlagos micéliumot, sem spóratartókat nem fejlesztettek.** A kontrol – *Mlo* RNS-t nem tartalmazó – vírusokkal fertőzött búzalevelek lisztharmatfertőzésével összehasonlítva megállapítottuk, hogy az *Mlo* géncsendesített búzák ellenállóbbak lettek a lisztharmatfertőzéssel szemben.

Vírus indukálta géncsendesítés VIGS



A továbbiakban transzgenikus búzát szeretnénk előállítani, melyhez a búzát olyan „transzgénnel” transzformáljuk, mely az *Mlo* egy darabját tartalmazza *inverted repeat (IR)* formában. Az így előállított transzgenikus növényekben folyamatosan termelődik *Mlo* kis RNS, ami az endogén *Mlo* mRNS lebontását eredményezi. Az *MloIR* transzgenikus növényben nem keletkezik *MLO* fehérje, csakúgy, mint a mintaként szolgáló *mlo* mutáns árpákban és reményeink szerint kialakul majd a széles spektrumú lisztharmat-rezisztencia.

Transzgenikus vírusellenálló búzavonalak létrehozása

Silhavy Dániel

Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, RNS Biológia Csoport

Előzmények. A búza – a kukorica mellett – a legfontosabb termesztett növényünk. A hazai búzatermesztés a kiváló földrajzi adottságok ellenére számos problémával küzd. A termelők és a kereskedők számára is az egyik legnehezebben kezelhető gond az alacsony termésbiztonság. A termésátlagok egyik évről a másikra gyakran drámaian változhatnak, pl. míg 2003-ban a búza hazai termésátlaga 2,6 tonna/hektár volt, a következő évben ez az érték 5 tonna/hektárra ugrott. Ezért a hazai búzanemesítési programok egyik fő célkitűzése a termésbiztonság növelése. A termésátlagok drámai változásai mögött – az agrotechnikai problémáktól eltekintve – a biotikus és abiotikus stresszek terméseszkéntő hatása áll. A biotikus stresszek egyik jelentős – bár nem alapvető – komponense a víruskártétel. Ennek ellenére a hazai búzanemesítési programoknak a vírusrezisztencia nemesítés nem része. **Búza esetén ugyanis vírusellenállóságra nagyon nehéz nemesíteni.** A búzának hazánkban legalább négy gazdaságilag jelentős vírusa van, ezek kártétele, a domináns vírus évről-évre változhat. Például, amíg 2002-ben a tünetes búzaminták 47%-a volt *WSMV* (búza csíkos mozaik vírus) pozitív, viszont alig 5%-a volt *WDV* (búza törpülés vírus) fertőzött, addig 2005-ben a tünetes növények 93%-a *WDV* fertőzött volt. *WSMV* fertőzött egyedeket ebben az évben gyakorlatilag nem találtak. Ráadásul igen gyakori a többszörös fertőzés, azaz számos különböző vírus ellen kellene egyidejűleg nemesíteni. A vírus-rezisztencianemesítést tovább nehezíti az, hogy a rezisztenciaforrások nagyon korlátozottak és a szelekció is igen nehéz. Mindezek alapján kijelenthető, hogy a búzatermesztők számára hasznos többszörös vírusrezisztencia kialakítása hagyományos nemesítési módszerekkel csak nagyon hosszú idő alatt lenne lehetséges. Ugyanakkor patogén eredetű szekvenciák beépítésével viszonylag gyorsan hatékony vírusellenállóság alakítható ki transzgenikus úton. A transzgenikus növények vírusellenállósága szinte mindig az RNS interferencia (RNAi) rendszeren alapszik. Programunk során (résztevők: MBK, RNS Biológia Csoport, Gabonakutató KHT) ezt a természetes antivirális rendszert felhasználva szeretnénk vírusellenálló búzavonalakat létrehozni.

Az RNAi rendszer szekvencia-specifikus RNS lebontó mechanizmus, amely kétszálú (*double-stranded, ds*) RNS-ek hatására indukálódik, és specifikusan bontja a *dsRNS*-ekkel homológiát mutató *mRNS*-eket. A *dsRNS*-eket első lépésben egy *DICER* nevű enzim rövid 21-25 nukleotid hosszúságú *dsRNS* molekulákra, úgynevezett kis interferáló (*small interfering*) *siRNS*-ekre hasítja. Ezt követően a *siRNS*-ek két szála elkülönül, majd az egyszálú *siRNS*-ek egy *RISC*-nek nevezett nukleáz komplexbe épülnek be. A *siRNS* a *RISC* komplexet a kis RNS-ekkel szekvencia párosodásra képes *mRNS*-ekhez vezeti, majd a *siRNS-mRNS* kettőszálú régióban a *RISC* elvágja a *mRNS*-t. Ezáltal a *mRNS* lebomlik, a *mRNS*-t kódoló gén inaktívvá válik, „csendes” lesz.⁷ Mivel a növényi vírusok replikációja során *dsRNS*-ek keletkeznek, az RNAi rendszer vírusfertőzés hatására aktiválódik, és a virális *mRNS*-ek degradációja révén hatékony antivirális rendszerként védi a növényt a kórokozótól. Az RNAi antivirális rendszer gyenge pontja, hogy csak vírusfertőzés hatására indukálódik, ezért a vírus gyakran képes megfertőzni az egész növényt mielőtt az RNAi rendszer igazán hatékonyvá válhatna. A transzgenikus vírusellenálló növények szintén az RNAi rendszeren alapulnak. Ha egy virális szekvenciát **fordított ismétlődés formában transzgenikus növénybe építünk be, az adott szekvenciáról folyamatosan hajtú struktúrát képző mRNS-ek szintetizálódnak.** Mivel a hajtú szerkezetű *mRNS*-ek *dsRNS*-ként viselkednek, az ezekről származó *siRNS*-ek beépülnek a *RISC* komplexekbe, így a transzgenikus növényben az adott

⁷ Eamens et al. (2008) *Plant Physiol.* **147** (2): 456-468.)

vírus ellen az RNAi rendszer folyamatosan aktív lesz.⁸ Ezáltal az RNAi rendszer a behatoló vírus képes azonnal megtámadni, azaz ezek a transzgenikus növények az adott vírus ellen rezisztensek lesznek. A program során ezt a természetes növényi védekezési rendszert aknázzuk ki és próbálunk az RNAi mechanizmuson alapuló vírusellenálló transzgenikus búzavonalak létrehozni.

A program eddigi eredményei. Felmérések szerint a hazai búzavírusok közül elsősorban az árpa sárga törpülés vírus (*Barley yellow dwarf, BYDV*), az árpa csíkos mozaik vírus (*Barley stripe mosaic virus, BSMV*), a búza csíkos mozaik vírus (*Wheat streak mosaic, WSMV*), a búza törpülés vírus (*Wheat dwarf, WDV*) okoz gazdaságilag is jelentős károkat. A program során begyűjtöttük a fontos hazai búzapatogén vírusok izolátumait, ezeket részlegesen szekvenáltuk, majd a vírusok legkonzervatívabb régióit klónoztuk és fordított ismétlődés formájában transzformációs vektorokba építettük be. Három típusú transzformációs vektort állítottunk elő. Az első esetben a fordított ismétlődés csak egyetlen vírusból tartalmazott szekvenciákat, a második típusban két vírusból építettük a fordított ismétlődéseket, végül a harmadik esetben mind a négy gazdaságilag jelentős búzavírusból beépítettünk egy-egy darabot (fordított ismétlődés formájában) a transzformációs vektorba. A transzgéneket az aktin promóter szabályozta, míg a transzgén terminációját a *NOS* terminátor régió regulálta. A szelekciót a *phosphinothricin acetyl transferase* fehérjét kódoló *bar* gén biztosította, amely a *glufosinate* (= *phosphinotricin*) herbicid ellen biztosít ellenállóságot. Összesen hét transzformációs konstrukciót állítottunk elő, négy egyszeres vírusellenállóságot biztosító konstrukciót (*WDV*, *WSMV*, *BYDV* és *BSMV* ellen), két kétszeres rezisztencia konstrukciót (*WDV-BYDV*, *WSMV-BSMV*), illetve egy négyszeres rezisztencia konstrukciót hoztunk létre. Az egyszeres konstrukciók egy vírusból származó szekvenciákat hordoznak fordított ismétlődés formájában, így ezek beépítése csak ez ellen a vírus ellen nyújt védettséget (ugyanakkor ez a védettség teljes lehet), míg a többféle virális szekvenciát hordozó vonalak multivírus ellenállóak lehetnek. Az előállított konstrukciókkal Pauk János kutatócsoportjában (Gabonakutató KHT) Áy Zoltán CY-45 tavaszi búzafajta éretlen embrióit transzformálta. Közel 12000 éretlen embrió transzformálása 116 *glufosinate*-rezisztens transzgenikus vonalat eredményezett. A hatékony rezisztenciának előfeltétele, hogy a transzgén egésze beépüljön, átíródjon, illetve kísérleti szempontból fontos, hogy a transzgenikus növények homozigóták legyenek. A *bar* gén működésén alapuló szelekción átesett vonalak molekuláris karakterizálását elvégeztük, végül 34 darab a transzgén hatékonyan expresszázó vonalat sikerült azonosítani. Ezek között voltak egyszeres konstrukciót hordozók (*WDV*, *BYDV*, *BSMV*), kétszeres rezisztencia konstrukciót tartalmazók (*WSMV-BSMV*), és találtunk négy darab a négyszeres rezisztencia konstrukciót expresszázó vonalat is. A *WSMV* egyszeres konstrukcióval, illetve a *WDV-BYDV* kétszeres rezisztencia konstrukcióval nem sikerült transzgenikus egyedeket létrehozni. A program következő lépése a transzgenikus vonalokból dihaploid homozigóta vonalak előállítása, majd ezek felszaporítása lesz. A megfelelő számú genetikailag azonos transzgenikus egyed előállítását követően lehet megkezdeni a vírusellenállósági teszteket. Az ellenállónak bizonyuló egyedek – az engedélyezési eljárások után – bekerülhetnek a hazai nemesítési programokba. Jelenleg a dihaploidok előállítás/szaporítása folyik. Reméljük ezek közül több vonal is vírus rezisztensnek bizonyul.

Kutatási programunk tehát egy hagyományos nemesítési eszközökkel csak nagyon hosszú idő alatt megoldható problémára kínál géntechnológiai megoldást. A program sikere esetén a hazai búzafajták egy jelentős része multivírus ellenálló lehetne, ami a termelők számára nagyobb termékbiztonságot, a nemesítők számára versenyképesebb hazai fajtákat jelentene.

⁸ Goldbach *et al.* (2003) *Virus Res.* **92** (2): 207-212.

Szárazságtűrő burgonya – álom vagy valóság?

Bánfalvi Zsófia

Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő

A burgonya – a kukorica, búza és a rizs után – a negyedik legnagyobb mennyiségben termesztett élelmiszernövényünk. A FAO adatai alapján,⁹ míg a fejlett országokban a burgonyatermesztés és fogyasztás csökkenő, addig a fejlődő országokban növekvő tendenciát mutat. Összességében évről-évre egyre több burgonyát termesztünk. A világ burgonyatermése 2007-ben meghaladta a 320 millió tonnát. Magyarországon, a fejlett országokhoz hasonlóan, a burgonya termésmennyisége 1967 óta csökken, de még így is kb. 50000 tonna burgonyát takarítottunk be 2007-ben. Közismert azonban, hogy a nyári szárazság, a vírus és bakteriális fertőzések, valamint a burgonyabogár kártétel következtében hazánk termésátlaga csak fele az Európai Unió más országaiénak. Javulást eredményezne, ha a hazai földrajzi és biológiai környezethez adaptált burgonyafajtáink lennének.

