



Alföldi Zoltán

Genetikailag módosított szervezetek (GMO-k)

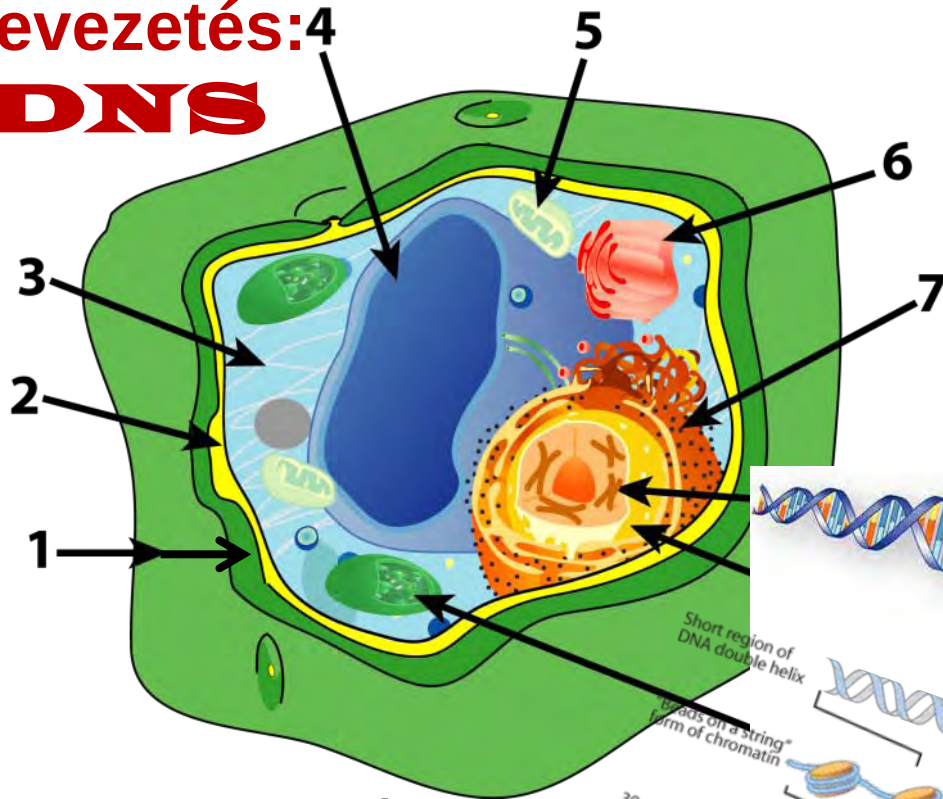
Németh László Gimnázium, Budapest, 2016.02.24.

www.meetthescientist.hu



I. Bevezetés: a DNS

1. Sejtfal
2. Sejtmembrán
3. Citoszkeleton (belső sejtíváz)
4. Vakuólum
5. Mitokondrium
6. Golgi készülék



Az anyag csodája:

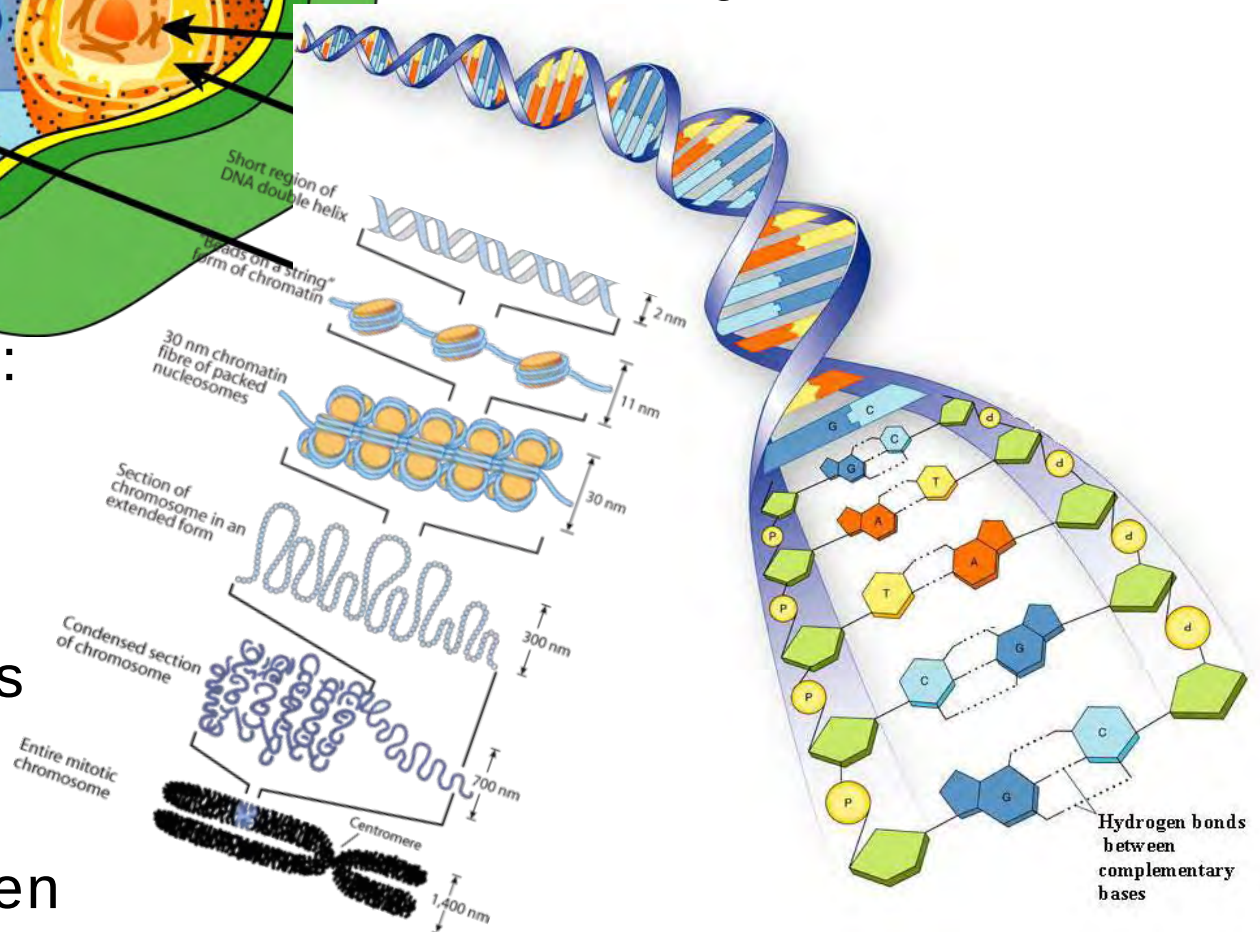
A DNS

tulajdonságai

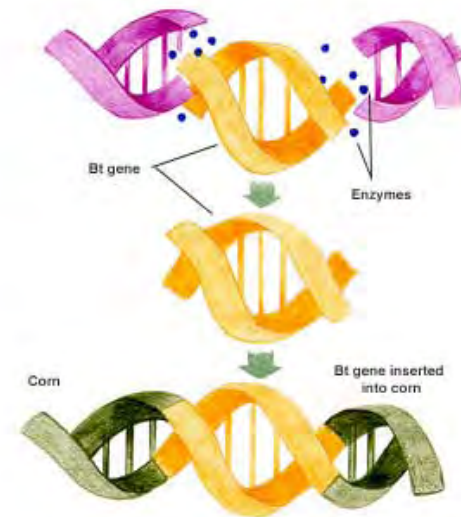
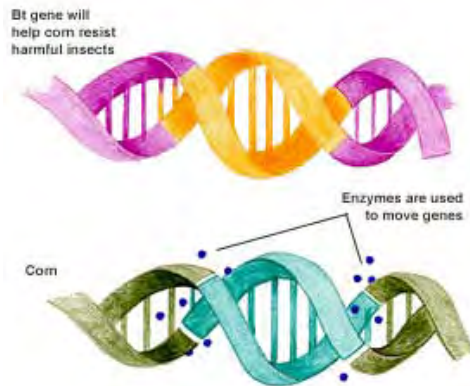
(állandó és változó) és

tömörödése

(10.000x) a sejtekben



- **Genetikai módosítás:** kedvezőbb (új/módosult) tulajdonságot kialakító idegen gén(ek) mesterséges bejuttatása élő sejtekbe → beépülése a gazdasejt genomjába → megfelelő működés és tovább öröklődés → **GM növény**
- Lehetőség **fajok közötti génátvitelre** (nincs szaporodási határ!)
- Szintetikus gének bevitele



