

ROVATVEZETŐ:

Dr. Heszky László *akadémikus*

Az előző részben bemutattuk a növényi géntechnológia történetét és tudományos jelentőségét, valamint felvázoltuk gazdasági növények módosításának legjelentősebb géntechnológiai stratégiáit. A sorozat egyre izgalmasabbá fog válni a következő részekben, mert azok a növényi géntechnológia vagy „Zöld Biotechnológia” gazdasági jelentőségével, továbbá a kereskedelmi forgalomba került transzgénikus (GM) fajták termesztésének helyzetével és tapasztalataival foglalkoznak.

Tanuljunk géntechnológiául (19.)

Transzgénikus (GM) fajták/hibridek termesztése (IV./2.)

Transzgénikus (GM) fajták globális termesztésének eredményei és következményei

Dr. Heszky László

SzIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Genetika és Biotechnológiai Intézet, Gödöllő

A géntechnológia gazdasági jelentősége

A 18. részben foglaltak alapján egyértelmű, hogy az emberiség a 20. század végére nemcsak megismerte a földi élet információját hordozó molekulát, hanem képesség vált annak módosítására is. A genetikai információ molekuláris módosítására kidolgozott módszerek együttesét nevezzük géntechnológiának, és felhasználásával előállított fajtákat transzgénikus vagy GM-fajtáknak.

A géntechnológia gazdasági jelentőségét az adja, hogy a termesztett növények életfolyamatait vezérlő genetikai programot mi magunk változtathatjuk meg a gazdák és a fogyasztók igényeinek megfelelően, kis túlzással a társadalom és az emberiség javára.

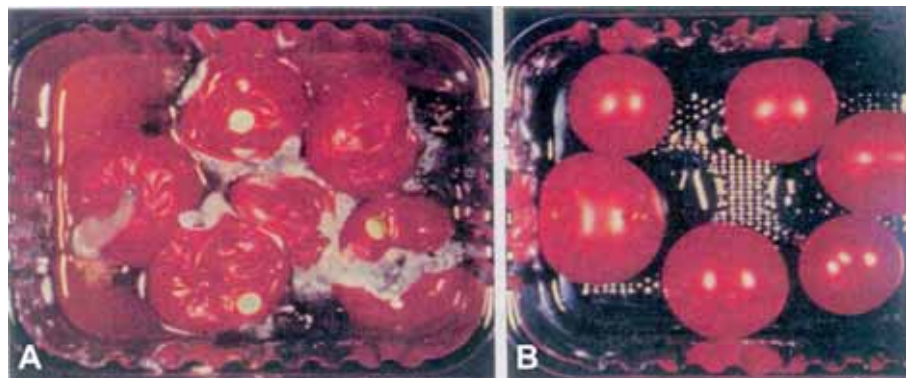
A géntechnológia alkalmazása paradigmaváltást eredményezett a növénytermesztésben a 21. század végén. Lehetővé tette, hogy a nö-

vényfajták tulajdonságait közvetlenül az információt hordozó molekula, a DNS szintjén változtassuk meg. Elérhető lehetőségként kínálkozott a növénytermesztés racionális tudománnyá válása, nevezetesen az, hogy a növényfajták hiányzó tulajdonságait, közvetlenül a tulajdon-

ságért felelős gének beépítésével alakítsuk ki.

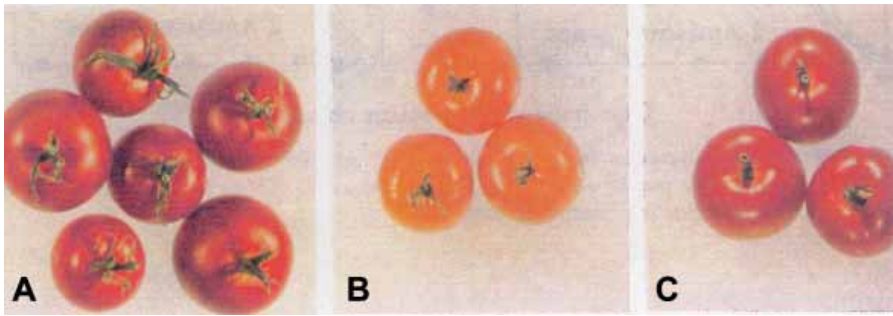
Verseny a GM-fajták globális piaciért

A növényi géntechnológia gazdasági lehetőségének a kihasználására



1/1. kép Flavr Savr GM paradicsom (B) a világ első kereskedelmi forgalomba került GM-fajtája (USA, 1994)