A kereskedelmi forgalomban lévő burgonyafajták szárazságtűrő képessége rossz. Sajnos, igaz ez nemcsak a külföldi, de a hazai nemesítésű burgonyafajtákra is, mint pl. a SZÁZSZORSZÉP, KÁNKÁN, vagy az Európai Fajtakínálati Listán szereplő WHITE LADY. 2003 aszályos év volt. Ebben az évben az öntözetlen területeken 30-50%-kal kevesebb burgonya termett hektáronként, mint az öntözött területeken.¹⁰ Mivel az öntözés költséges és nem is valósítható meg minden területen, így a legjobb megoldás a szárazságtűrő burgonyafajták nemesítése.

A nemesítésnek alapvetően három módja van: a szelektálás, a klasszikus vagy keresztezésen alapuló nemesítés, és a géntechnológiai módszereken alapuló nemesítés. Ha egyszerű szelekciót alkalmazunk, akkor a számunkra előnyös tulajdonságok megjelenését kiváltó mutációk létrejöttében bízunk. Keresztezés során a szülőket magunk választjuk, de a szülők kiválasztása egy ilyen komplex, a növények élettanával összefüggő tulajdonság, mint pl. a szárazságtűrés esetén, nem könnyű feladat. A kutatók egy csoportja az Andokban élő vad burgonya gentotípusok génexpressziós mintázatának vizsgálata során megállapította, hogy vízelvonás hatására a **szárazságtűrő növényekben kb. 6700, míg a szárazságot rosszul viselőkhöz 4600 gén expressziója változik meg, és ezek közül csak 1000 azonos.**¹¹ A géntechnológiai módszereken alapuló nemesítés során csak egy vagy néhány gén bevitelére nyílik lehetőség. A géntechnológiai módszereken alapuló nemesítés sikeressége tehát alapvetően a helyes génválasztáson múlik.

Munkacsoportunk géntechnológiai módszerekkel próbálta meg a WHITE LADY burgonyafajta szárazságtűrő képességét javítani. Első kísérleteinket a sütőélesztő trehalóz-foszfát-szintáz 1 (TPSI) génjével végeztük, mely a trehalóz (két glükóz molekulából álló ozmotikum) szintéziséért felelős, és melyről ismert, hogy működése nélkül az élesztő nem élné túl a liofilizálás vízelvonó hatását. A nem kívánatos fenotípusos változások és a környezetszennyezés kockázatának minimálisra csökkentése érdekében a TPSI struktúrgént egy burgonyából származó szárazság-indukálható szabályozó régióval építettük össze és marker-mentes transzformációval juttattuk be a burgonya genomába. Így azonban csak két transzgenikus WHITE LADY vonalat kaptunk.¹² Ezek optimális körülmények között valamivel lassabban nőttek, mint a WHITE LADY, gumóhozamuk is 40-50%-kal kisebb volt, viszont szárazságtűrésük látványosan javult; a cserepes növények kétheti vízmegvonás után sem

⁹ <http://www.fao.org/statistics>; <http://www.potato2008.org/en/world/index.html>

¹⁰ Ábrahám és Sárvári (2005) *Agrártudományi Közlemények* **16**: 53-61.

¹¹ Vasquez-Robinet *et al.* (2008) *J. Exp. Bot.* **59**: 2109-2123.

¹² Stiller *et al.* (2008) *Planta* **227**: 299-308.

hervadtak, és míg száraztermesztéses körülmények között (30% víztartalmú talaj) a WHITE LADY gumóhozama 40%-kal csökkent, a *TPSI*-transzgenikus vonalaké változatlan maradt.¹³

Annak kiderítésére, hogy mi lehet a *TPSI*-transzgenikus növények esetében tapasztalt fenotípusos változások oka, *microarray* kísérletet végeztünk. Ehhez azt a 42000 különböző gént reprezentáló *chip*-et használtuk, melyet a „*Potato Oligo Chip Initiative*” fejlesztett ki, s aminek a fejlesztésében munkacsoportunk is részt vett.¹⁴ Optimális üvegházi körülmények között nevelt WHITE LADY és *TPSI*-transzgenikus növények leveléből készült *mRNS* kivonatok *microarray* elemzésével megállapítottuk, hogy 63 gén expressziója a transzgenikus növényekben erősebb, míg 163 géné gyengébb, mint a nem transzformált kontrollban. A megváltozott expressziójú gének egy része a fotoszintézisben és szénanyagcserében, más része a stressz válaszokban játszik szerepet, de találtunk szabályozó funkciót betöltő géneket is. Ezek közül is kiemelt fontosságúnak tűnik számunkra a 14-3-3 központi regulációs szerepet betöltő fehérje két izomerjét kódoló gén expressziójának csökkenése. Időközben ugyanis ismertté vált, hogy a 14-3-3 fehérje és a TPS fehérjék kapcsolódni tudnak egymáshoz. Úgy gondoljuk, hogy ez a kapcsolódás lehet a *TPSI*-transzgenikus növényekben tapasztalt változások kiinduló pontja. Mivel a TPS1 leköti a 14-3-3 fehérjék egy részét, azok nem tudnak kölcsönhatásba lépni a szén és nitrogén anyagcserében fontos szerepet betöltő fehérjékkel. A szabályozás felborul, és a megváltozott anyagcsere kihat a gének expressziójára.¹⁵

Álom vagy valóság tehát a szárazságtűrő burgonya? Valóság olyan szempontból, hogy biotechnológiai módszerekkel lényegesen javítani tudtuk egy kereskedelmi burgonyafajta szárazságtűrő képességét. De mivel ennek, akár csak a szárazságtűrő vad burgonyafajtáknak, alacsony a terméshozama, a köztermesztésbe vonható szárazságtűrő burgonyafajta továbbra is csak álom marad. Ugyanakkor, a *TPSI* génnel végzett kísérletek nagyon tanulságosak voltak, mert rámutattak arra, hogy a burgonya szárazságtűrő képességének javításához vagy nem a *TPSI* gént kell választanunk, vagy nem két, hanem több vonalból kell válogatnunk, és **meg kell találnunk azt a módosított változatot, amiben a szárazságtűrés javulása még nem okoz jelentős termésvesztést.** Ez utóbbi kísérletet antibiotikum rezisztencia markerekre szelektálva egy másik burgonya fajtával, a DÉSIRÉE-vel már elvégeztük, és pozitív eredményt kaptunk. Az antibiotikum rezisztencia markerek miatt azonban ez a transzgenikus fajta nem felel meg az élelmiszerbiztonságot követelő szigorú társadalmi elvárásoknak.

Az ideális megoldás intragenikus (a genetikai módosítás után is csak saját géneket hordozó) szárazságtűrő burgonyafajták előállítására lenne. Ilyen lehet, pl. az a burgonya, amiben a trehaláz-bontó trehaláz enzim szintézisét gátoljuk, és az így felhalmozódó trehalóztól reméljük a szárazságtűrés javulását. A növények transzformációja során a DNS csak kevés sejtbe tud integrálódni. Ahhoz, hogy sok transzformált vonalat kapjunk, amelyek közül aztán válogatni tudunk, mindenképpen szükségünk van szelekciós markerre. De, hogy ez a szelekciós marker ne maradjon benne a transzformált vonalakban, megépítettünk egy olyan vektort, aminek az elvesztésére is szelektálni tudunk. Ez a *pPROGMO*-nak elnevezett vektor gyakorlatilag egy T-DNS, melynek beépülésére a *nptII* gén segítségével, rekombinázzal történő kivágódására pedig a *codA* gén segítségével tudunk szelektálni. Kísérletekkel bizonyítottuk, hogy a *pPROGMO* működőképes és alkalmas a jövőben intragenikus vonalak előállítására is.¹⁶

¹³ Polgár és mtsi nem közölt eredmény

¹⁴ Kloosterman *et al.* (2008) *Funct. Integr. Genomics*. **8**: 329-340.

¹⁵ Kondrák *et al.* (2009) *BMC Genomics* (submitted)

¹⁶ Kondrák *et al.* (2006) *Transgenic Res.* **15**: 729-737.

A hazai kukorica-gyomirtás

Szentey László

MGSZH Központ NTI, Budapest

Magyarország Európában a jelentős kukoricatermesztő országok közé tartozik. A vetésterülete 1,2 millió ha és ezzel a szántóföldi kultúrák között a kalászosok után a második helyen áll. A kukorica mint legfontosabb kapás kultúránk gyomfaj-összetétele, és a gyomok egyedsűrűsége **erőteljesen kihat az ország egész szántóterületének gyomhigiénés viszonyaira**, ezért gyomirtásának stratégiai jelentősége van.

A kukorica gyomproblémái. Kukoricában az elsődleges gondot a nehezen irtható magról kelő egy- és kétszikű gyomfajok (*Amaranthus* spp., *Chenopodium* spp., *Ambrosia elatior*, *Datura stramonium*, *Hibiscus trionum*, *Abutilon theophrasti*, *Xanthium* spp., *Echinochloa crus galli*, *Setaria* spp., *Panicum* spp.) valamint néhány évelő egy- és kétszikű gyomnövény (*Sorghum halepense*, *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium*) jelentik. A kukorica gyomirtásában még mindig hatalmas tartalékok vannak. Az oly sokszor említett integrált védekezés, az ésszerű vetésváltás, az alkalmazott herbicidek rotációja mind a gyomflóra diverzitását támogatja, és ezzel egyszerűbbé teszi hosszútávon a vegyszeres védekezést is. A gyomirtó szerek kiválasztása a területen előforduló gyomfajok pontos felismerése, és az alkalmazandó herbicidek hatásspektrumának objektív ismerete mellett lehet csak tévedésmentes. 2009-ben úgy is fogalmazhatjuk, hogy a leghasznosabb dolog egy gyomirtó szer hibáit ismerni, és nem az erényeit, azt, hogy mely fajok ellen nem hatásos (lyuk a technológiában), mert ezzel tudunk igazán védekezni a nagy melléfogások ellen. **Tökéletes készítmény nem létezik, de az adott gyomflórának leginkább megfelelő, optimális szerválasztás igen.**

A kukorica posztemergens gyomirtásáról általában. Nincs még egy olyan természetű növényünk, mint a kukorica, ahol a vegyszeres gyomirtás lehetséges módjai, módszerei olyan széles skálán mozognának. Az utóbbi években megnőtt a posztemergens kezelések jelentősége, ami az alábbi okokra vezethető vissza: **(i)** Kisebb a meteorológiai tényezőkből adódó rizikó, nincs szükség bemosó csapadékra; **(ii)** Precízebb szerválasztást tesz lehetővé, hiszen a már kicsírázott, látható gyomnövények ellen irányul a védekezés; **(iii)** Az állományban alkalmazható készítmények legtöbbje kiváló reziduális, talajon keresztüli hatással is rendelkezik.

Bizonyos gyomfajok csak posztemergensen irthatók jó hatékonysággal. Az évelő kétszikűekkel (sövényiszulák – *Calystegia sepium*, apró szulák – *Convolvulus arvensis*, mezei acat – *Cirsium arvense*, hamvas szeder – *Rubus caesius*, vidra keserűfű – *Polygonum amphibium*) szemben szinte kizárólag ez az egyetlen hatékony lehetőség. A mélyről csírázó nagymagvú kétszikűek, mint a szerbtövis-fajok (*Xanthium strumarium*, *X. italicum*), vagy a későn csírázó melegigényes gyomfajok (selyemmályva – *Abutilon theophrasti*, varjúmák – *Hibiscus trionum*) ellen szintén a posztemergens technológiák adják a legjobb eredményt. Évelő egyszikű gyomfajok: tarackbúza (*Agropyron repens*), rizómáról kelő fenyércirok (*Sorghum halepense*), csillagpázsit (*Cynodon dactylon*) esetében köztudott, hogy az alapkezelések nem hatékonyak.