EGY KATONAÉNEK

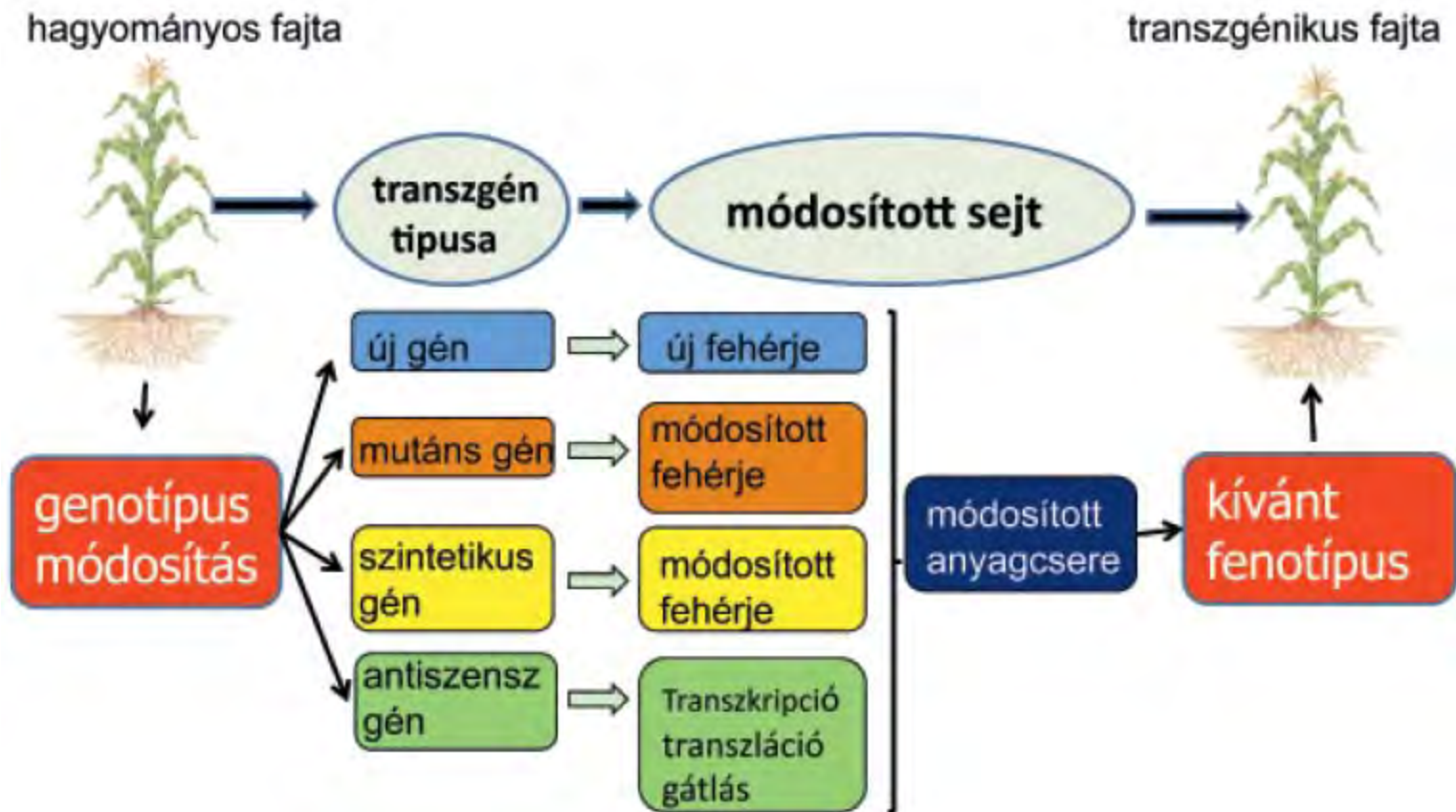
„Vitézek, mi lehet
E széles föld felett
Szebb dolog az végeknél?
Holott kikeletkor
Az sok szép madár szól,
Kivel ember ugyan él:
Mező jó illatot,
Az ég szép harmatot
Ád, ki kedves mindennél.”



Genetikailag módosított vers

Vitézek, mi lehet
E széles föld felett
Szebb dolog az életnél?
Holott kikeletkor
Az sok szép madár szól,
Kivel ember ugyan él:
Mező jó illatot,
Az ég szép harmatot
Ád, ki kedves mindennél.





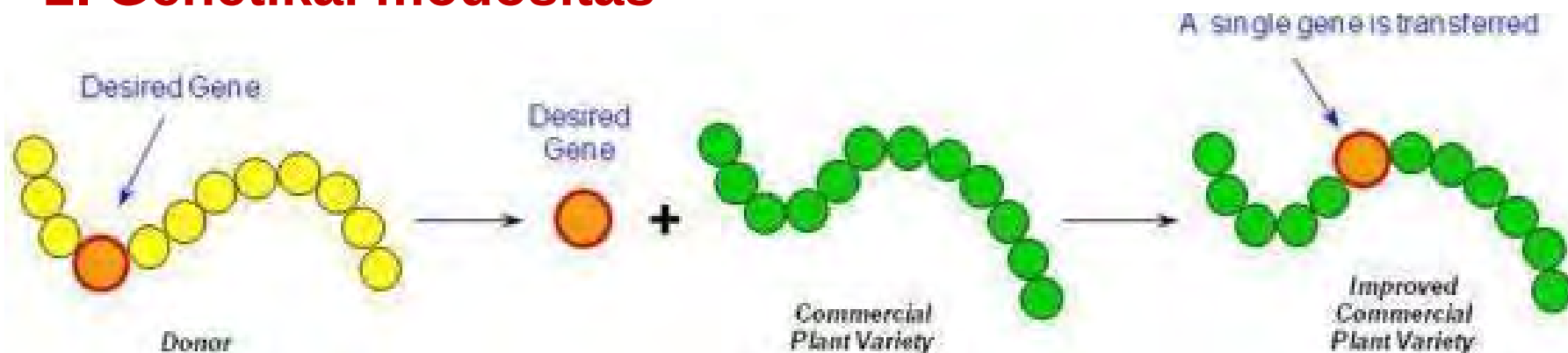
(Heszky, 2013)