A: hagyományos fajta sérül és penészedik a rázatott tesztet követő napokban
B: GM-fajtán nincs sérülés a rázatott tesztet követően



1/2. kép *Endless summer* GM-paradicsom (USA, 1995)

A: hagyományos fajta érés stádiumban betakarításkor

B: GM-fajta „érés” stádiumban betakarításkor

C: GM-fajta 1-2 napos etilén gázos kezelést követően

(Newbury, H. J. /2003/: Plant molecular Breeding. Blackwell Publisher)

az elmúlt évtizedben óriási verseny kezdődött a világon, a transzgénikus fajták nemesítésének és tulajdonjogainak, valamint a transzgénikus vetőmagipar vezető pozícióinak megszerzéséért.

Ebben a folyamatban vegyipari konszernnek fuzionáltak, és vásárolnak fel biotechnológiai, valamint nemesítő, illetve vetőmagtermelő vállalatokat. Ennek következtében eddig nem ismert méretű tőkekoncentráció jött létre a vetőmagiparban, mely évente dollár milliárdokat képes befektetni a gazdaságilag jelentős transzgénikus fajták előállításába, globális szabadalmi védelmébe és világméretű terjesztésébe.

Napjainkra ismertté váltak azok a multinacionális vállalatok, melyek megnyerték a GM-fajták piaciért folyó versenyt, és jelenleg már uralják a GM-faták globális piacát; Monsanto, Syngenta (Syngenta Seeds), DuPont (Pioneer Hi-Bred), Bayern (Bayern CropScience), Dow (Dow Agro Sciences), BASF (BASF Crop Science), Florigene Ltd. stb.

További részletek olvashatók az „Eredeti géntechnológiai fejlesztésű GM-fajta előállítása” c. 13. részben (Agrofórum 2011 22./7., július).

A GM-fajták termesztésének története (1994-2010)

A növényi géntechnológiai kutatások történetét az előző, 18. részben ismertettük (Agrofórum 2011 22./12., december). Az első sikeres közlemények a gazdaságilag is fontos módosításokról (vírus tolerancia, herbicid tolerancia és rovar rezisztencia) 1985-87 között

megjelentek a világ két vezető tudományos folyóiratában (*Nature, Science*). A növényi géntechnológiát kisajátítani akaró cégeknek nem volt szükségük 10 évre, hogy az első GM-fajtákkal megjelenjenek a piacon.

a./ GM-paradicsom (1994)

Az első forgalomba került GM-fajta a „Flavr-Savr” paradicsom volt 1994-ben (USA), melyet a kaliforniai Calgene vállalat állított elő (1/1. kép). A GM-paradicsomban a poligalakturonáz enzim termelését antiszensz génnel gátolták. A GM-paradicsom, a sejtfalat alkotó pektin lebontásának gátlása miatt, sokkal tovább maradt kemény, jobban bírta a szállítást és tárolást az üzletek

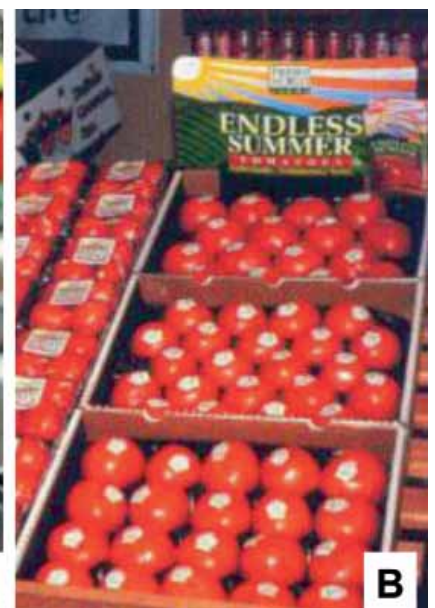
polcain (*shelf life*), mint a hagyományos fajták. Kiváló alapanyagának bizonyult püré készítésére, melyet a szokásos konzervdobozokban hoztak forgalomba, az USA-ban és Angliában (2/A. kép). A Calgene történelmet csinált, azonban sorsát nem kerülhette el. A kilencvenes évek gazdasági versenyében alul maradt, végül a Monsanto felvásárolta.