Természetesen a fenti gyomfajokon túlmenően **szakszerű szerválasztással a kukoricában előforduló bármelyik gyomnövény a veszélyességi küszöb alá szorítható.** A posztemergens kezelések esetében is megvannak azok az alapszabályok, melyeket célszerű betartanunk. 7-8 levelesnél fejlettebb állományban több készítmény (szulfonilkarbamidok, *dicamba*, 2,4-D) a kukoricát is károsítja, ugyanakkor a túlfejlett magról kelő kétszikűek ellen

már nem kellően hatékonyak. A hőmérsékletnek is fontos szerepe van a kezeléseknél túl alacsony, 10 °C alatti hőmérsékleten a készítmények lassabban hatnak, a gyomnövények nehezebben veszik fel a hatóanyagot, 25 °C feletti hőmérsékleten a szerek károsíthatják a kukoricát, különösen az olajos emulziók és az adalékanyagokkal (nedvesítő szer, olajadalék, hatásfokozó, N-műtrágya) együtt kijuttatott herbicidek. Nagy általánosságban leszögezhető, hogy az állománykezeléseket a T 4-es életformába tartozó kétszikű gyomfajok 2-4 valódi leveles, a magról kelő egyszikűek 1-3 leveles fenológiai állapotához célszerű időzíteni, de ez sem egy örökérvényű általános szabály, mert a csattanómaszlag (*Datura stramonium*), a szerbtövis-fajok (*Xanthium* spp.) szikleveles-kétleveles állapotukban a legérzékenyebbek. A 4-6 leveles maszlag (acélos zöldeskék) levelét már erős viaszbevonat borítja, ami fokozott herbicid ellenállóságot biztosít a gyomnövénynek. Az ellenük való védekezés éppen ezért bonyolultabb, mert ezt az állapotot általában az időjárástól függően május elejére-közepére érik el, és **az ilyenkor elvégzett korai posztemergens kezelés után még tömeges újrakelésük várható**. Ilyen esetekben fokozottan megnő azon posztemergens készítmények szerepe, melyek az adott gyomnövény ellen jó reziduális hatással is rendelkeznek. Élő egy- és kétszikűek esetében, azok intenzív növekedési szakaszában van a kezelés optimális időpontja. Sövényeszulák, apróeszulák, rizómáról kelő fenyércirok ellen a gyomnövények 25-30 cm-es fejlettségénél van a kezelés hatékony időpontja, mezei acat ellen annak tölevélrózsás állapotában kell a kezelést végrehajtani.

Az alapkezelésekről. Az állománykezelések mellett az alapkezelések jelentőségéről is beszélni kell. Az *EPTC*, *butilate* hatóanyagok visszavonásával a vetés előtti talajba dolgozandó ppi technológiák automatikusan kiestek szerhiány miatt. A vetés után, kelés előtt alkalmazandó preemergens kezelések továbbra is fontos láncszemét képezik a kukorica gyomirtási technológiájának. Ezen kezelések működésének alapfeltétele a kezelést követő két héten belül lehulló legalább 15-20 mm csapadék. Megfelelő bemosó csapadék hiányában a hatóanyag nem jut le a gyomnövények csírázási zónájába, és a kívánt gyomirtó hatás elmarad. Ez az oka annak, hogy aszályos, csapadékszegény tavaszokon a preemergens készítmények nem minden esetben hozzák a tőlük elvárható eredményt. A szerek csapadéki igényében jelentős szerepet játszik vízdékonyságuk, melynek figyelembevétele fontos szakmai szempont.

A kukorica gyomirtásának tervezése. A gyomirtó szerek kijuttatásának lehetőségei a **kukorica esetében mozognak a legszélesebb skálán**. A gyomirtás tervezésénél a vegyszeres védekezésre való felkészülés során mindig vegyük figyelembe területünk gyomflóráját, talajtípusát, domborzati viszonyait, és nem utolsósorban tájegységünk éghajlati adottságait. Ezek ismeretében tudjuk csak kiválasztani a megfelelő gyomirtó szert, és meghatározni a számunkra optimális kijuttatási módot, az alábbi lehetőségek közül: **(a)** Vetés előtt kijuttatva bedolgozás nélkül (preplanting); **(b)** Vetés után kelés előtt kijuttatva (preemergens); **(c)** Vetés után azonnal kipermetezve ülepedett magágyba vetett kukoricában (pre/post); **(d)** A kukorica vetése után kipermetezve (posztemergens): **(d₁)** korai posztemergens – szögcsíra állapot, 2 leveles kukorica; **(d₂)** hagyományos posztemergens – 3-5 leveles kukorica; **(d₃)** kései posztemergens – 5-7 leveles kukorica.

A *glyphosate* környezetanalitikája és toxikológiája

Székács András

MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály

A *glyphosate* (*N*-foszfonometil-glicin) a legegyszerűbb aminosav, a glicin foszfonált származéka. Szerkezetéből következően ikerionos molekula, vagyis aniont (karboxil, foszfonil) és kationt (amin) képző csoportot egyaránt tartalmaz. Ennek következtében a növényvédő szerek között igen nagy víz- és igen csekély zsírolthatóságú (vízoldhatóság 11,6 mg/ml; $\log P_{ow} < -3,2$, gyakorlatilag oldhatatlan a szerves oldószerekben, így etanolban, acetonban vagy xilolban), alkálifémekkel (nátrium) és aminokkal alkotott sói még vízoldhatóbbak. Gyomirtó hatását 1971-ben írták le, izopropilamin-, nátrium- és ammóniumsójaként a Monsanto 1974 óta forgalmazza, de trimetilszulfóniumsója formájában az ICI Agrochemicals (ma Syngenta) is szabadalmaztatta. A világ egyik legelterjedtebben alkalmazott mezőgazdasági vegyszere, forgalma meghaladja az évi 200 ezer tonnát. Hatásmechanizmusa egyedi, az esszenciális aromás aminosav fenil-alanin (valamint a triptofán és a tirozin) bioszintézisét blokkolja. E folyamat központi intermedierje az 5-enol-piruvil-sikimát-3-foszfát (EPSP), melynek kialakulását az ún. EPSP-szintetáz enzim katalizálja. A *glyphosate* ezen enzim átmenetiállapot-analóg gátlószere. Általános biokémiai hatásmechanizmusa miatt totális és szisztémikus gyomirtó.

A *glyphosate* előnyeként szokás említeni csekély fennmaradó szermaradék-szintjét. Ez azonban valójában inkább környezetanalitikai nehézséget tükröz, mivel a hatóanyagot és bomlástermékét, az amino-metil-foszfoszonsavat (AMPA) – éppen kiemelkedő vízoldhatóságuk miatt – nehéz detektálni.¹⁷ Vízoldhatósága miatt gyorsan megjelenik a talajvízben és a felszíni vizekben. Norvégiai vizsgálatokban például **a *glyphosate* és az AMPA a felszíni vízminták 86-87%-ából került elő** (0,9 µg/l koncentráción vagy alatta).

Kiemelkedő vízoldhatósága ellenére a *glyphosate* megkötődik a talajszemcséken – hiszen a legtöbb fémionnal erős komplexet képez –, ennek következtében talajbeli mobilitása alacsony. Steril talajban lassan bomlik, s az erős talajbeli adszorpció miatt a hosszú távú lebomlási folyamatok nem játszanak szerepet a hatóanyag biológiai hozzáférhetőségében. E perzisztencia nyomán a Monsanto céget 2007-ben jogi eljárásban elmarasztalták és a „biológiailag lebomló” címke eltávolítására kötelezték *glyphosate*-készítményekről.

Akut gerincestoxikológiai megítélése kedvező: patkányokon mért LD₅₀-értéke alapján a nem mérgező kategóriába sorolták. Környezettoxikológiai megítélése azonban nem ilyen kedvező: földigilisztákra erősen toxikus, heveny toxicitású halakon, kételtűeken mutagén, s emellett hormonmoduláns hatással gyanúsított. Sejtbiokémiai vizsgálatokban szteroid-bioszintézis¹⁸ és a sejtosztódás¹⁹ zavaraihoz vezetett. A ROUNDUP készítménnyel érintkező **mezőgazdasági dolgozókon terhességi rendellenességeket tapasztaltak, melynek kivizsgálása során a vegyületet citotoxikusnak találták,**²⁰ s a hatóanyag emberi placentális sejteken mutatott hatását a készítményben alkalmazott formázószerek, így a polietoxilált tallozamin adjuváns szinergens módon fokozták: ez oldódásfokozóként segíti a *glyphosate* átjutását a plazmamembránon, fokozva stabilitását és akkumulálódását a sejtben. A közelmúlt vizsgálatai szerint a *glyphosate* formulált készítményei jóval az alkalmazási szintek alatti koncentrációkon programozott sejthalált váltanak ki több, a magzati fejlődésben jelentős emberi sejtvonalon.

Érdekes adalék, hogy a *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* Cry toxinjaival kezelt talajokban jelentősen megnövekedett a *glyphosate* perzisztenciája, míg e hatást a tisztított CryIAc-toxin nem mutatta.²¹

¹⁷ Székács (2006) 109. old. In: Darvas és Székács (szerk.) (2006) *Mezőgazdasági ökotoxikológia*. L'Harmattan, Budapest

¹⁸ Walsh *et al.* (2000) *Environ. Health Perspect.* **108**: 769-776.

¹⁹ Marc *et al.* (2002) *Chem. Res. Toxicol.* **15**: 326-331.

²⁰ Richards *et al.* (2005) *Environ. Health Perspect.* **113**: 716-720; Benachour *et al.* (2007) *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **53**: 126-133; Benachour & Séralini (2009) *Chem. Res. Toxicol.* **22**: 97-105.

²¹ Accinelli *et al.* (2004) *Agric. Ecosyst. Environ.* **103**: 497-507; Accinelli *et al.* (2006) *J. Agric. Food Chem.* **54**: 164-169.

A glyphosate-maradékok az élelmiszerekben és az ivóvízben

Bardócz Zsuzsa^{a,b} és Puzsai Árpád^a

^aGENÖK, Norvégia; ^bDebreceni Egyetem, AKTC, ÉÉMI

A gyomirtószer-toleráns GM-növények többsége a *glyphosate*-rezisztens. A ROUNDUP-READY-növények bevezetése óta az Egyesült Államok Mezőgazdasági Minisztériumának (USDA) adatai szerint megnőtt a *glyphosate* felhasználása. **Amikor a *glyphosate*-rezisztens növényeket engedélyezték, a szermaradék értékeket világszerte meg kellett emelni, hogy a termékek eladhatók legyenek.**

Eredetileg az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynöksége (EPA) a szermaradék értékeket 1982-ben állapította meg, majd azokat 1997-ben felülvizsgálta. A szemes árpán és zabon 0,1-ről 20 ppm-re, a cirokon 0,1-ről 15-re, a búzán 0,1-ről 5-re, a szójababon 6-ról 20-ra, a szójaszénán 15-ről 200 ppm-re emelve az értékeket. 2001-ben megemelték a kukorica maradékértékét 0,1-ről 1-re. Az EPA szerint a *glyphosate* bomlástermékei, az AMPA és az N-metil-AMPA nem veszélyesebbek, mint a *glyphosate*, ezért ezekre külön ADI, MRL megállapítására nincs szükség. Az analízis munkaigényes és drága, ezért a kormány nem monitorozza az élelmiszerben a *glyphosate*-ot és bomlástermékeit. 2009-ben az EPA újra felülvizsgálja a maradékértékeket. **Az USDA/EPA szerint a gazdák rendszeresen kb. 50%-kal több *glyphosate*-ot használnak.** Állítják, hogy ez csak ~10%-kal növeli meg a terményben a szermaradékot.