Hagyományos nemesítés – GM összehasonlítása

1. Hagyományos nemesítés: keresztezés

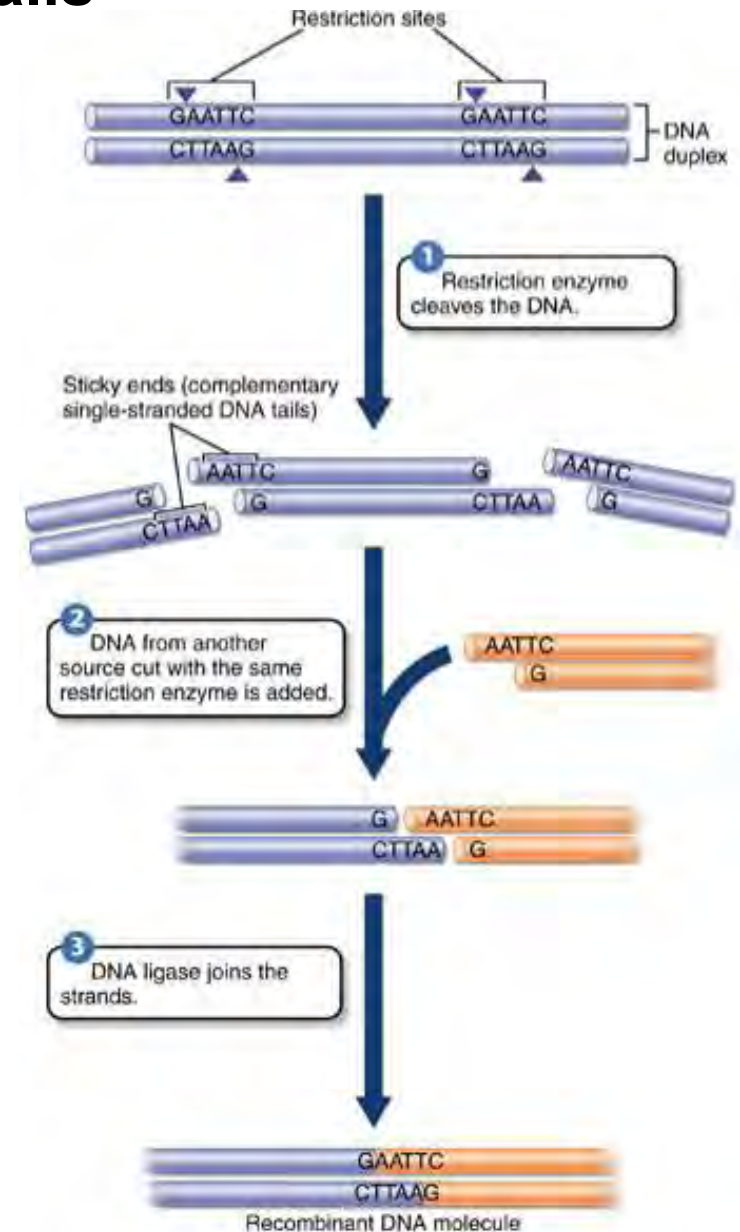
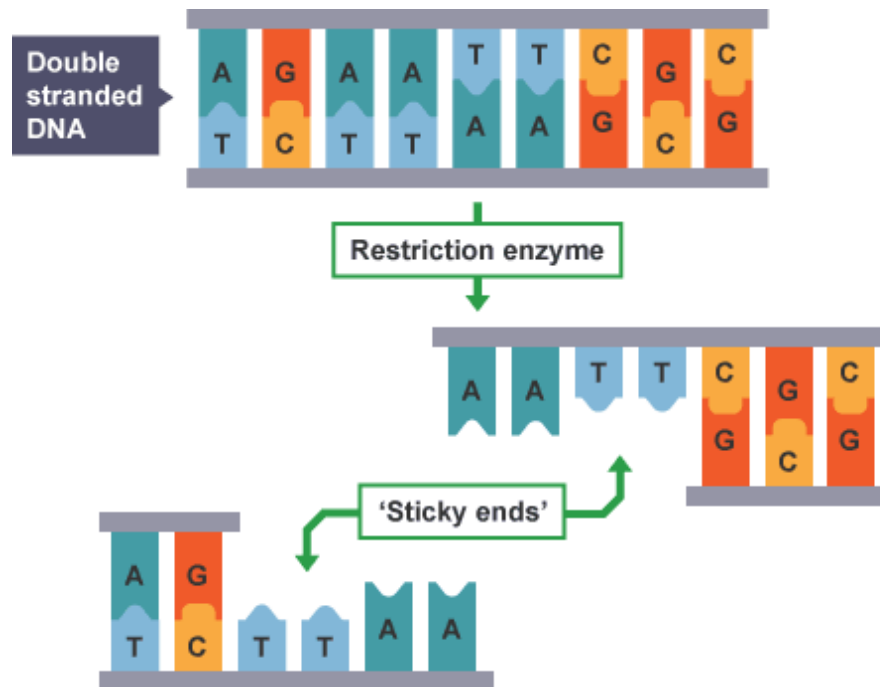


2. Genetikai módosítás

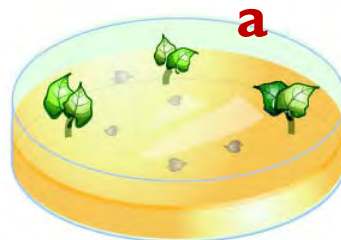
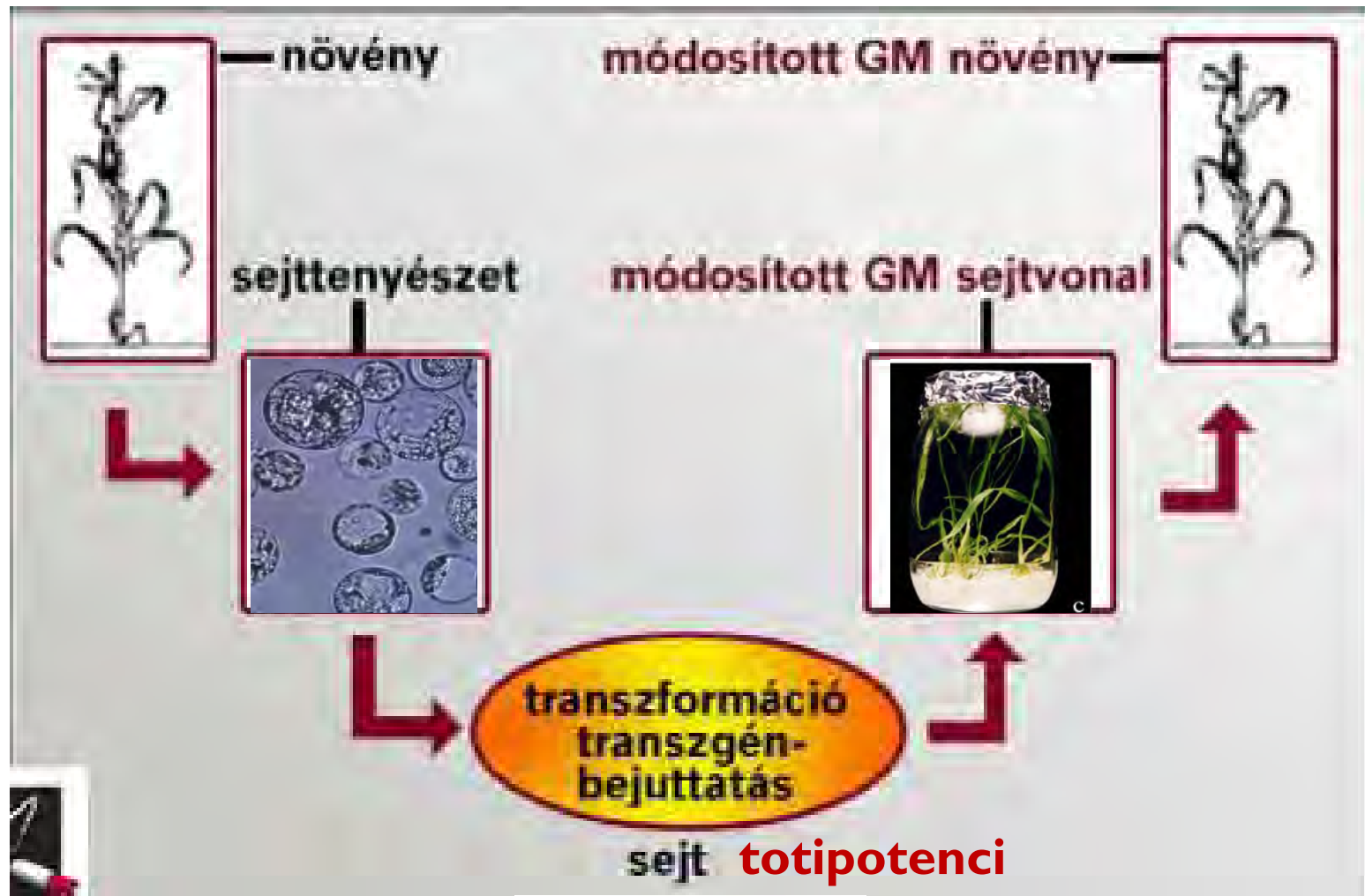