A második GM-fajta az „Endless Summer” paradicsom, 1995-ben került piacra, szintén az USA-ban (2/B. kép). Előállításában a DNA Plant Technology, az Agritope és a Monsanto vettek részt. A fajtában az etiléntermelés blokkolását az – etilén bioszintézis utolsó lépését katalizáló enzim génjének, az ACC-oxidáznak – antiszensz gátlásával érték el. A GM-paradicsom az etiléntermelés hiányában nem tudott beérni, emiatt szobahőmérsékleten hónapokig tárolható volt (1/2. kép).

Az érés csak 1-2 napos etiléngázban való tartással volt kiváltható. Az ezredfordulón azonban már egyik fajta sem volt forgalomban.

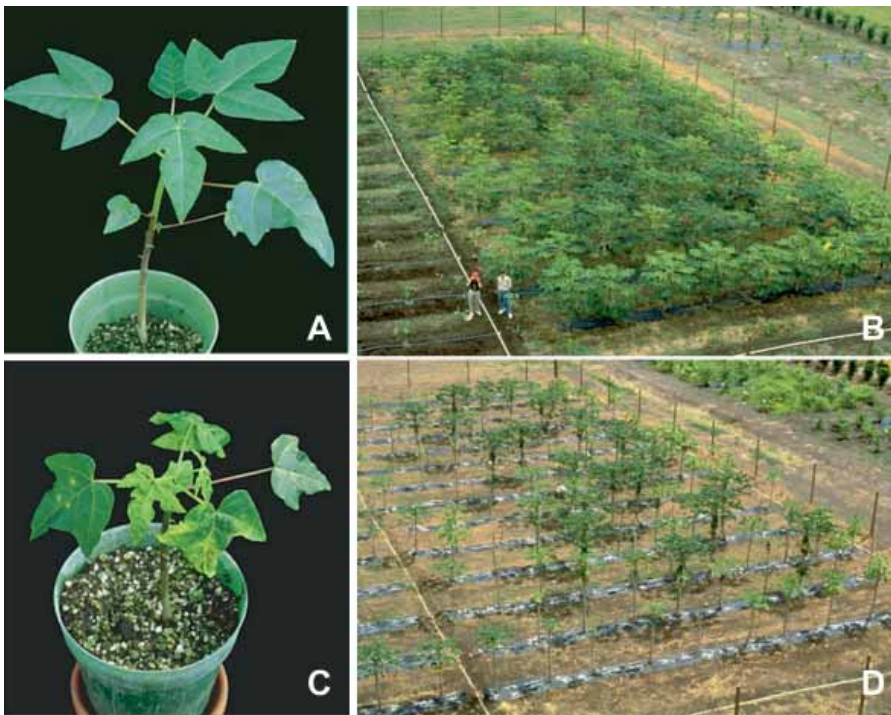
b./ Termesztésbe kerül a „nagy négyes” (1996)

A GM-fajták termesztésének történetében nagy áttörést az 1996-os év jelentette, amikor megjelentek a herbicid toleráns és rovar rezisztens fajták, a gyapot, kukorica,



2. A kép A Flavr Savr GM-paradicsomból készült első GM-élelmiszer, a paradicsompüré konzerv (USA) (sciencephoto.com)

2. B kép Az Endless Summer GM-paradicsom árusítása (USA) (ucanr.org)



3. kép Vírus rezisztens GM-papaya termesztés Malajziában (apsnet.org)