A FAO 1986-ban a *glyphosate* ADI-t 0-tól 1 mg/testtömeg kg/nap-ban állapította meg, majd 1997-ben ezt 3 mg/testtömeg kg/nap-ra emelte. 1997-ben a Monsanto az EU-nál elérte, hogy szóján az MRL határértékét 0,1-ről 20 ppm-re emeljék. Hasonló emelést értek el a Codex Alimentarius-nál, és az ausztráliai és új-zélandi hatóságoknál is. Az Egyesült Királyságban a Mezőgazdasági, Élelmezésügyi és Halászati Minisztérium (MAFF) hivatalos adatai szerint mérhető az import szójában *glyphosate* és AMPA, de ez nem jelent kockázatot a vásárlóra nézve. A mért adatokat azonban nem hozzák nyilvánosságra, hasonlóan a szupermarketekhez, akik az adatokat bizalmas üzleti információként kezelik.

Az egyedüli információ a táplálék *glyphosate* kontaminációról független kutató intézetekből származik. Ezekből kiderült, hogy: (i) a *glyphosate*-ot a növény felveszi, és az a növényen belül eloszlik és eljut azokba a részekbe, amelyet táplálékként vagy takarmánnyként használunk; (ii) a búzaborpa 2-4-szer annyi szermaradványt tartalmaz, mint a mag; (iii) a *glyphosate* a sütés alatt sem bomlik le; (iv) egy évvel a permetezés után a növények még mindig jelentős mennyiségű szermaradékot tartalmaznak.

Találtak már *glyphosate*-ot az eperben, málnában és egyéb bogyósokban, fejes salátában, sárgarépában, árpában és halakban is. A csapvíz *glyphosate* tartalmát az Egyesült Államokban 1994-től szabályozzák. 1993 és 1995 között az EPA monitorozta az egyes víztisztító művekből vett mintákat, hogy ellenőrizze előfordul-e 0,6 ppm-nél magasabb koncentráció. Ha a vízben ennél magasabb koncentrációt találnának, akkor azt a vízforrást folyamatosan monitorozni kell. **Jelenleg az Egyesült Államokban a maximális vízszennyeződést 0,7 ppm-ben állapították meg, amely jóval meghaladja a megengedett európai határérték (1 ppb).** Amennyiben a víz *glyphosate* koncentrációja elérné, vagy meghaladná ezt az értéket, a lakosságot a rádió, televízió, és az újságok segítségével értesíteni kell és megfelelő minőségű ivóvizet kell ahhoz biztosítani, hogy megakadályozzák a közegészség súlyos veszélyeztetését.

A glyphosate hatása a talaj hasznos mikroszervezeteire

Biró Borbála

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

A xenobiotikumok, köztük a gyomirtók, a gombaölő szerek és a detergensok hatásának vizsgálata az 1980-as években intenzív kutatási irányt képviselt. Fontos szempont volt azok lebonthatósága, amit például a káposztafélék gyomirtása után azt *aziprotryn*-nál mikrobiálisan lehetett elérni a tarka koronafürt (*Coronilla varia*) gyökérgümőiből izolált nitrogén-kötő *Rhizobium loti* baktériumokkal.²²

A glyphosate gyomirtó szerrel szembeni tolerancia mértékét a Sydney-i Egyetem Nitrogénkötési Csoportjával való együttműködésben tanulmányoztuk. A hatásvizsgálatok a talajok hasznos mikroszervezeteire terjedtek ki, így a nitrogén-kötő *Rhizobium*-, és a növény-növekedést serkentő *fluorescens-putida* típusú *Pseudomonas* baktériumokra. Az ausztráliai talajokból és növényi gyökérből (rhizoplánból) származó, illetve a hazai izolálású 6-6 *Rhizobium* és 2-, valamint 8 *Pseudomonas* törzs glyphosate érzékenységét laboratóriumi körülmények között növekvő 0,1; 1; 10 és 100 ppm ($\mu\text{g/l}$) dózisban teszteltük mikrofermentorban, majd a sejtszaporodás mértékét fotométerrel az optikai denzitás mérésével ($\lambda=560\text{nm}$) hatóanyag nélküli kontrollhoz viszonyítva határoztuk meg. A glyphosate-kezelt talajokból származó, ausztráliai eredetű rhizobiumok egyike sem volt érzékeny a 0,1 ppm koncentrációra, míg a hazaiak közül egy törzs szaporodása 23%-al csökkent. **A gyakorlati adagra, az 1 ppm-re a vizsgált hat hazai törzs közül négy 30-50%-os sejtszám-csökkenéssel reagált.** Az ausztráliai eredetű rhizobiumok ugyanezt a sejtszám-csökkenést csak a gyakorlati adag többszörösénél érték el, és a 6 törzs közül a 100 ppm glyphosate hatása a hazai négy törzsszel szemben is csak kettőnél következett be. A glyphosate alkalmazásával a szernak korábban kitett, **adaptált baktériumok 100-szoros koncentrációval szemben szenvedték el ugyanazt a szaporodás gátló hatást, mint a hazai, nem glyphosate-kezelt talajból származó társaik.**²³ A *Pseudomonas* baktériumok között ilyen, a kétféle származású csoport közötti eltérést ugyanakkor nem tapasztaltunk. A *Pseudomonas*-ok kevésbé érzékeny mikroba-csoportot képviseltek más gyomirtó, vagy gombaölő szerekkel és számos antibiotikummal szemben is.²⁴

A környezeti adaptáció vagy tolerancia mikroba valamint kitettség (dózis és idő) függő sajátosság. A mikrobacsoportok közötti érzékenységi különbségek miatt **megváltozhat a talajok mikrobiális közösségeinek a struktúrája**, összetétele is.²⁵ A környezeti adaptáció során a rövid és tartós kitettségeknél az alkalmazási dózis nagysága is kritikus tényező. Ugyanannak a cink mennyiségnek a 16 évi gyakorlati lassú és fokozatos adagolásával a tolerancia nőtt, a rövidebb idejű gyors és hirtelen kitettségre pedig az erős érzékenyítődés következett be ugyancsak *Rhizobium (R. leguminosarum* bv. *viceae*) baktériumoknál.²⁶ Az alkalmazási dózisok megnövelése ezért, mint erősebb szelekciós tényező óvatosan kezelendő.

²² Jozepovits et al. (1980) *Rhizobium Newsletter* **25**: 151-152.

²³ Biró et al. (2000) *Acta Microbiol. Immunol. Hung.* **47**: 296-297.

²⁴ Jevcsák et al. (2000) *Acta Microbiol. Immunol. Hung.* **47**: 307-308.

²⁵ Angerer & Biró (2007) *Cereal Res. Comm.* **35**: 181-185.

²⁶ Biró et al. (2007) *Cereal Res. Comm.* **35**: 261-265.

Adalékok a genetikailag módosított növények okozta környezeti kockázatokhoz

Varga Zoltán

Debreceni Egyetem, Természettudományi Kar, Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék

Napjainkban az egyik legjelentősebb gond az invázív fajok térhódítása. Ám nemcsak az idegen fajok, hanem a fokozott ökológiai tűrőképességet biztosító gének terjedése is jelentkezik, amelyek a GM-növényekből kiszökve nehezen leküzdhető gyomok megjelenéséhez vezethetnek. Irodalmi adat bizonyítja, hogy ez a veszély nagyon is reális, és leküzdése sokszorosan felülmúlhatja az így nemesített fajták termesztéséből várható hasznot.

A génmegszökéseket különösen a növények két fő csoportjában észlelték eddig. Az egyik csoport a genetikailag módosított pászitfüveké, ahol *Agrobacterium* közvetítéssel több pászitfüfélébe (*Agrostis palustris*, *A. stolonifera*, *A. mongolica*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis*)²⁷ sikerült olyan géneket átvinni (pl. *Arabidopsis* ABF3), amelyek jelentősen fokozták ezen célfajok szárazság- és sótűrését. Ha arra gondolunk, hogy Magyarország természetvédelmi és NATURA 2000-es területeinek az európai átlagnál jóval nagyobb hányadát alkotják a gyeptársulások, közöttük számos, az Élőhelyvédelmi Irányelv szerint *prioritási* társulás, éles kérdéssé válik, **vajon „kiszöknek-e” a szárazságtűrést, sőtűrést biztosító gének az őshonos pászitfüveinkbe?** Reális annak a kockázata, hogy ily módon a korábbiaknál is veszélyesebb invázív növényeket hozunk létre, amelyek a legértékesebb pannon gyepekbe behatolva kiszorítják onnan a gyöngye kompetítor őshonos flóraelemeket!

A másik csoportot azok a kultúrnövények képezik, amelyeket *glyphosate*-rezisztenciára (GR) módosítottak. Egyre nagyobb számú olyan gyomfajról tudunk, amelyekben *glyphosate*-rezisztencia alakult ki. **A legnagyobb kockázata annak van, hogy a GR-növényekből introgresszió történik a vadonélő rokon fajokba,**²⁸ és ezáltal súlyos problémákat okoznak a természetes életközösségekben.²⁹

A lehetséges környezeti kockázatok és monitorozásukat elemzi Marquardt és Durka.³⁰ Itt kiemelten kell a hazai helyzet sajátosságaira utalnom, hiszen nálunk a betyárkóró (*Conyza canadensis*), és még inkább a parlagfű (*Ambrosia elatior*) a legszélesebb körben elterjedt özönnövényeink közé tartozik. Ezen kívül **komolyan számolni kell a GM-olajrepcének és a belőle a vadon élő Crucifera populációkba kiszökő géneknek a gyomosító hatásával.**³¹ Nem elhanyagolható a GM-cukorrépa jelentősége sem.³² A mérsékelt szelekciós előnnyel bíró transzgenek terjedése még akkor is gyors lehet, ha a természet és a vadonélő növény hibridizációja viszonylag ritka. Mivel az egyedi fitness és az invázió a helyi körülményektől függően erősen változó lehet, ezért a kockázatokat becslő vizsgálatokat kellő számban meg kell ismételni, hiszen csak igen korlátozott mértékben lehet általánosítani.

²⁷ Gardner et al. (2004) *Weed Technol* **18**: 773-778; Watrud et al. (2004) *PNAS* **101**: 14533-14538; Aswath et al. (2005) *Plant Growth Regulation* **47**: 129-139; Bajaj et al. (2005) *Plant Cell Rep* **25**: 651-659; Fu et al. (2006) *Plant Science* **170**: 225-237; Hu et al. (2006) *Biotechnol Lett* **28**: 1793-1804; Vanjildorj et al. (2006) *Plant Cell Tiss Organ Cult* **87**: 109-120.

²⁸ Pilson & Prendeville (2004) *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **35**: 149-74.

²⁹ Cerdeira & Duke (2006) *Environ. Qual.* **35**: 1633-1658; Zelaya et al. (2007) *Amer J Botany* **94**: 660-673; Dlugosh & Whitton (2008) *Mol Ecol* **17**: 1167-1169.

³⁰ Marquardt & Durka (2002) *Auswirkungen des Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen auf Umwelt und Gesundheit: Potentielle Schäden und Monitoring*. Leipzig, pp. 207.