II. ALAPFELTÉTELEK, TECHNIKÁK

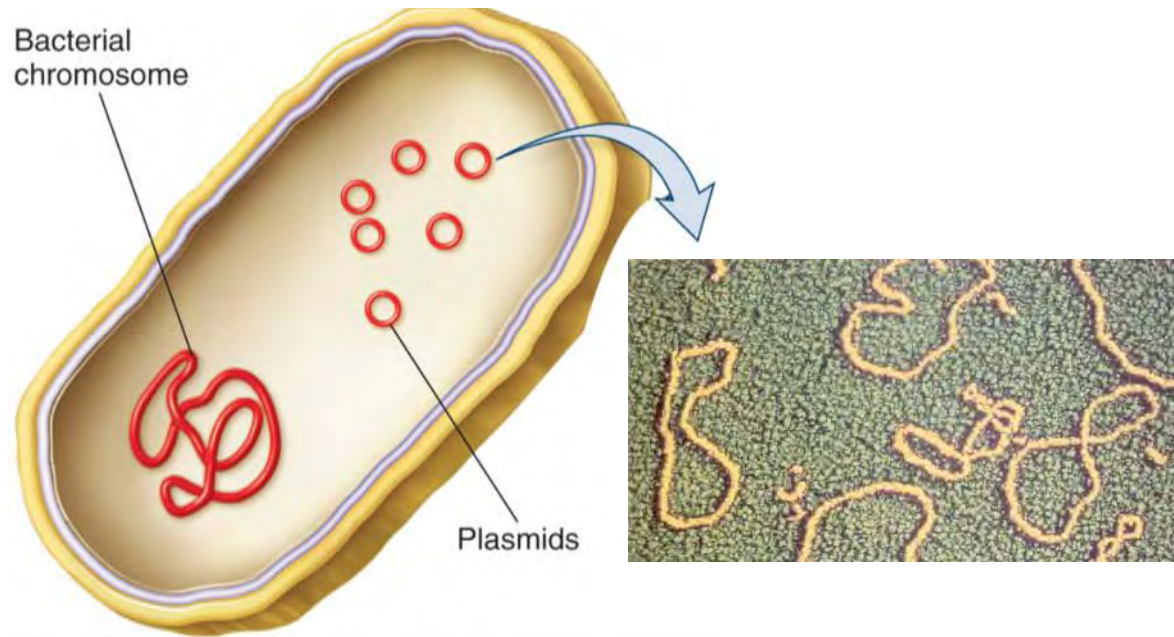
1. Az örökítő anyag (DNS) univerzális
2. A DNS-lánc enzimekkel hasítható és 'összeilleszthető'



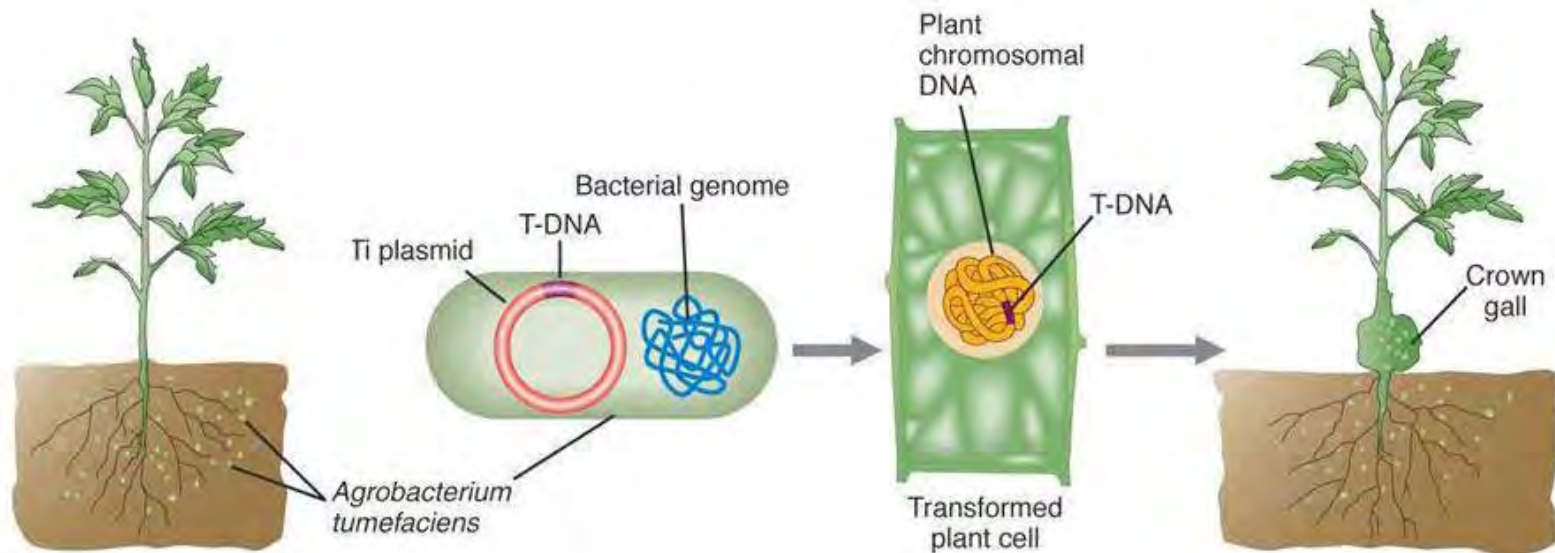
Növény-sejt-növény rendszer (*totipotencia*)



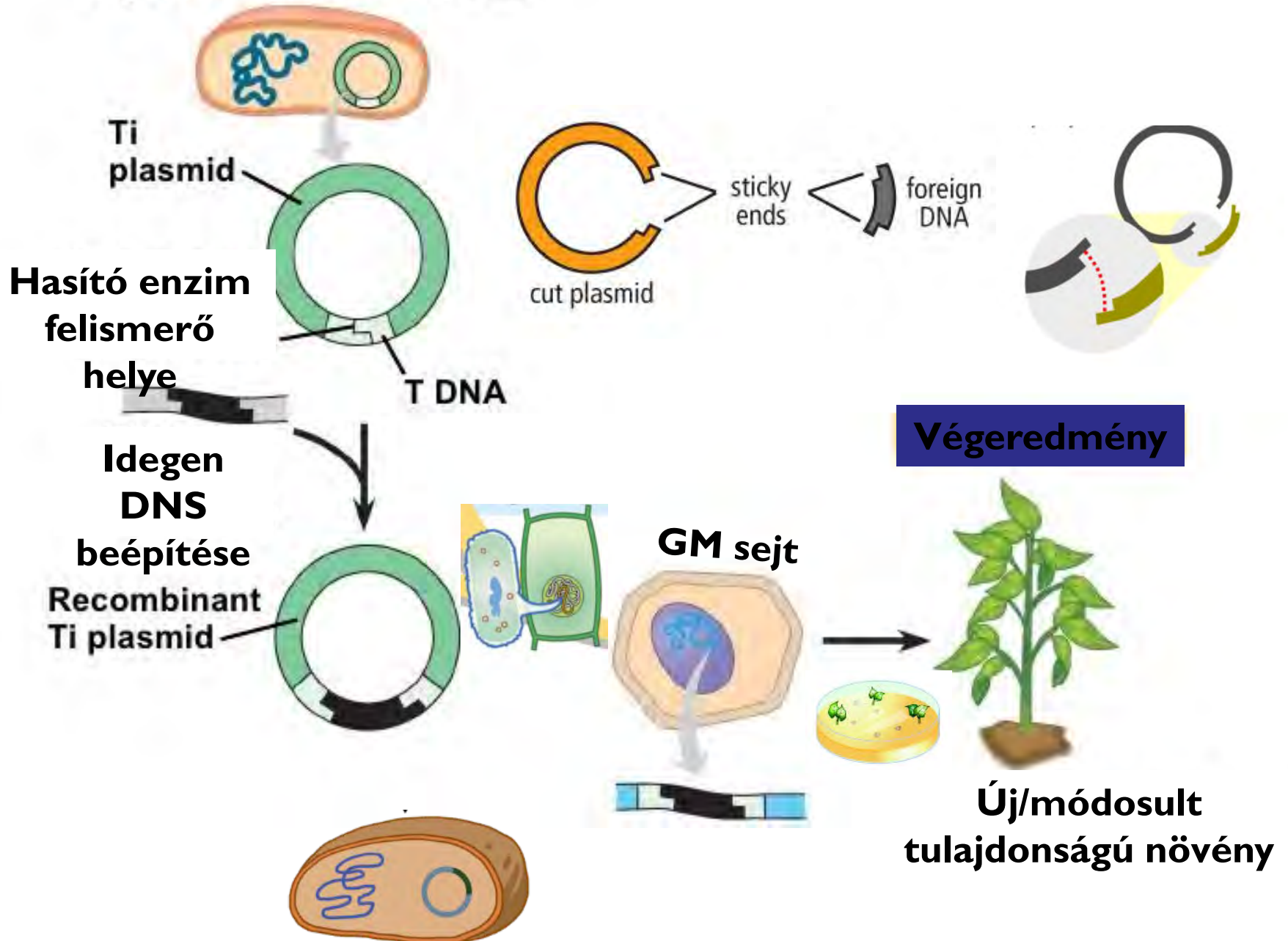
A genetikai módosítás módszerei: **1. Ti plazmid**