A és B: GM-fajta egyede és állománya gyenge vírusos tünetekkel
C és D: Hagyományos fajta egyede és állománya komoly vírus leromlást bizonyító tünetekkel

szója és repce ültetvényekben, az USA-ban. Azóta a GM-fajták terjedése a világon töretlennek mondható, termőterületük évente átlagosan 10 %-kal növekedett a világon. Tizenöt évvel a bevezetést követően, 2010-ben a GM-fajták globális termőterülete elérte a 148 millió hektárt (1. ábra). Megállapítható, hogy a 2000-ig a fejlett országokban meredeken növekedett a termőterület, ami leginkább az USA tagállamaiban való gyors felfutásnak volt köszönhető. Azóta a termőterület növekedése a fejlett országokban lelassult, ezzel szemben 2003-tól a fejlődő országokban felgyorsult. Ez utóbbi folyamat főleg az argentin és brazil GM-szója termesztés gyors terjedésének a következménye. Napjainkban megközelítően azonos területen termesztnek GM-fajtákat mind a két ország csoportban. További részletek „GM-fajták globális termesztése 2009” címmel olvashatók az Agrofórum 2010 21./4., áprilisi számában a 100-101. oldalon.

Jelenleg a világ 29 országában termesztnek valamilyen GM-fajtát. A 29 országból 25-ben csak 4 növényfaj, a kukorica, a szója, a repce és a gyapot herbicid toleráns, illetve rovar rezisztens GM-fajtáit

termesztik. Egyéb fajok más célú módosításainak GM-fajtái csak az USA-ban, Kínában és Kanadában kerültek forgalomba (1. táblázat). Az 1 millió hektár felett termeszto országok száma tíz. A táblázat bizonyítja, hogy az első 10 ország termőterülete a globális 148 millió hektár 98 %-át foglalja el. A fennmaradó 2 %-on 18 ország osztozik. Nyilvánvaló, hogy ezekben az országokban nagyon kis területen termesztnek GM-fajtákat.

Az EU-ban, a szóban forgó 4 faj közül csak a GM-kukorica molyrezisztens változata termesztethető. A GM-kukoricát termelő 6 tagállamban (Spanyolország, Portugália, Szlovákia, Csehország, Lengyelország és Románia) az összes termőterület nem éri el a 100 ezer hektárt, ami figyelemmel az EU termőterületére, százalékban ki sem fejezhető. További részletek olvashatók az Agrofórum 2010 decemberében megjelent, kukoricatermesztőknek szóló extra-37. különszámában, a „Transzgenikus (GM) kukorica hibridek termesztésének helyzete és tapasztalatai” című írásban, a 42-45. oldalakon.

A Monsanto 1996 és 2001 között hozta kereskedelmi forgalomba a

burgonyabogár és Y vírus rezisztens GM-fajtáit (*NewLeaf potato*). A termőterület azonban nem tudott 3-4 % fölé emelkedni, mert a felhasználók: a McDonald's, Wendy's and Frito-Lay visszautasították. Az ezredfordulót követően a chips-gyártók is leállították a GM-burgonya felhasználását az exportpiacaik megtartása miatt. Végül 2001-ben a Monsanto „átmenetileg” visszavonta a GM-burgonya forgalmazását.