³¹ Warwick et al. (2003) *Theor Appl Genetics* **107**: 528-539; Warwick et al. (2008) *Mol Ecol.* **17**: 1387-1395; Elling et al. (2008) *5th European Conference of Biological Invasions*, Abstracts, p. 3_5.

³² Darvas (1997) *A genetikailag módosított élıszervezetek kibocsátásának környezeti kockázatai*. FFB, Budapest; Bartsch et al. (2003) *Environ. Biosafety Res.* **2**: 105-115; Nováková et al. (2008) *5th European Conference of Biological Invasions*, p. 2_42.

Glyphosate-rezisztens kultúrnövények és glyphosate-rezisztens gyomok

Darvas Béla

MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály

A glyphosate hatóanyagú totális gyomirtó szerek 1970-ben jelentek meg az Egyesült Államok gyakorlatában. Hazánkban a hetvenes évek végén terjedtek el. Ismert volt, hogy néhány gyomnövény tűrőképessége eredendően magas, ilyenek pl. a fehér libatop (*Chenopodium album*), a selyemmályva (*Abutilon theophrasti*) és a bojtortjanszerbtövis (*Xanthium strumarium*).

A glyphosate elviselésére kétféle GM-stratégiát használtak. **A hatóanyag célhelyének érzéketlenebbre való cseréje, továbbá olyan lebontó enzim termeltetése, ami az eredeti vegyület kevésbé fitotoxikus változatát állítja elő.** A glyphosate-tűrő növények egy csoportja mutáns *epsps* gént tartalmaz, amelyről készülő célenzimhez kevésbé tud a glyphosate kapcsolódni. A gén lehet bakteriális (*cp4-epsps* – DLF-0515, KM-71, MON 603, MON 88017, MON 73, MON 4032, MON 98788) és kukorica eredetű (*m-epsps* – MON 21). A mutáns *epsps* gént tartalmazó növényben glyphosate jelenik meg, hiszen a GM-növény károsodás nélkül elviseli. A metabolizáló enzim szerint kétféle megoldás ismert, az egyik *gox*- (AMPA, glioxalát – MON 73), a másik *gat*- (N-acetil-glyphosate – DP-98140, DP-356043) génfüggő. Ilyenkor szermaradéként a bomlástermékére számíthatunk. Az európai engedélyezésbe glyphosate-tűrő cukorrépa (DLF-0515, KM-71), kukorica (DP-98140, MON 603, MON 21, MON 88017), olajrepece (MON 73) és szója (DP-356043, MON 4032, MON 89788) került be.

A gyomirtás életközösség-szegényítő hatása ismert. A növényi közösség fajgazdagságának csökkentése maga után vonja a növényevők és azokon/azokban fejlődő állati szervezetek eltűnését a területről. A kultúr- és gyomnövények, továbbá a mezővédő erdősávok növényevő rovarain élő szabályzók (predátorok és parazitoidok) megosztása (gazdahálózat) rendkívüli fontosságú a természetes szabályozás szempontjából.³³

A glyphosate-rezisztens (**GR**) *Lolium rigidum* populáció megjelenését 1996-ban jegyezték fel az Egyesült Államokban. Hamarosan követte ezt 1997-ben az aszályfű (*Eleusine indica*) **GR** Malajföldön. Az **RR**-növények (ROUNDUP READY-tűrő, hatóanyaga glyphosate) megjelenése a glyphosate kiterjedtebb alkalmazását tette lehetővé, hiszen így a posztemergens (kultúrnövény kelése utáni) kezelés is végrehajthatóvá vált. Ezt követően több gyomnövény **GR**-populációja jelent meg, így 2000-ben a **betyárfű** (*Coryza canadensis*), 2003-ban a *Coryza bonariensis* (Spanyolországban), a nagy útifű (*Plantago major*) és lándzsás útifű (*Plantago lanceolata* Dél-Afrikában), 2004-ben az **olaszperje** (*Lolium multiflorum*), az **ürömlevelű parlagfű** (*Ambrosia artemisifolia*) és az *Ambrosia trifida*, 2005-ben az *Amaranthus rudis*, az *Amaranthus palmeri*, a **fenyércirok** (*Sorghum halepense* Argentínában) és az *Euphorbia heterophylla* (Brazíliában).

Az **RR**-szójjával járó megnövekedett glyphosate-használat 2000 után érte el azt a szelekciós nyomást, amelynek tulajdonítják a **GR**-gyomok előfordulását. **A GR-népességek glyphosate-tűrő képessége 8-15-szöröse is lehet.**³⁴ Tartós glyphosate használat után az erre szelektálódó fajok populációinak 10-50%-a is a **GR**-csoportba tartozhat.³⁵ A **GR**-népesség vizsgálata során kezdetben azt találták, hogy a glyphosate-tűrés oka a célenzim génjének (*epsps*) mutációja, amely így gyöngébb eréllyel kapcsolódik a hatóanyaghoz. Később a glyphosate csökkent transzlokációjára is felfigyeltek, illetve a sejtekben való maradás esélye is alacsonyabbá vált.³⁶ **A világszerte feljegyzett 13 GR-populációval bíró gyomnövényfaj közül hét Magyarországon is él.** Monitorozásuk szükségessé vált.

³³ Darvas et al. (1999) *J. Nat. Hist.* **33**: 1089-1105.

³⁴ Jasienuk et al (2009) *Weed Science* **56**: 496-502.

³⁵ Westhoben et al. (2008) *Weed Technol.* **22**: 544-548.

³⁶ Shaner (2009) *Weed Science* **57**: 118-123.

Cry-toxinrezisztencia

Lauber Éva¹, Bánáti Hajnalka² és Takács Eszter¹

¹MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, ²ELTE Természettudományi Kar

A *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) rovarpatogén baktérium a sporuláció során kristályokat képez, melyek a baktériumsejt citoplazmájában parasporális testet alkotnak. A kristályok a rovarok tápcsatornájában lúgos körülmények között Cry-protoxinná oldódnak, majd a rovarok emésztőenzimeit által Cry-toxinná aktiválódnak. Ezek kötődnek azután az érzékeny rovarok bélrendszerében található receptoraikhoz, és megzavarják a sejt ionszatornáinak működését. Az állat felhagyja a táplálkozással, a bél perisztaltikája leáll. A képződött mikrosérüléseken keresztül az állat testürege elfertőződik, végül szepszisben elpusztul. A Cry-toxinok szelektivitása rendszintű: a Cry1 lepkefélék, a Cry2 lepkefélék és kétszárnyúak, a Cry3 bogárfélék, a Cry4 kétszárnyúak lárváin fejtik ki hatásukat.

Cry-toxinrezisztencia rovarokban a toxin hatásmechanizmusának lépései szerint több úton is kialakulhat. Az emésztőenzimek tekintetében – amennyiben protoxinról van szó, mint például természetes törzset tartalmazó *Bt*-készítmény esetében –, azok összetételének illetve aktivitásának változása révén a rezisztens állatokban lassul a bekerülő protoxin aktiválása, illetve az aktivált toxin lebontása hatékonyabbá válik. A *Bt*-növények az aktivált toxinhoz hasonló toxint termelnek, így velük szemben elegendő a második folyamat, az aktivált toxin hatékonyabb degradációjának kialakulása. A rovarbélben található *specifikus* receptorhelyek számának illetve érzékenységének csökkenésével az aktív toxin kötődése csökken. Az alkalmazkodó, indukált detoxifikációs folyamatok az aktív toxin elbontását valósítják meg. Hatékonyabb sebregeneráció a bélhám mikrosebzéseinek gyógyulását teszi lehetővé. Az egyes változások – különféle kombinációkban – együttesen eredményezik az állatok ellenálló képességének nagymértékű növekedését.³⁷

Bt-készítményeket régóta használnak a növényvédelemben. Előnyös tulajdonságuk, hogy a természetes baktérium törzsek általában 4-12 toxintípust termelnek protoxin formájában, így ezek emésztése, feldolgozása igen komplex folyamat, s a velük szemben kialakuló rovar tolerancia lassabb. Azonban a *Bt*-készítmények intenzív használata során ennek ellenére kiszélelték a rezisztens rovarpopulációkat.³⁸

A *Bt*-növényekkel szembeni rezisztencia kialakulásának esélyét számos tényező növeli: **(i) A *Bt*-növények egy kártevővel szemben egyféle toxint termelnek;** **(ii)** A módosítás során a genomba a *cry*-gén csonkított formáját ültetik, miáltal a *Bt*-növények a védekezésükre szolgáló ágenszt **az aktív toxinhoz hasonló, kurtított formában** termelik; **(iii)** Korábban a természetben kialakuló *Bt*-rezisztencia recesszív öröklődését feltételezték, azonban az egyes fajok, populációk vizsgálatai számos esetben a domináns felé hajló, köztes eredményt hoztak. Ez azért különösen fontos, mert a fajtulajdonosok által a rezisztencia kialakulását és elterjedését megelőzni kívánó stratégia (a vetési terület 10-20%-ának fogékony fajtákkal való bevetése) egyik alappillére ez. A **magas dózis/menedék** stratégia feltételezi a menedék toxinmentességét (ez által érzékeny egyedek fennmaradását) és a *Bt*-rezisztencia recesszív öröklődését (azaz az érzékeny-rezisztens heterozigóta rovarok toxin-érzékenységét). Mára mindkét feltétel megdőlt. A menedékként vetett szegélyszáv hibridizáció útján Cry-toxinnal szennyeződhet,³⁹ illetve **a *Bt*-rezisztencia nem feltétlenül recesszíven öröklődik;**⁴⁰ **(iv)** További érzékeny pont **a *Bt*-növény által termelt toxin mennyisége**, mely csak bizonyos szint felett okozza a kártevők megfelelő mértékű mortalitását – vö. szubletális dózis/szelekciós

³⁷ Darvas és Lauber (2007) 64-66. old. In. Darvas szerk. *Mezőgazdasági géntechnológia*. MOMB, Budapest

³⁸ Tabashnik *et al.* (1990) *J. Econ. Entomol.* **83**: 1671; Tang *et al.* (1997) *J. Econ. Entomol.* **90**: 732.

³⁹ Székács és Darvas (2007) 27-30 old. In. Darvas szerk. *Mezőgazdasági géntechnológia*. MOMB, Budapest

⁴⁰ Huang *et al.* (1999) *Science* **284**: 965; Sayyed *et al.* (2000) *Appl. Environ. Microbiol.* **66**: 1509.

nyomás –, különösen azon heterozigóták között, amelyekben a rezisztencia nem recesszíven öröklődik. A *Bt*-növényekkel végzett laboratóriumi és szabadföldi vizsgálatok több faj esetén rámutattak arra, hogy **a kártevő lárvák akár 35%-a képes *Bt*-növényen táplálkozva imágóvá fejlődni;**⁴¹ (v) A rezisztenssé váló egyedek a szelektálás során *Bt*-toxin tartalmú táplálékon **hosszabb ideig fejlődnek, mint az érzékeny egyedek toxinmentesen**, ami a két csoport szaporodását időben teljesen elkülönítheti, a remélt hibridizáció nélkül.

Mindezek együttesen megsokszorozzák a Cry-toxinrezisztencia kialakulásának esélyét. További problémát jelent, hogy valamely Cry-toxinnal szemben ellenállóvá vált rovarpopulációban **könnyebben alakul ki keresztrezisztencia** más Cry-toxinokkal szemben is. Ez megnehezíti a Cry-rezisztencia kezelésében egyéb toxinokat tartalmazó *Bt* alapú növényvédelmi technológiák használatát.