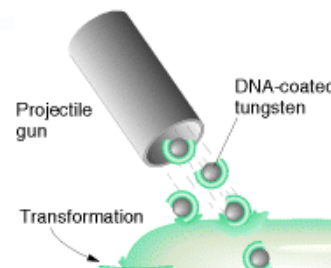
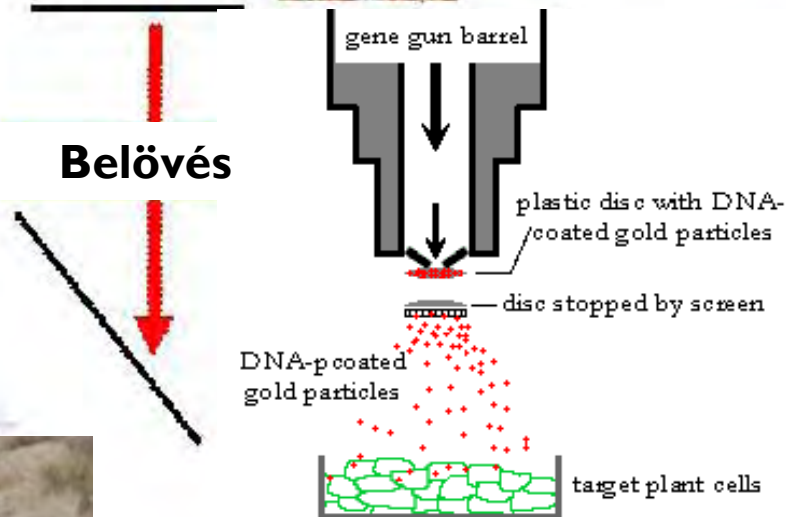
Agrobacterium tumefaciens



Agrobacterium tumefaciens



2. génpuska



Arany szemcse (mikro-méretű „sörét”)



Additional rounds of selection
and regeneration

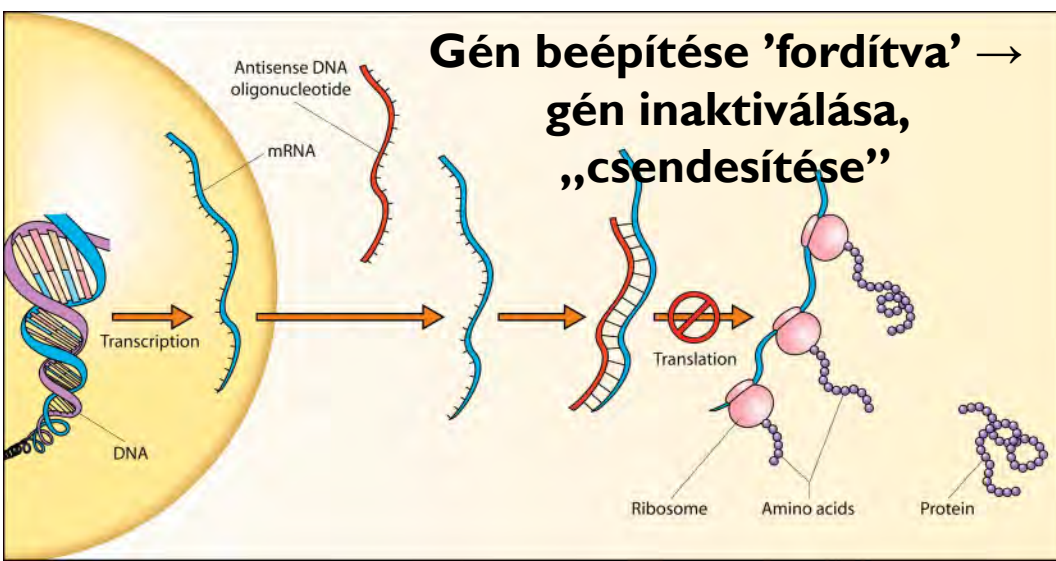


Shoot proliferation and rooting

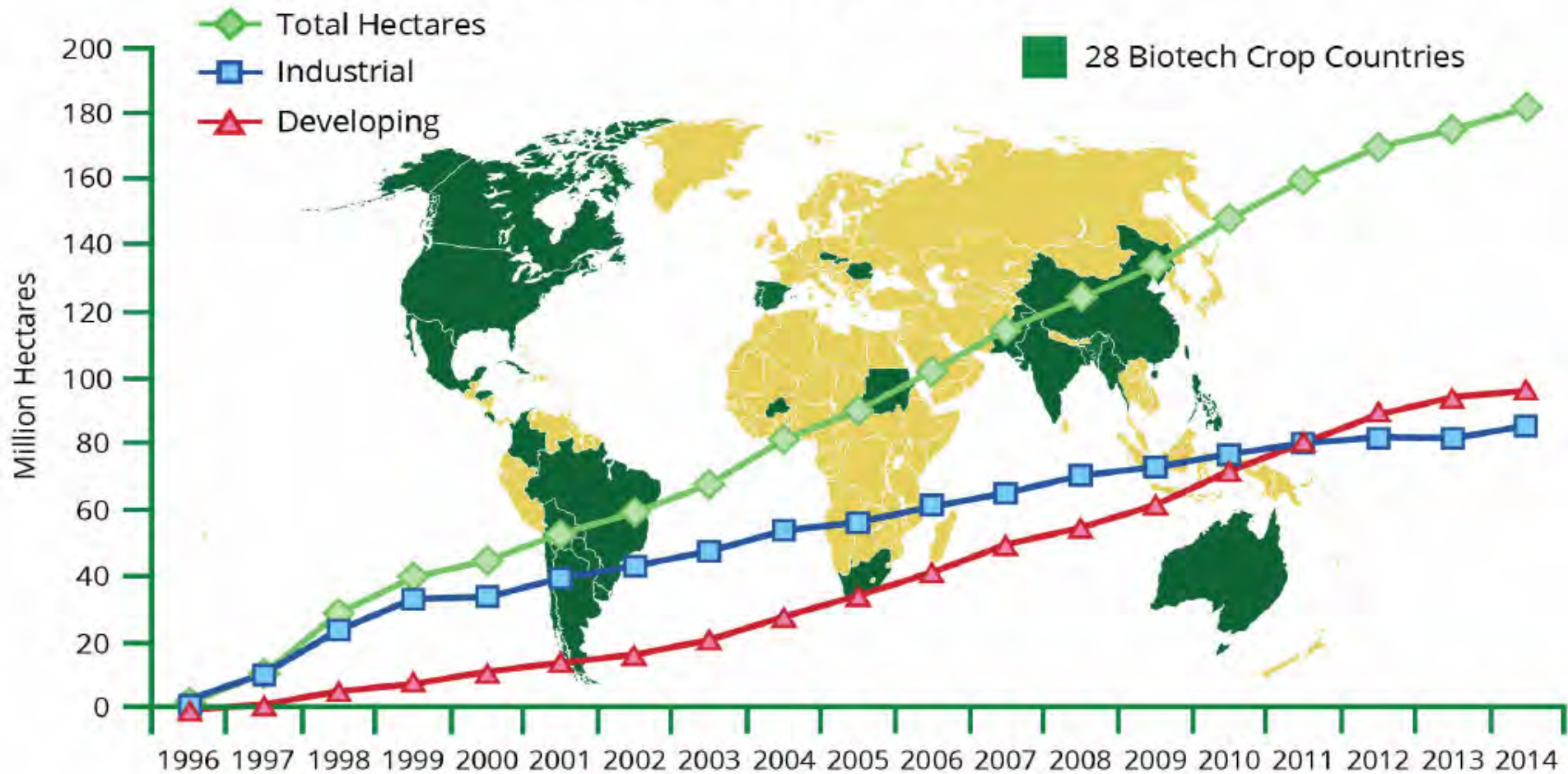


III. A GM növények kialakulása és helyzete

- 3 évtizedes múlt
- Első transzgénikus növény (*dohány*, 1983)
- Első kereskedelmi forgalomba került GM növény: *FlavrSavr* paradicsom (1994)