c./ Újabb herbicid rezisztens fajok

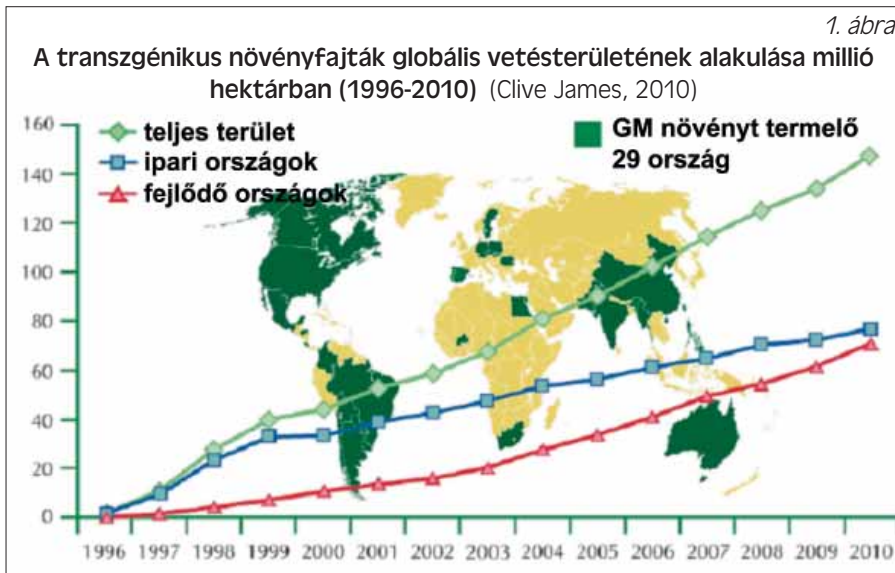
Az évezred első évtizedének végén (2007) köztermesztésbe került a glifozát rezisztens cukorrépa és lucerna esetében is problémák merültek fel az USA-ban, annak ellenére, hogy a GM-cukorrépa mind az USA-ban, mind Kanadában óriási karriert futott be. A Szövetségi Bíróság 2010-ben „átmenetileg” betiltotta mind a GM-cukorrépa, mind a GM-lucerna termesztését az USA-ban arra hivatkozva, hogy az USA Mezőgazdasági Minisztériuma (USDA) megfelelő környezeti hatásvizsgálatok nélkül hozta meg döntését.

d./ Többgénés hibridek

2000-től az USA-ban egyre nagyobb arányban termesztnek többgénés kukorica hibrideket, melyek a herbicid tolerancia (glifozát, glufozinát) és rovar rezisztencia (kukoricamoly, kukoricabogár) géneket különböző kombinációkban tartalmazzák. Ezek közül kiemelkednek a SmartStax hibridek (2010), melyek 9 gént tartalmaznak és 4 tulajdonságban módosítottak (lásd a „Többgénés transzgenikus GM-fajták előállítására” című 15. részben, Agrofórum 2011 22./9. szeptember).

e./ Termesztésbe került további fajok és módosítások

Természetesen a „kozmpopolita 4 nagy növényfajon” (kukorica, szója, gyapot és repce) kívül termesztésbe kerültek más fajok transzgenikus fajtái is, melyek számos figyelemre méltó új tulajdonsággal ruházták fel az új GM-fajtákat.



- A legismertebbek a következők:
- A **vázaélettartamban** növelt szegfű termesztése Európában zárt rendszerben.
 - Az **amilopektint** tartalmazó 'Amflora' burgonya (lásd Agrofórum 2010 21./5. május, 99. old.) termesztése 2010-től Svédországban, Csehországban és Németországban.
 - A **lila szegfű**, a Florigene Ltd. (Ausztrália/Japan) interneten vásárolható sorozata (lásd Agrofórum 2011 22./12., december 66. old.)
 - A **kék rózsza**, ami interneten vásárolható (Florigene Ltd. Ausztrália/Japán), (lásd Agrofórum 2011 22./9., szeptember 78. old.)
 - A **vírus rezisztens papaya** termesztése Hawaii-on (USA), Malajziában és Kínában (3. kép).
 - A **vírus rezisztens csemege paprika** és **paradicsom** termesztése Kínában.

Az utóbbi fajok GM-fajtáinak termőterülete a világon jelentéktelen a nagy négyeshez képest, ezért ezeket nem is kíséri különösebb propaganda és figyelem a média, a cégek vagy a gazdák részéről.

Globális GM vetőmagipar kialakulása

Az elmúlt 15 év legjelentősebb terméke a globális GM vetőmagipar kialakulása és megerősödése. Annak ellenére ugyanis, hogy a GM-fajták termőterülete valóban gyorsan növekedett (1. ábra), a termesztett szántföldi GM-növényfajok, illetve az alkalmazott géntechnológiai módosítások semmit sem változtak. A

termőterület növekedés tehát nem új tulajdonságokkal rendelkező GM-fajtáknak, illetve fajoknak volt köszönhető, hanem az adott kétféle módosítás (herbicid tolerancia, rovar rezisztencia) és 4 növényfaj (szója, kukorica, gyapot és repce) GM-fajtái globális terjesztésének.