2001-ben alapított, több mint 70 generáció óta fenntartott, DK-440 BTY (*MON 810*) kukoricalevél-örleménnyel szelektált aszalványmoly törzsünkön vizsgáljuk a rezisztencia kialakulását illetve az annak hátterében álló folyamatokat.⁴² Az állatok nem csak a kurtított Cry1Ab-toxinhoz, hanem a kukoricalevél allelokemikáliáihoz is alkalmazkodtak. Ezek közül a táplálkozást gátló hatású *DIMBOA* a legismertebb. A 4. generáció toleránsabbá, **a 10. generáció közel rezisztenssé vált a *Bt*-kukorica levélörleményével szemben**. A 20. nemzedékben nem mutatkozott eltérés a rezisztens és az érzékeny állatok között a túlélés, a fejlődési idő és a báltömeg tekintetében. A 30. nemzedékben rezisztens törzsünk közel négyszer érzéketlenebbnek mutatkozott az öt protoxint tartalmazó *DIPEL*-lel szemben, mint az érzékeny, ami **keresztrezisztenciára utal**. A rezisztencia az esetben is fennmaradt, ha tíz generációra felfüggesztettük a szelekciót, tehát **öröklődő természetű**. A rezisztens vonal a citokrom P-450 detoxifikációs enzimmészletet gátló **verbutin hatóanyagra érzékenységet** mutat. Proteinázgátlókat tartalmazó növényi örleményekkel végzett vizsgálatainkban rezisztens aszalványmoly esetében figyelemreméltó hatásokat találtunk, ami a **Cry-protoxin csökkent aktiválódására** utal.

Eddigi eredményeink alapján megállapítható: (a) A *Bt*-kukoricafajták hatásosságának gyors csökkenésére lehet számítani. Körülbelül tíz nemzedékre becsülhető a rezisztens törzsek kialakulása, amennyiben a technológia meghatározóvá válik, és a rezisztencia elkerülésére nincsenek megfelelő megoldások; (b) A rezisztencia öröklődő természetű; (c) A kialakuló rezisztencia kiterjed a *DIPEL*-re is.

Üvegházi vizsgálatok során **kukoricabogárban igen gyorsan, három nemzedék alatt kialakult *Bt*-kukoricával (*MON 863*, ~*Cry3Bb1*-toxin) szemben rezisztencia**.⁴³ A rezisztencia a szelekció felfüggesztésével fennmaradt, és nem-recesszív, köztes öröklődést mutatott.

Véleményünk szerint szükséges a Cry-rezisztencia elkerülésére vonatkozó okszerű és hatékony gyakorlati stratégiák kidolgozása.

⁴¹ Eizaguirre et al. (2005) *J. Econ. Entomol.* **98**: 464; Storer et al. (2001) *J. Econ. Entomol.* **94**: 1268; Wu et al. (2007) *J. Econ. Entomol.* **100**: 1880; Meihls et al. (2008) *Proc. Natl. Acad. Sci.* **105**: 19177.

⁴² Darvas és mtsi (2005) *Abs. 51. Növényvédelmi Tudományos Napok*. 9. old.; Darvas és mtsi (2006) *Abs. 52. Növényvédelmi Tudományos Napok*. 37. old.; Lauber és mtsi (2009) *Abs. 55. Növényvédelmi Tudományos Napok*. 20. old.

⁴³ Meihls et al. (2008) *Proc. Natl. Acad. Sci.* **105**: 19177.

Az Országgyűlés Mezőgazdasági Bizottságának tájékoztatása az elsőgenerációs GM-növények jelenlegi megítéléséről⁴⁴

Darvas Béla

a GMO-Kerekasztal ülésvezetője és a Géntechnológiai Eljárásokat Véleményező Bizottság (GEVB) tagja⁴⁵

Az elsőgenerációs GM-növények egy nagyobb csoportja enzimet termel, amitől ellenállóvá válik egy totális gyomirtó szerre (*glyphosate* esetleg *glufosinate*), így azt akár repülőgépről is lehet szórní. E fejlesztés azonban semmi eddig megoldottat nem halad meg, csak az eredetileg több hatóanyaggal és szakértelemmel megoldható gyomirtást most egy vízszennyező hatóanyaghoz, a *glyphosate*-hoz köti. A *glyphosate* generikus hatóanyag, viszont ezen az úton egy szabadalmaztatott fajtával a kapcsolatos haszon megnövelhető. A fajtatulajdonos azt mondja: kevesebb permetszert kell használni, azonban ez nem fedí a valóságot, mert a gyomok nem egyszerűen csíráznak. További probléma, hogy Magyarország növényvédelmi repülőgépparkja súlyosan amortizálódott, s tudomásom szerint nincs vállalkozói csoport, amely erre a területre invesztálna. Az alkalmazási előny – nagy terület gyors kezelése – tehát hazánkban nem realizálható. A hatóanyag-rezisztens gyomnépesség kiszelektálódása jelentős, például a *glyphosate*-ra a betyárkóró mutat ilyen képességet.

Az elsőgenerációs GM-növények egy kisebb csoportja egy rovarpatogén baktérium (*Bacillus thuringiensis*) toxinját termeli. Mérések szerint a permetezhető toxinmennyiség sokszorosát termeli meg a Bt-növények. ***A Cry-toxin a növényi sejtekben termelődik, azt tehát kénytelenek vagyunk megenni.*** Ráadásul csak akkor bomlik le a természetben, ha a hordozó növényi sejt is felbomlik, azaz hosszabb ideig a környezetünkben marad. Kukoricatárln a következő évben még az előző évi gyökérnyaki maradványok jelentős előfordulásúak. Az idegen beporzású növények megporozhatják egymást, így a transzgen szétterjed a fajban. ***Elsősorban az ökológiai termelők nem szeretnék ilyen nem kívánt utódnövényeket termesztetni, mert minőségellenőrzési rendszerük kizárja a GM-fajtákat.*** A Bt-növények pollenjében is megjelenik a Cry1-toxin és veszélyeztetheti az érzékeny védett lepkék hernyóit. Így bizonyosan a nappali pávaszemet, amely élőhelyeit a természetvédelmi törvény védi. A Cry-toxinokra hamar alakul ki rezisztencia, bár az lassan stabilizálódik. Az ilyen GM-fajtáknak tehát ***lejárati idejük van, felhasználhatósági idejük limitált.***

A fogyasztót leginkább az érdekli, hogy számára mit jelentene, ha ilyen növényekből készült élelmiszereket vásárolna. Ezen a területen a táplálkozástudományban járatos Bardócz Zsuzsa és Pusztai Árpád professzorok véleményeire támaszkodok. 2007-ben egy Monsanto tulajdonú kukoricabogár-rezisztens fajta, a *MON 863*, a gyáriak szerint titkosan kezelt gyári dokumentációját tették hozzáférhetővé a német dokumentációvizsgálók. A dokumentáció egy három hónapig patkányokkal folytatott kísérlet eredményeit tartalmazta. Az alapadatokat a francia Seralini professzor és munkatársai vették vizsgálat alá és azt állapították meg, hogy a dokumentációban található élettani adatok mintegy 8%-a eltért a normális értéktől. A hímeken vese-, a nőstényeken a májelhváltozást tapasztaltak.⁴⁶ A hímek esetében gyanítható, hogy a ketreces tartási körülményei nem voltak optimálisak, azonban ***a nőstények májkárosulása miatt a gyanú a kukoricabogár-ellenes hatást kiváltó Cry3-toxinra terelődött.*** Ugyanebben az évben váltak nyilvánossá az orosz Ermakova és munkatársainak, egy ugyancsak Monsanto tulajdonú gyomirtószer-rezisztens (*MON 40-3-2*; *glyphosate*-tűrő) szójával végzett kísérleti eredményei.⁴⁷ Ebben ***a Roundup Ready-szójával táplált nőstény patkányok utódainak fele elpusztult a szoptatás első három hetében és a túlélők fejlődése súlyosan visszamaradt.*** Már

⁴⁴ Elhangzott az Országgyűlés Mezőgazdasági Bizottságának ülésén 2008. december 10 – <http://www.parlament.hu/biz38/bizjvk38/MB/0812101.htm>

⁴⁵ 2009. január 28-tól elnöke

⁴⁶ Bardócz és Pusztai (2007) – <http://www.vedegylet.hu/doc/GMkerekasztal12.pdf> 12. oldal

⁴⁷ Pusztai és Bardócz (2007) – <http://www.vedegylet.hu/doc/GMkerekasztal13.pdf> 7. oldal

2008-ban tették elérhetővé eredményeiket az osztrák Velimirov és munkatársai, akik egerekkel végeztek vizsgálatokat. A kísérletekhez egy Monsanto tulajdonú többszörösen módosított kukoricahibridet (*MON 810 x NK603*) használtak fel, amely részben kukoricamoly- (Cry1-toxin), részben gyomirtószer-ellenálló (*glyphosate*) volt. ***Az első generációban a negyedik vemhességig emelkedett a meddők aránya, míg a megszülető és életben marad utódok száma a negyedik vemhességben háromnegyedére csökkent.***⁴⁸

Az ügyek hatalmas és dramatizált sajtóvisszhangot kaptak, amelyben pro- és kontraérvek hangzottak el. Az azonban ***bizonyos, hogy a Monsanto a saját kereskedelmi érdekében nem kerülheti meg a jövőben a nyilvánosság előtt végzett táplálkozástani tanulmányokat,*** és hogy az Európai Élelmiszerbiztonsági Hivatal (*EFSA* GMO Panel) – amely eddig egyetlen független vizsgáló eredményeit sem találta meggyőzőnek – neve mellé kérdőjel kerül, ami a hozzáértését és a szelektív hiszékenységét illeti.

A környezeti és táplálkozástani kritikák mellett a közgazdasági okokról beszélünk a legkevesebbet, bár ezek állami szinten döntőek. A GM-növények elkülönített termesztése súlyos közterhet ró a vetést engedélyező országra. Engedélyezési és ellenőrzési hivatalokat kell működtetni. A GM-terményt elkülönítve kell szállítani és raktározni. Értékesítésnél a terméket speciális műszeres vizsgálat alapján minősíteni kell. Tehát létre kell hozni egy most mintaként 30-60000 forintért mérő laborhálózatot. ***Mindez lehetetlen helyzetbe hozza az ökológiai termesztőket, az ország elveszíti a vetőmag-termeltetőinek a GM-fajra eső részét, a hazai növénynevelők a GM-növények szabadalmi miatt bedolgozókká válnak. Mindeközben a gazdák vetőmag-szerződéseikkel a fajtatulajdonossal kiszolgáltatott helyzetbe kerülnek, míg a fogyasztó ugyanazért a minőségért – az ellenőrzési költségek miatt – többet fog fizetni.*** Jelenleg ezzel szemben az sorolható fel, hogy két kártevő ellen védett lehet a kukoricánk és a szakértelmet nélkülöző gazdák számára egy totális gyomirtóval is elvégezhető a kukorica-gyomirtása. A reklámszövegekkel ellentétben nincs jelentős terméshozadék, az 0-10% közé esik a hazai vizsgálatok szerint is, azaz esetleges.