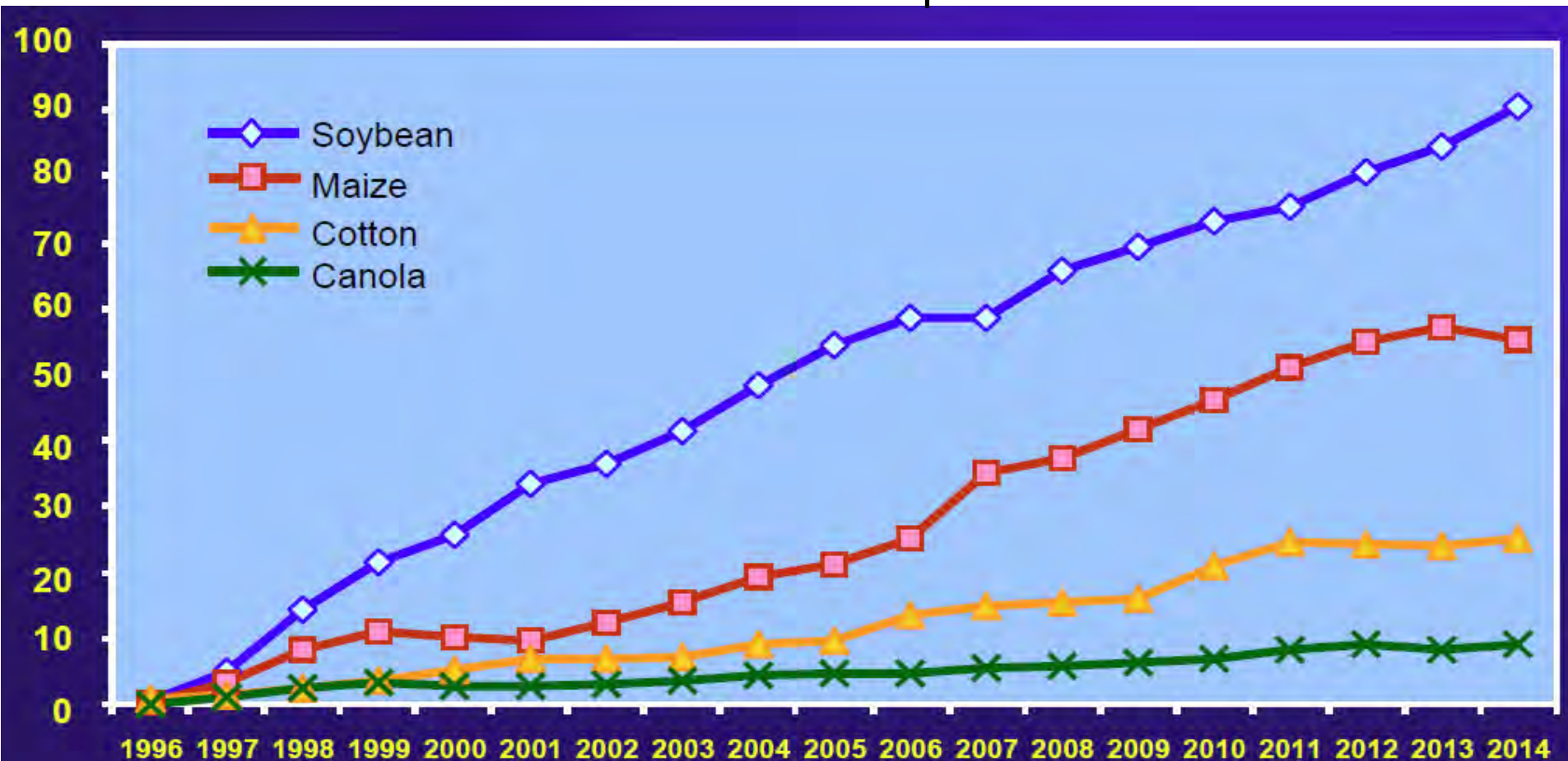
GLOBAL AREA OF BIOTECH CROPS Million Hectares (1996-2014)

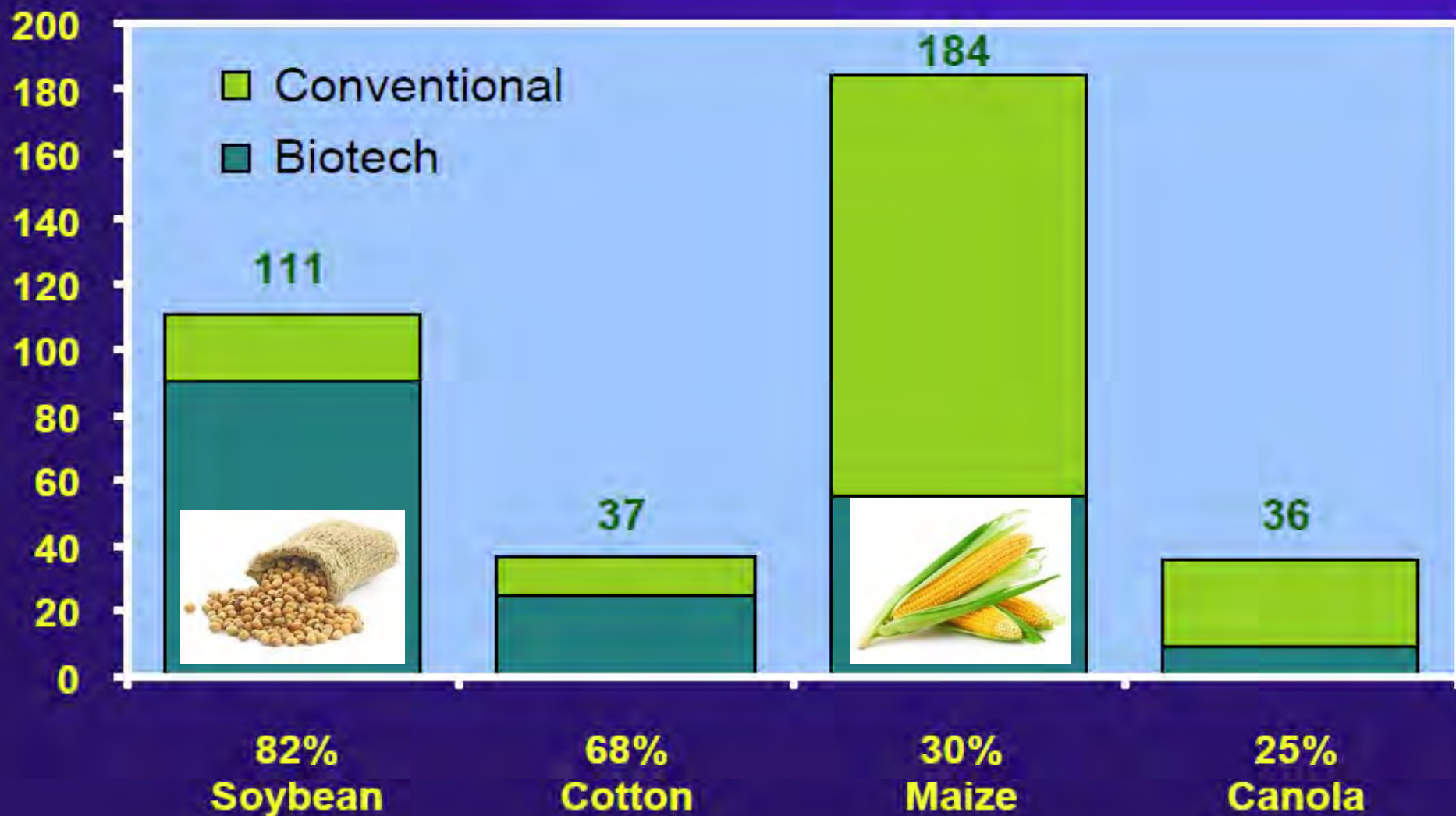


- 28 országban
- 181,5 millió hektáron (a teljes vetésterület 12 %-a)
- 3-4 %-os területi növekedés (2014-ben +6,3 mha)