A világ jelenlegi közel 150 millió hektáros transzgénikus termőterületén csak 4 faj 2 féle új tulajdonsággal rendelkező GM-fajtáit és hibridjeit termelik a gazdák (2-3. ábra). Ezek a herbicid rezisztens szója fajták, herbicid és/vagy rovar rezisztens kukoricahibridek, herbicid és/vagy rovar rezisztens gyapot fajták, valamint a herbicid rezisztens repce fajták.

A GM-szója termőterülete a világon a legnagyobb, a globális GM termőterület közel 50 %-a. Akkora, mint a többi 3 faj területe együttev-

ve (2. ábra). Ennek oka a gyors terjedés a dél amerikai országokban, különösen Argentínában és Brazíliában (1. táblázat).

A GM-kukorica termőterületének növekedése a rovar rezisztens és főleg a többgénes hibridek megjelenését követően gyorsult fel az elmúlt évtized közepétől (2. ábra).

A GM-gyapot termőterülete 2005-től kínai és indiai termesztés következményeként emelkedett erőteljesebben (2. ábra).

A GM-repce termőterület nem mutat különösebb változást, aminek egyik oka, hogy a nagy európai termőterületeken tilos a GM-repce termesztése (2. ábra).

A **herbicid tolerancia** kimagaslóan vezet géntechnológia módosítások között (3. ábra). Több mint négyszer akkora területen termesztenek herbicid (glifozát - Monsanto és gflufozinát - Bayern) toleráns fajtákat mint rovar rezisztenseket. Ez óriási üzletet jelent a globális vállalatok számára, mert együtt árusíthatják a totális gyomirtó szert és az arra toleráns GM-fajta vetőmagját (kapcsolt áru).

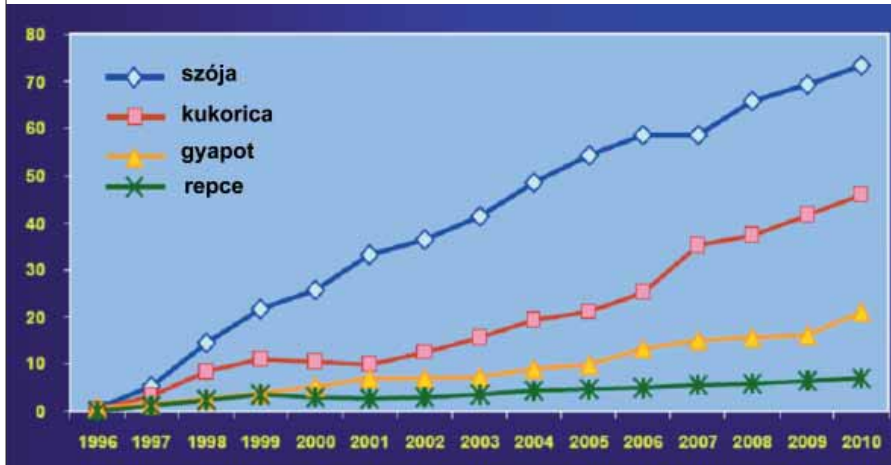
A GM-fajták termőterületének aránya a vezető 4 fajnál, 15 év alatt elérte a globális termőterület 23-81 %-át (4. ábra). A transzgénikus fajták elterjedése egy országban ennél sokkal gyorsabb is lehet, melyet bizonyít, hogy a GM (glifozát rezisztens) cukorrépa termőterülete az USA-ban 3 év alatt elérte a 95 %-ot, Kanadában a 85 %-ot, 2007 és 2009 között. A feltűnően gyors