Nem kerülhető meg egy ilyen beszámoló kapcsán az a kérdés, hogy milyen a GM-vita hangvétele, hogy az a jog által megengedett keretek között marad-e. Hazánkban a GMO-Kerekasztal igyekezett a legszélesebb körű részvétellel az érdekegyeztetésre. Ezen a körön a GM-fajtatulajdonosok, a GM-növények fejlesztői és a MOSZ önszántából kívül maradt.⁴⁹ E csoportosulás érdekeit a Barabás Zoltán Biotechnológiai Egyesület (BZBE) képviseli legharsányabban. Elnöke Dudits Dénes az MTA egyik alelnöke. A jelenlegi helyzetet a BZBE lejárato hangvétele jellemzi.⁵⁰ Mindeközben a hazánkban GM-fajtákat elterjeszteni kívánó nemzetközi vállalatok (Monsanto és Pioneer) a független környezettudományi vizsgálatokhoz nem biztosítanak vetőmagot, így akarják Magyarországra az EU közös határozatait rákényszeríteni. A Pioneer beperelte az FVM-et, azzal hogy az négy éve kiadott egy kísérleti kibocsátásról szóló határozatot, amelyről nem volt tudomása. Ezt azonban nem tudta eddig bizonyítani. Személy szerint engem az MTA Mezőgazdasági Biotechnológiai Bizottságának egy tagja perelt be. A vita onnan fajult idáig, hogy elképzelése szerint a hazai GMO-ellenes mozgalom vezetője vagyok. A vádló az első tárgyaláson maradéktalanul visszavonta a tarthatatlan vádjait.

A fentiek alapján az alábbi felelős megállapítások tehetők: ***(i)*** A magyar hatósági szabályozás jó úton jár a meghirdetett *MON 810*-es moratóriummal. Az tanácsolható, hogy ***független táplálkozástani és környezettudományi vizsgálatok nélkül ne engedélyezzen az ország vetésre további elsőgenerációs GM-növényeket sem;*** ***(ii)*** A magyar országgyűlés ***törvényi úton biztosítsa a hazai független vizsgálatokhoz azt, hogy a fajtatulajdonos vetőmagot biztosítson.*** Ellenkező esetben állítsa le a hazai engedélyezési folyamatot és az EU felé jelentse be, hogy a Pannon Biogeográfiai Régióba végzett vizsgálatok nélkül a GM-fajtat nem veszi fel a fajtajegyzékére; ***(iii)*** Az Országgyűlés vizsgálja felül, hogy miért nem jött létre az Egészségügyi Géntechnológiai Hatóság (EGT), amelynek ***a táplálkozástani területén felelős véleményét kellene mondani.***⁵¹

⁴⁸ Bardócz és Pusztai (2008) – <http://www.greenfo.hu/upload/GM-kerekasztal19.pdf> 24-25. oldalak

⁴⁹ A GOSZ napjainkban csatlakozott ehhez az érdekszövetséghez.

⁵⁰ Ángyán és mtsi (2008) – <http://www.greenfo.hu/upload/GM-kerekasztal19.pdf> 18-19. oldalak

⁵¹ Az EGT időközben megalakult, szakmai háttere azonban a meghatározóan agrárügyekre szakosodott GEVB.

Állásfoglalások margójára

Balla László

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Genetika és Biotechnológiai Intézet, Gödöllő⁵²

A szóban forgó, a magyar kormányzati munkát minősítő állásfoglalások az elmúlt hetekben három verzióban is napvilágot láttak. Az első egy sajtóközlemény-tervezet volt,⁵³ amelyet a Magyar Növénynevelők Egyesülete (MNE) és a Vetőmag Szövetség Szakmaközi Szervezet és Terméktanács (VSZT) nem írt alá, ezért levették a napirendről. A második verzió a Mezőgazdasági Szövetkezők és Termelők Országos Szövetsége (MOSZ), a Gabonatermesztők Országos Szövetsége (GOSZ), a Pannon Növény Biotechnológia Egyesület (PNBE) és a Barabás Zoltán Biotechnológiai Egyesület (BZBE) vezetőinek aláírásával megjelent a *BZBE Hírlevélben*.⁵⁴ A harmadik verzió az EP képviselőkhez intézett email volt, amelyet Dudits Dénes a BZBE elnökéként írt alá, azzal a javaslattal, hogy ne fogadják el magyar moratórium indokait.⁵⁵

Nehéz egyetérteni az alkalmazott módszerrel, mert nem vezethet célhoz, legfeljebb az állásfoglalók kompromittálódásához és ***a Magyar Országgyűlés lejáratáshoz lévén, hogy e testület 53/2006-os (XI. 29.) határozatában egyértelműen megfogalmazta a MON 810-es moratóriummal kapcsolatos véleményét.*** Mi sem jellemzőbb, mint hogy az utolsó akcióra is válaszul a Magyar Köztársaság elnöke felhívással fordult a másik 26 ország államfőjéhez, kérve azokat, hogy segítsenek megőrizni a magyar moratóriumot, mert elfogadhatatlan, hogy a magyar mezőgazdaságra olyasmit erőltessenek rá, amit az nem akar. Nehéz egyetérteni az állásfoglalások tartalmával is, mert azok szakmailag sem állják meg a helyüket. A négy leggyakrabban módosított növényfajból (gyapot, kukorica, olajrepcse, szója) Magyarország a kukoricában érdekelt lehetne, ha a kukoricamoly komoly kártevő lenne. A kukoricabogár kártételéről kiderült, hogy vetésváltással kivédhető. A fokozott gyomirtószer-használat pedig drágasága mellett fokozza a környezeti terhelést; a *glyphosate* pl. vízszennyező. ***A magyar kukoricatermesztés tehát eredményesebben és olcsóbban folytatható GM-hibridek nélkül.*** Nem hagyható figyelmen kívül az sem, hogy mi a kukoricatermésünk háromnegyedét exportáljuk, de külföldön eladni csak GMO-mentes termést lehet. A GMO-mentes státuszunkat elveszíteni is csak egyszer lehet, az már vissza nem fordítható. ***Nem tudok egyetérteni azzal sem, hogy növényi géntechnológus az EP képviselőihez írt levelében a magyar tudomány, a magyar növénynevelők és a magyar mezőgazdaság nevében lép fel.*** Kifogásolhatónak tartom azt is, hogy becsmérli azokat a felelősen gondolkodó szakembereket, akik a magyar mezőgazdaság jól felfogott érdekében lépnek fel. Különösnek tartom azt a fenyegetést, hogy „... *a biotechnológiában érdekelt vállalatok, kutatóintézetek kísérleti munkáikat teljes egészében áthelyezik a szomszédos uniós tagállamokba...*”. Ezáltal létrejöhet olyan helyzet, hogy a magyar állam pénzén, a szomszédos országokban állítanak elő magyar GM-kukoricát?

A magam részéről azonosulok az MTA Növénynevelési Bizottsága és az MNE február 20-ai közös ülésén hozott határozatával, valamint a VSZT érvényes álláspontjával, akik nem írták alá az eddigi referendumokat a GM-növények támogatásával kapcsolatban. Ugyanakkor sajnálom, hogy Dudits Dénes *nem áll szóba* a vele egyet nem értőkkel, és nem tudja korrigálni szakmai tévedéseit.

⁵² az MNE tiszteletbeli elnöke, az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézetének (Martonvásár) volt igazgatója

⁵³ MOSZ, GOSZ, VSZT, MNE, PNBE és BZNE (2008) Sajtóközlemény (tervezet)

⁵⁴ Horváth Gábor – MOSZ, Vancsura József – GOSZ, Balázs Ervin – PNBE és Dudits Dénes – BZBE (2009) *BZBE Hírlevél* 4 (12): 1.

⁵⁵ A cáfolat közvetlen célzottja Hegyi Gyula képviselő volt, aki az EP képviselők figyelmét az *EFSA* eljárásához tartozó magyar hivatalos véleményre hívta fel.

Tudósítás a *Haszon Agrár* magazin „*Génmódosítás. Áldás vagy átok*” címmel szerkesztett tematikus számáról

Inczédy Péter
ex-BVM

A hirdetési mezőgazdasági magazinok sorában immár harmadik évfolyamába lépett *Haszon Agrár* című lap már a címlapon figyelemfelkeltő kérdéssel jelezte, hogy január–februári számában a GMO kérdést választotta kiemelt témának, miszerint „*Génmanipuláció. Ez a harc már a végső?*”

A tematikus szám hat önálló cikkben foglalta össze a fogyasztók elfogulatlan tájékoztatásának ígéretével és igényével a GMO kérdésben kialakult vitát. A felvezetésben ugyan az átlagember szemszögére való hivatkozással érzelmi-értelmi beállítottságúnak határozta meg a GMO vitában állást foglalók véleményét.

A tárgyilagos és kiegyensúlyozott tájékoztatás újságírói követelménynek megfelelés szándékával összeállított írás Gönczi Krisztina főszerkesztő és Szabó Attila munkája. Néhány alcím is jól jellemzi ezt: *Idegen gének már 20 éve, Megakísérlet – emberen*, majd *Világhódító GM-növények, Törtetlen a trend* (mármint a GM-növények vetőmag-eladási mennyiségének növekedésében), *Jelölni kell, Pro és kontra országok*, végül pedig *GMO-ellenes Magyarország*. Lássunk néhány idézetet a felsorolt fejezetekből is. A géntechnológiában vezető cégek érvei között a kiegyenlítettebb termés, a csökkentett növényvédőszer-felhasználás és ennek eredményeként a környezetkímélőbb termesztési technológia, vagy megoldás a világ növekvő népességének élelmezési gondjaira és a növekvő energiaigény kielégítésére – szokott fókuszba kerülni, de ebben a felsorolásban kap helyet a gyógyszer-alapanyagok, vitaminok előállítására, vagy a hatékonyabb ipari felhasználásra előállított növények termesztése is. A *Megakísérlet emberen* című fejezetből megtudhatjuk, hogy **a géntechnológiával módosított növények táplálkozás-élettani hatásai még nem teljesen ismertek**, ezért ezt a tízéves társadalmi fogyasztói tapasztalatok pótolnák, amelynek ugyan nincs kontroll csoportja, de pl. a GM-szója ennyi idő alatt is szinte az egész világon egyeduralmukodóvá vált. A *világhódító GM-növények* fejezet arról tájékoztatja az olvasót, hogy míg Európa fontolgat, addig az Egyesült Államokban termesztett kukorica kétharmada, a szója kilencven százaléka génmódosított. A fejezetből az is kiderül, hogy a tudományos vizsgálatok eredményeit váró országokra különböző gazdasági-politikai nyomás nehezedik moratóriumuk feloldása céljából. A *Törtetlen a trend* fejezet felvillant olyan példát is, minthogy a GM-vetőmagok eladási tételeinek növekedését nem csak a vetőmagos cégek felvásárlásából származó koncentráció (azaz egyre kevesebb konvencionális vetőmagcég marad a piacon), hanem más termelői gazdasági érdekek is szolgálják, mint pl. a nitrogén műtrágya árának emelkedése, a kisebb nitrogén igényű génmódosított növények ígéretével.

Közben kisebb keretes tudósításokat is olvashatunk a *GM-fertőzött mézek* vagy az *EU-megállapodás hét pontja és a GM-növények együtt termesztésének feltételei* címmel. Az EU megállapodás hét pontjából kettőt idézek ide: „**Minden tagállamnak lehetőséget kell biztosítani az érdekérvényesítésre**”, valamint „**A rovarölő hatású GM-növényeket úgy kell elbírálni, mintha növényvédő szerek lennének.**” Vajon a *Bt*-növények hogyan vennék ezt az elbírálási akadályt?

Az általános információkat összefoglaló cikk befejező részében a GM-növények termesztését engedélyező és ellenző országokat ismerteti, rávilágítva a *WTO* azon törekvésére, hogy az áruk szabad áramlásának alapelve alól ezek a növények se képezhessenek kivételt.

Ezután az általános helyzetfelmérés után, öt szakember véleményét ismerheti meg az olvasó.