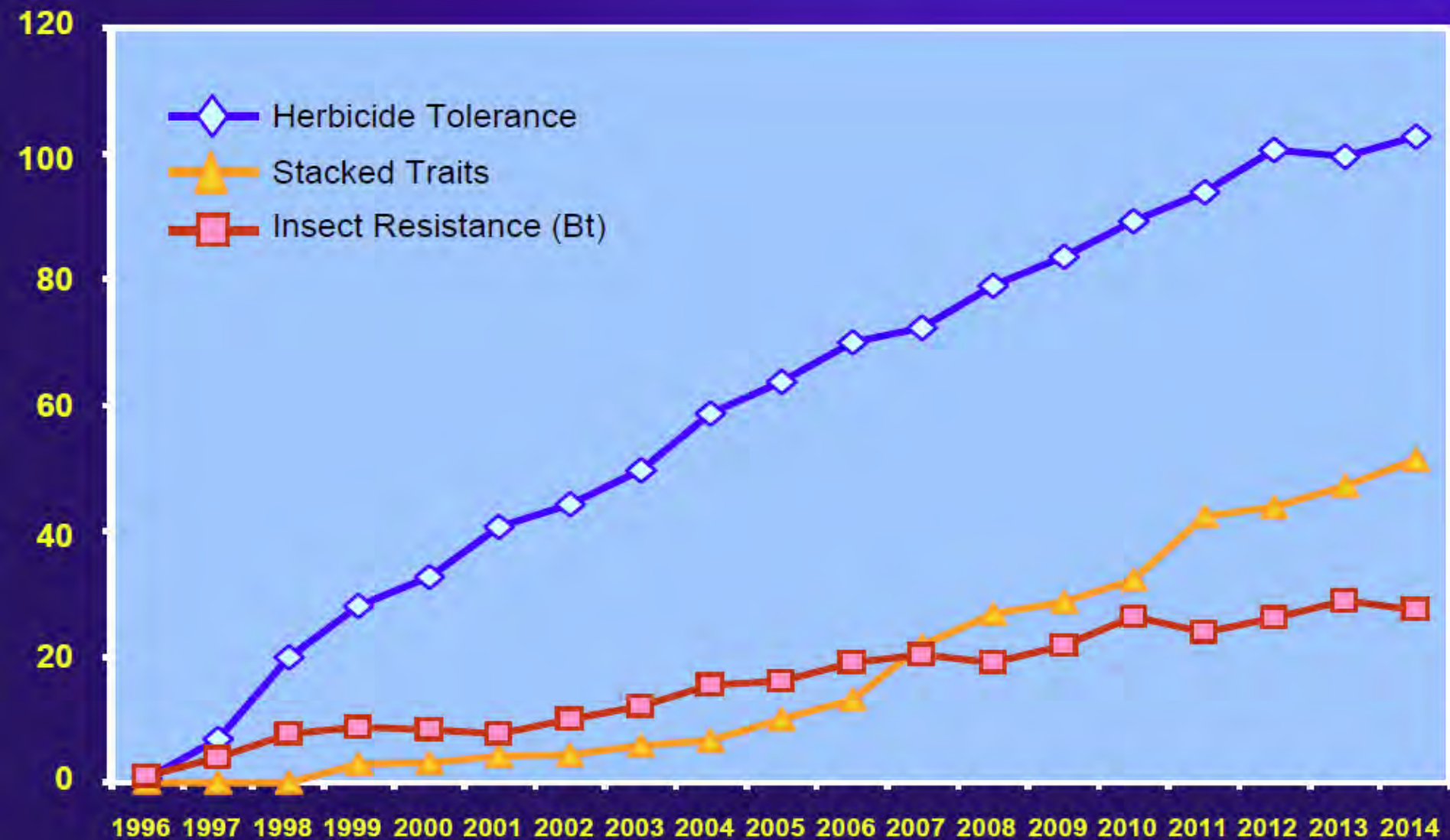
Legfontosabb GM növények:

- szója
- kukorica
- gyapot
- repce





„A biotechnológia rohamos fejlődésével a mezőgazdaság (vetőmagipar) az információs technológia korába lép, ahol néhány cég (pl. Monsanto, a mg. „Microsoft-ja”) szolgáltatja az "operációs rendszert,, a növények új generációinak.,”(The New York Times Magazine, 28 Oct. 1998.)



IV. A GM növények (potenciális) előnyei

- **Élelmiszerszükséglet:** rövid idő alatt megnövekedik → biztosítani tudjuk-e a hagyományos módszerekkel a növekvő létszámú emberiség élelmiszer-ellátását?
- **Ellenérv:** van elég élelmiszer, a pazarlás 30-40%-os!
- **Nagyobb stressz-ellenállóság (*rezisztencia*)** → nagyobb termésbiztonság → több termés.
- **Környezetkímélő termelés** (kevesebb növényvédőszer felhasználás).
- **Ipari, egyszerűbb termesztés-technológiák** kialakítása.

„Az az elképzelés, hogy a fejlődő országok önellátóak legyenek, egy letűnt kor korszerűtlen tana.

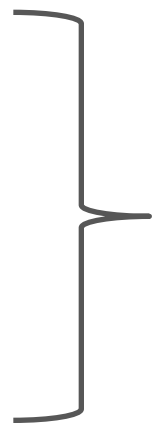
Ezen országok élelmiszerbiztonságát az USA mezőgazdasági termékeinek behozatalával lehet megfelelően

biztosítani – amelyek általában még olcsóbbak is.,, (John Block, mg. államtitkár, 1986)