1. táblázat

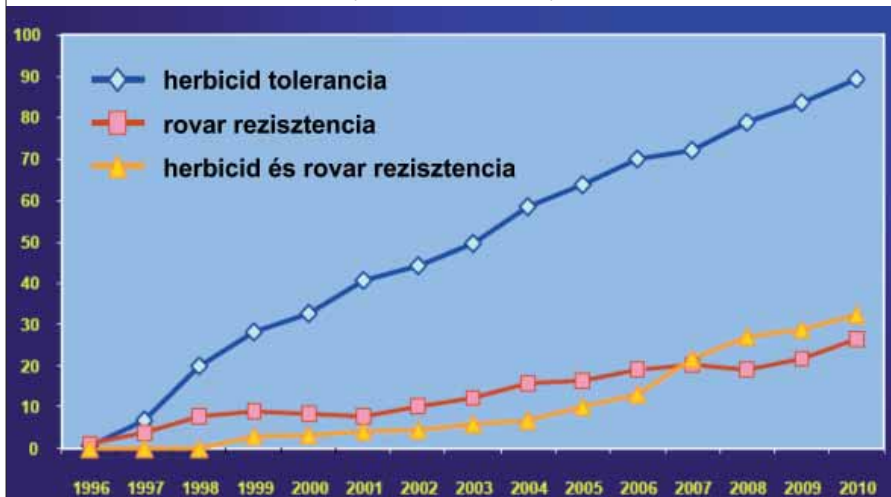
A „TOP 10” ország transzgénikus termőterülete és a termesztett GM-fajok (Clive James, 2010 alapján)

Sorrend	Ország	Terület (millió hektár)	Fajok, melyeknek GM-fajtáit termesztik
1	USA	66.8	Kukorica, szója, gyapot, repce, cukorrépa, lucerna, papája, tök
2	Brazília	25.4	Szója, kukorica, gyapot
3	Argentína	22.9	Szója, kukorica, gyapot
4	India	9.4	Gyapot
5	Kanada	8.8	Repce, kukorica, szója, cukorrépa
6	Kína	3.5	Gyapot, papája, paradicsom, paprika
7	Paraguay	2.6	Szója
8	Pakisztán	2.4	Gyapot
9	Dél-Afrika	2.2	Szója, kukorica, gyapot
10	Uruguay	1.1	Szója, kukorica

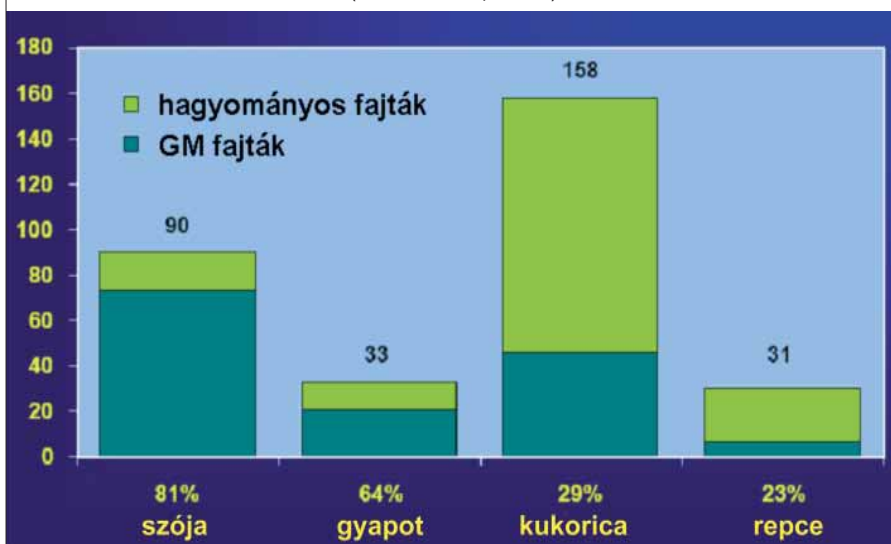
2. ábra
A négy legnagyobb területen termelt szántóföldi növény transzgénikus vetésterületének alakulása a világon 1996 és 2010 között
(Clive James, 2010)



3. ábra
A herbicid és rovar rezisztens GM-növények globális vetésterületének alakulása (1996-2010)
(Clive James, 2010)



4. ábra
A négy legnagyobb területen termelt szántóföldi növény transzgénikus vetésterülete az adott növény globális vetésterületének %-ában
(Clive James, 2010)



elterjedés oka nagy valószínűséggel – hasonlóan a szójához – egy régóta húzódó technológiai probléma, a gyomirtás megoldása volt.

A világ nemzetgazdaságai számára viszont elgondolkodtató, hogy a közel 150 millió hektáron termesztett transzgénikus fajtáknak – Kínát leszámítva – 5 globális cég a tulajdonosa!