Czepó Mihály a Monsanto képviselőjében *A nemesítés ideje lejárt* cím alatt válaszolt a riporter kérdéseire. Kifogásolta, hogy a magyar szabályozás nem ad szabad választási lehetőséget a gazdáknak a GM-növények termesztési tiltásával, ugyanakkor megvalósíthatónak tartja a biztonságos együtt termesztést kukorica esetében már 10-30 m-es távolságtartó termesztés esetén. **Tízéves távlatban gondolkodva pedig megkerülhetetlen technológiának prognosztizálja** a Föld növekvő lakosságának élelmiszer-ellátásában a GM-növények termesztését.

Ezzel szemben levő oldalon kaptak helyet *kontra* jelzéssel Darvas Béla címzetes egyetemi tanár válaszai *A géntechnológia bronzkorszakát éljük* címmel. A közbeszédben gyakran helytelenül használt fogalom-meghatározások pontosításával kezdődnek válaszai, úgymint transzgenikus, ciszgenikus, intragenikus szavak jelentésének értelmezésével. A továbbiakban a GM-fajták előnyeinek eltúlzását igazította helyre, amelyek egyébként is elenyészőek a termelő függőségi helyzetének kialakítása árával szemben. A visszatérő – mit várhatunk 10 év múlva a GMO-któl – kérdésre válaszolva **a minőségi termékek vízióját változta fel addigra már nem az elsőgenerációs GM-növények termesztésével.**

Ezután ismét *pro* jelzésű riportban a *Fajtatulajdonosok harca* címmel Máté József a Pioneer képviselőjében válaszolt olyan kérdésekre, mint pl. igaz-e, hogy a toxintermelő növény jobban szennyezi a környezetét, mint a növényvédő szer? Csak azokat a kártevőket pusztítja el – érvelt – amelyek rágásukkal károsítják a termő növényt, míg a növényvédő szer más szervezeteket is elpusztítja. Igaz – gondolom tovább –, hogy akkor is termeli a Cry-toxint, ha nincs kártételi veszély és növényvédő szerrel nem kell beavatkozni. A fogyasztó élelmiszer-biztonságát a teljes publikálási szabadság mellett végezhető kísérletek⁵⁶ és a nemzetközi kutató műhelyekkel kialakított kapcsolatok garantálják vallja a nyilatkozó. A rezisztencia kialakulásának veszélye is elhárítható – úgynevezett menedékhelyként – hagyományos kukoricából vetett területekkel. A tízéves prognózisra adott választ **a GMO terjedésének európai előmozdítójaként a kukoricabogár-ellenálló kukorica engedélyezésében látta**, valamint azt az orosz, ukrainai, kínai és indiai politikától tette függővé.

A szemben levő *kontra* oldalon Roszik Péter Biokontroll Hungária Nonprofit Kft. vezetője *A GMO-k nemcsak a biogazdák üzletét rongják* címszó alatt feltett kérdésekre válaszolva megtudhatta az olvasó, hogy a piaci tapasztalatok szerint **a tudatos vásárlók jelentős, akár háromszoros felárat is megfizetnek a GMO-mentes árukért**, az emberek tehát érzékenyek a minőségre. Véleménye szerint a génmódosítás a nemesítés gyors, de nem pontos, vagy kevésbé célravezető megoldása. Ma még jelentős piaci előnyt jelent a GM-mentesség, mert ellenkező esetben nemcsak bioként nem tudnánk eladni a termést, de hagyományosként sem.

Befejezésül ugyancsak *pro* jelzéssel Jenes Barnabás a Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóintézet kutatója válaszolt az *Észérvek harca az érzelmekkel. Kommunikációs előnyben a GM-mentesség* címszó alatt feltett kérdésekre. Véleménye szerint az EU-ban engedélyezett molyölő kukorica egyenesen kőkorszaki fajta. Ma már a gént is be tudják olyan helyre építeni, ahonnan a pollen útján nem terjedhet. A GMO-tól való idegenkedés oka a gazdasági érdekek harcában keresendő. Ebben a hagyományos nemesítők érdekérvényesítő képessége az erősebb. Amit a politika nem támogat azt a cégek sem. A tízéves prognózis szerint **feltételezhető, hogy kutatási eredményeik hasznát csupán a szomszédos országok fogják kamatoztatni.**

⁵⁶ A Pioneer éppen perli az FVM-et, mert egy hazai kutatási konzorciumnak kísérleti kibocsájtási engedélyt adott. Lásd következő oldal – a szerkesztő megjegyzése

Javaslat Máté József a *Haszon Agrár* folyóiratban megjelent nyilatkozatához

Barna Balázs, Székács András és Fekete Gábor

MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály

Amint arról korábban is említést tettünk, Intézetünk, az MTA Növényvédelmi Kutatóintézete (MTA NKI) 2004-ben 10 évig érvényes kibocsátási engedélyt⁵⁷ kapott a Mezőgazdasági Géntechnológiai Hatóságtól (MGH) a Pioneer Hi-Bred International, Inc. tulajdonában lévő, *E4497.59.1.22* transzformációs eseményt hordozó transzgenikus kukoricafajta kísérleti célú szabadföldi termesztéséhez. Az engedélyre – a Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Karával konzorciális együttműködésben végzett – kutatási projektünk⁵⁸ megvalósításához volt szükségünk. A fajtatulajdonos Pioneer Hi-Bred magyarországi képviselője elzárkózott attól, hogy kísérleteinkhez vetőmagot biztosítson, vitatja, hogy hozzájárult volna, hogy engedélykérelmünkben hivatkozhatnánk a Pioneer Hi-Bred fajtakódra (amely hozzájárulást ugyan megkaptuk, azonban az engedély benyújtásakor hatályban lévő jogszabályok szerint arra nem volt szükség, mivel a hazai joggyakorlat akkor még nem vette át a vonatkozó EU direktíva előírásait), és bírósági úton pereli az MGH-t a kibocsátási engedély hatályon kívül helyezésére.

Az MTA NKI a pereskedés útját nem látja célravezetőnek egy hosszú távú szakmai kérdés rendezésében, ezért azzal a nyílt javaslattal fordul a Pioneer Hi-Bred Magyarország Kft.-hez, hogy **megbeszélés és megegyezés útján tisztázzuk ezt a vitás kérdést**. Erre örömteli reményt ad Máté Józsefnek, a cég külkapcsolati igazgatójának a *Haszon Agrár* folyóirat tematikus számában megjelent nyilatkozata,⁵⁹ amelyben ezt említi: „*Mi sok ország sok kutatóműhelyével együttműködve kísérletezünk, ellenőrzzük termékeink biztonságát. Teljes publikálási szabadságot biztosítunk minden kutatónak, akivel együtt dolgozunk ...*” Az MTA NKI részéről mi is csak üdvözölhetőnek látjuk az efféle nyitottságot az akadémiai kutató szférával, s jogi vita helyett örömmel vennénk részt ilyen típusú kiegyensúlyozott együttműködésben.

Mindezek szellemében a legnagyobb jószándékkal javasoljuk, kezdődjenek egyeztető tárgyalások arról, miként lehet mindkét fél számára megfelelő módon megoldani az említett GM-növénnyel kapcsolatos együttműködést.

⁵⁷ http://www.biosafety.hu/full_record_hun.php3?natid=12923/1/2004

⁵⁸ „*Kukoricabogár-rezisztens transzgenikus kukorica környezeti hatásvizsgálata*”, Bio-58 KPI

⁵⁹ Máté (2009) *Haszon Agrár* 3: 18.

A GMO-Kerekasztal nyílt levele Hegyi Gyula és Olajos Péter Európai Parlamenti képviselő uraknak

Tisztelt Képviselő urak!

Mint a Magyar Parlament Környezetvédelmi és Mezőgazdasági Bizottságai tanácsadó testületként működő GMO-Kerekasztal tagjai, megköszönjük Önöknek, eddigi tevékenységüket, mellyel az Európai Parlament Környezetvédelmi Bizottságának magyar tagjaiként képviselik a géntechnológiai úton módosított mezőgazdasági haszonnövényekkel kapcsolatban a magyar Parlamentben ötpárti egyetértéssel meghozott országgyűlési határozatot [53/2006. (XI. 29.)]. Szakmai műhelyünk, melyben a hazai tudományos, hatósági, érdekvédelmi és civil szféra képviselőinek meghatározó többsége megjelenik, nagyra értékeli és támogatja a magyar *MON 810*-es moratóriummal kapcsolatos felelős munkájukat.⁶⁰

Budapest, 2009. február 25.

a GMO-Kerekasztal tagjai közül: **Ács Sándorné** (Kishantosi Vidékfejlesztési Központ Kht., Kishantos; *IFOAM*); **Ángyán József** prof., DSc. (Országgyűlés Mezőgazdasági Bizottsága); **Bakonyi Gábor** prof., DSc. (Szent István Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszék, Gödöllő); **Balla László** prof., DSc. (Szent István Egyetem, Gödöllő); **Bardócz Zsuzsa** DSc. (Debreceni Egyetem, AKTC, ÉÉMI, Debrecen); **Bauer Lea** (Biokontroll Hungária Nonprofit Kft., Budapest); **Békési László** prof., CSc. (Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet, Méhtenyésztési és Méhbiológiai Kutatócsoport, Gödöllő); **Darvas Béla** prof., DSc. (MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály, Budapest); **Gyulai Ferenc** prof., DSc. (Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő); **Horváth András** dr., CSc. (MTA Ökológiai és Botanikai Kutató Intézete, Vácrátót); **Illés Zoltán** dr. (Közép-európai Egyetem, Budapest); **Jenes Barnabás** dr. CSc. (Mezőgazdasági Biotechnológiai Kutatóközpont, Gödöllő); **Kövecses György** CSc. (Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Növényvédelmi Tanszék); **Márai Géza** dr. (ex-Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő); **Menyhért Zoltán** prof., DSc. (ex-Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő); **Orosz László** prof., DSc., MTA levelező tagja (ELTE, Genetika Tanszék, Budapest); **Orosz Sándor** dr. (Országgyűlés Környezetvédelmi Bizottsága); **Pataki György** dr., PhD. (Corvinus Egyetem, Vállalatgazdaságtan Intézet, Döntésmélt Tanszék, Budapest); **Pusztai Árpád** prof., PhD., a Skót Akadémia tagja (GENÖK, Norvégia/Skócia/Magyarország); **Roszik Péter** dr. (Biokontroll Hungária Nonprofit Kft., Budapest; Biokultúra Szövetség); **Rózsa Lajos** dr., DSc. (MTA-MTM Állatökológiai Kutatócsoport, Budapest); **Sajgó Mihály** prof., DSc. (ex-Szent István Egyetem, Kémia és Biokémiai Tanszék, Gödöllő); **Székács András** dr., DSc. (MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Ökotoxikológiai és Környezetanalitikai Osztály, Budapest); **Tanka Endre** prof., DSc. (Károli Gáspár Református Egyetem, Környezetvédelmi és Agrárjogi Tanszék, Budapest); **Vajda Boldizsár** dr. (Országos Élelmiszerbiztonsági és Táplálkozástudományi Intézet, Budapest); **Varga Zoltán Sándor** prof., DSc. (Debreceni Egyetem, Természettudományi Kar, Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék, Debrecen)

⁶⁰ lásd még az 2009. február 24-én kiadott, az Országgyűlés Környezetvédelmi és Mezőgazdasági Bizottsága közös állásfoglalása a magyar GMO-mentesség és a *MON 810* GM-kukorica fajtacsoportra vonatkozó magyar moratórium fenntartásáról (http://lmv.hu/files/genfront_mg-kved_biz_határozat_090224.pdf)