GM vetőmagipar globalizációjának veszélyei

A multinacionális vállalatok megjelenése teljesen új helyzetet teremtett a növénynevelésben és a vetőmagiparban. Ennek kiváltó oka, hogy a transzgénikus fajták, a génkonstrukciók és azok minden eleme, maga az ötlet és megközelítés is, globális szabadalommal védettek. Emiatt *a hagyományos nemesítő nemzeti vagy magán cégeknek esélyük sincs arra, hogy valaha is versenyképes saját fejlesztésű GM-fajtát állíthassanak elő. A szabadalmak ugyanis minden utat lezárnak, ami egy hasonló tulajdonsággal rendelkező fajta előállítását tenné lehetővé.* A hagyományos nemesítés és vetőmagipar számára nem marad más lehetőség, mint a cég felszámolása, vagy szabadalomvásárlás (lásd: a 14. részben „GM-fajta előállítása szabadalomvásárlással” Agrofórum 2011 22./8., augusztus). Ez utóbbi viszont a jelenlegi szabadalom-tulajdonosokkal való megegyezéstől függ, és mindenképpen kiszolgáltatottságot eredményez.

A 20. században alkalmazott konvencionális nemesítés során ezek a korlátok még nem léteztek. *A vetőmagipar minden résztvevője számára adott volt a lehetőség, hogy a konkurens cégekhez képest jobb fajtát állítson elő.* Ezért is nevezték nagyon találóan a nemesítést művészetnek, melyben a nemesítő egyéni képességeinek, fantáziájának, kreativitásának rendkívül nagy szerepe volt. Az eddigi tapasztalatok viszont azt bizonyítják, hogy ennek a korszaknak vége.

Azokban az országokban ugyanis, ahol a GM-fajták megjelennek, az adott növényfaj hagyományos nemesítő és vetőmag termesztő cé-

gei – a szabadalmi korlátok miatt – megszűnésre vannak ítélve. Nagy valószínűséggel a nemzeti nemesítő és vetőmagtermelő cégek védelme is szerepet játszhat abban, hogy a fejlett országokban – az USA-t és Kanadát leszámítva – a GM-fajták termesztésének engedélyezése és a termőterület növekedése is (pl. az EU 27 tagországa, továbbá Japán, Ausztrália, Dél-Korea), jelentősen elmarad a fejlődő országokétól (*1. táblázat*).

Ma már egyértelmű, hogy a transzgénkus fajták gazdasági jelentőségéből adódó extra profit megszerzése, és ezzel *a globális GM vetőmagpiac irányítása néhány* – korábban csak vegyszert, gyógyszer, vagy hadianyagot gyártó – *multinacionális cég kezébe került.*

Amennyiben az elmúlt 15 évben megfigyelhető tendencia folytatódni fog a jövőben, az beláthatatlan veszélyeket rejt magában a világ élelmiszer-ellátása és a kultúrflóra genetikai diverzitása szempontjából. Most még időben vagyunk, de a megoldás nem tűr halasztást. *Az élelmiszertermelés biológia alapjai világméretben nem kerülhetnek néhány (jelenleg 5) profitérdekelt multinacionális cég kezébe!*

Ez egyenlő lenne civilizációnk öngyilkosságával. Ebben az esetben ugyanis nem mobiltelefonról, tv-ről, mosószerekről, sport felszerelésekről, autókról stb. van szó! *Az élelmiszertermelés biológiai alapjainak és az ivóvíznek nemzeti forrásból való biztosítása, minden ország stratégiai érdeke. Erről a lakosság biztonságos ellátása érdekében egy kormánynak sem szabad lemondania.*

Sürgősen olyan globális megoldást kell kidolgozni, mely elősegíti a társadalom számára hasznos és a környezetre veszélytelen GM-fajták köztermesztésbe kerülését, de szigorúan határt szab a globális monopólium kialakulásának, teret biztosít a regionális nemesítésnek és vetőmagiparnak.

A következő rész is hasonlóan érdekes témával, a GM-növényfajták tartós termesztése globális sikereivel és problémáival foglalkozik.

Forrás: 1-4. ábra Clive

James (2010): Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2010. Executive Summary ISAAA, <http://www.isaaa.org> ■