Globális termésveszteség: 42 %



- Betegségek: 20 %
 - Gyomok: 12 %
 - Kártevők: 10 %
- GM-technológia
- 

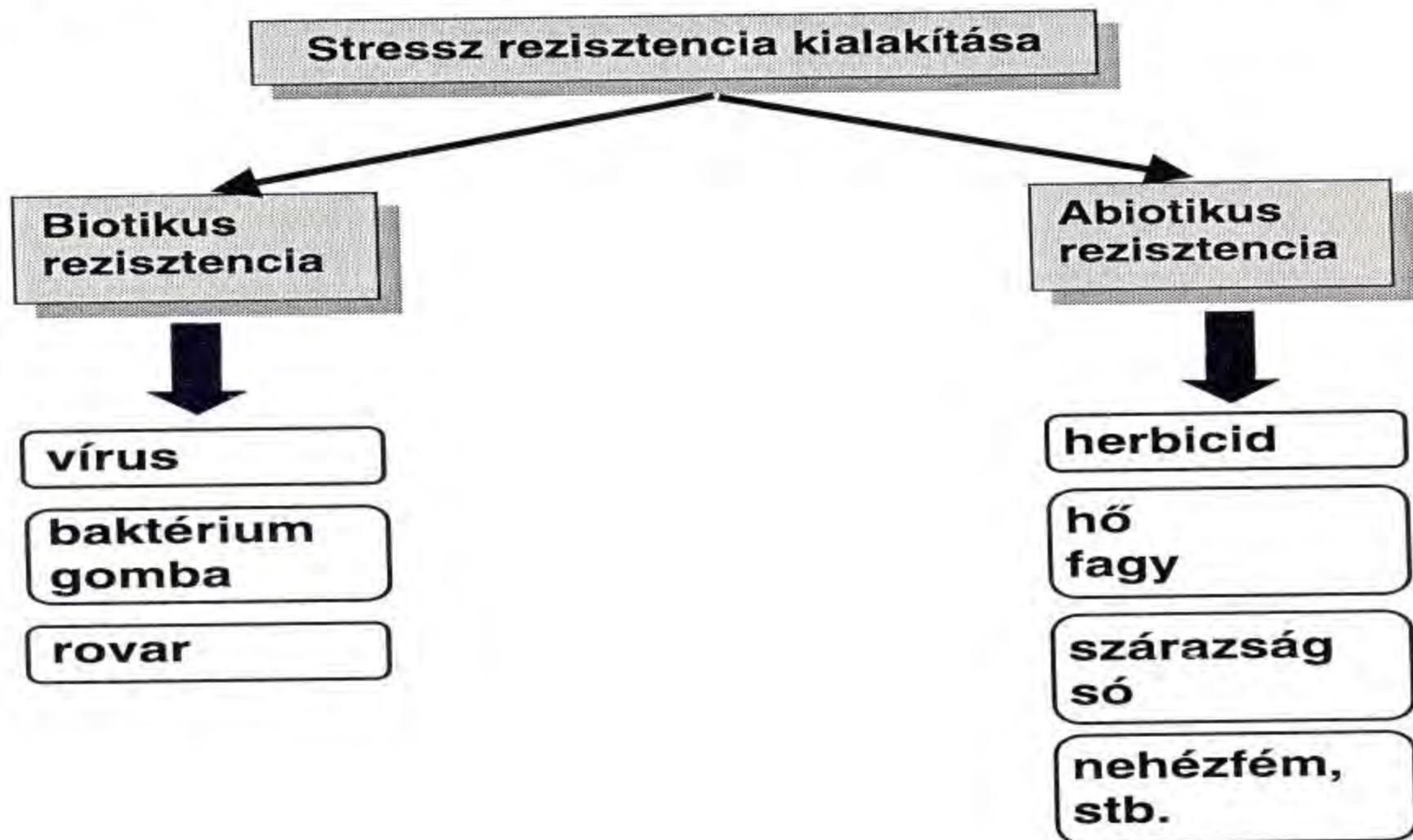


Nagyobb **termésbiztonság**

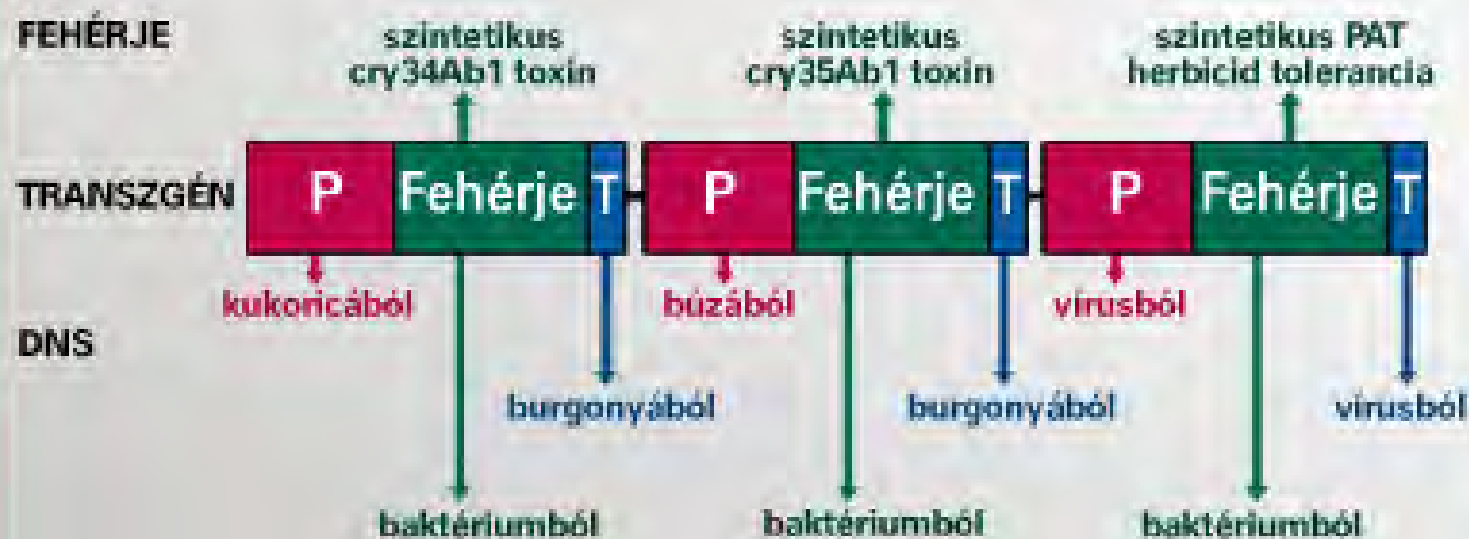
(közvetett termésnövelés)

ELSŐ GENERÁCIÓS TRANSZGÉNIKUS NÖVÉNYEK

Stratégia: növénytermesztési technológiák fejlesztése



A kukoricabogár-rezisztencia génkonstrukciója



**P = promóter, T = terminátor,
Fehérje = gazdaságilag jelentős gén**



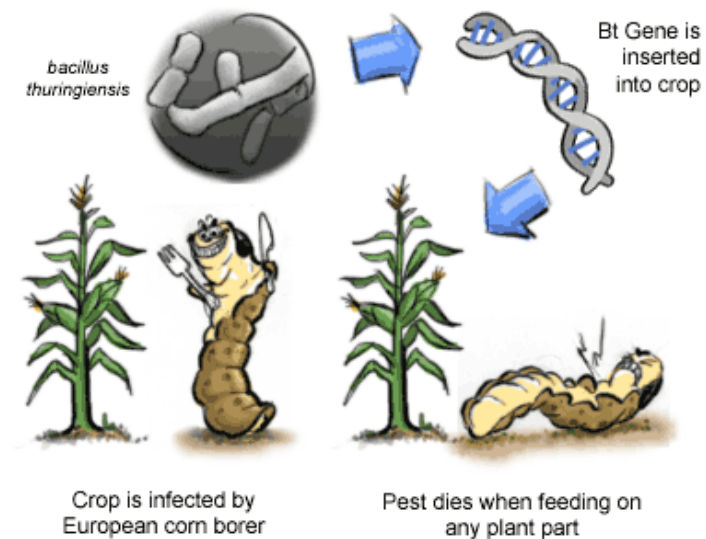
A *Bacillus thuringiensis* Bt toxinját termelő növényeket a kukoricamoly nem károsítja.



Ostrinia nubilalis



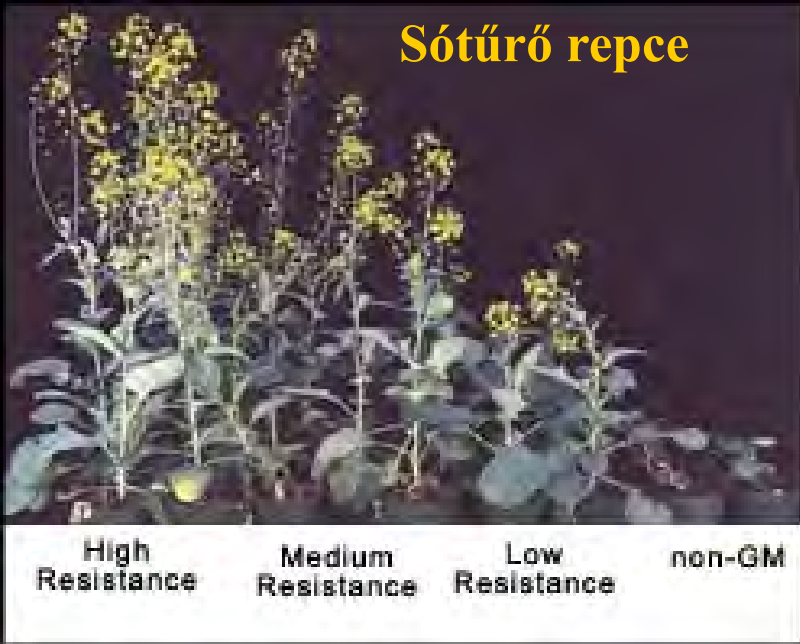
Flits és Heszky kísérlete, 2000





Rpi-vnt1.1 rezisztencia gént hordozó
GM burgonya (A) és
GM paradicsom (B)
fitoftóra rezisztenciája.

Sótűrő repce



Herbicide rezisztens, lassabb növekedésű fűfajok

Bioremediáció

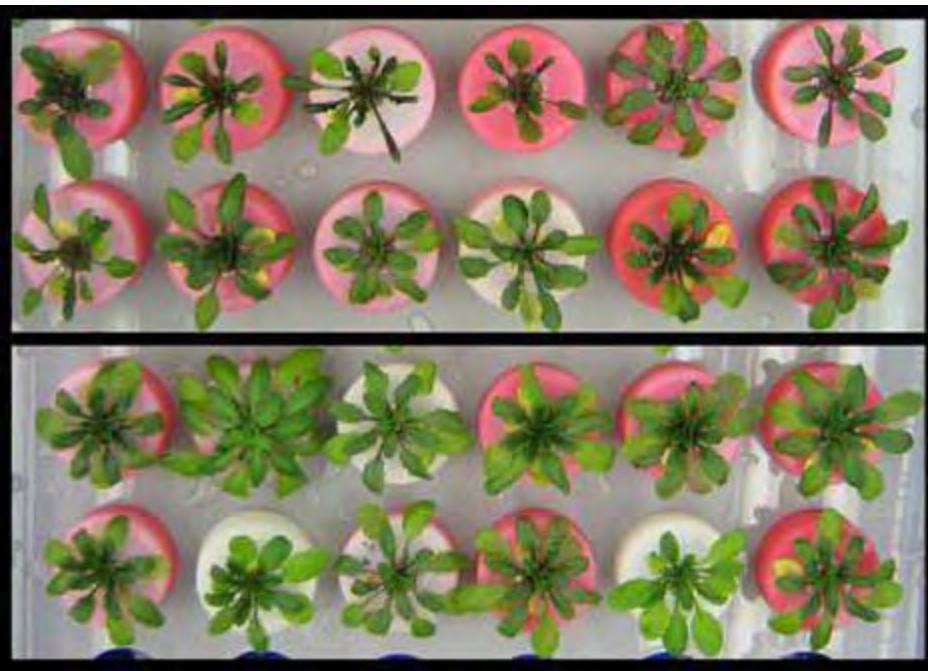
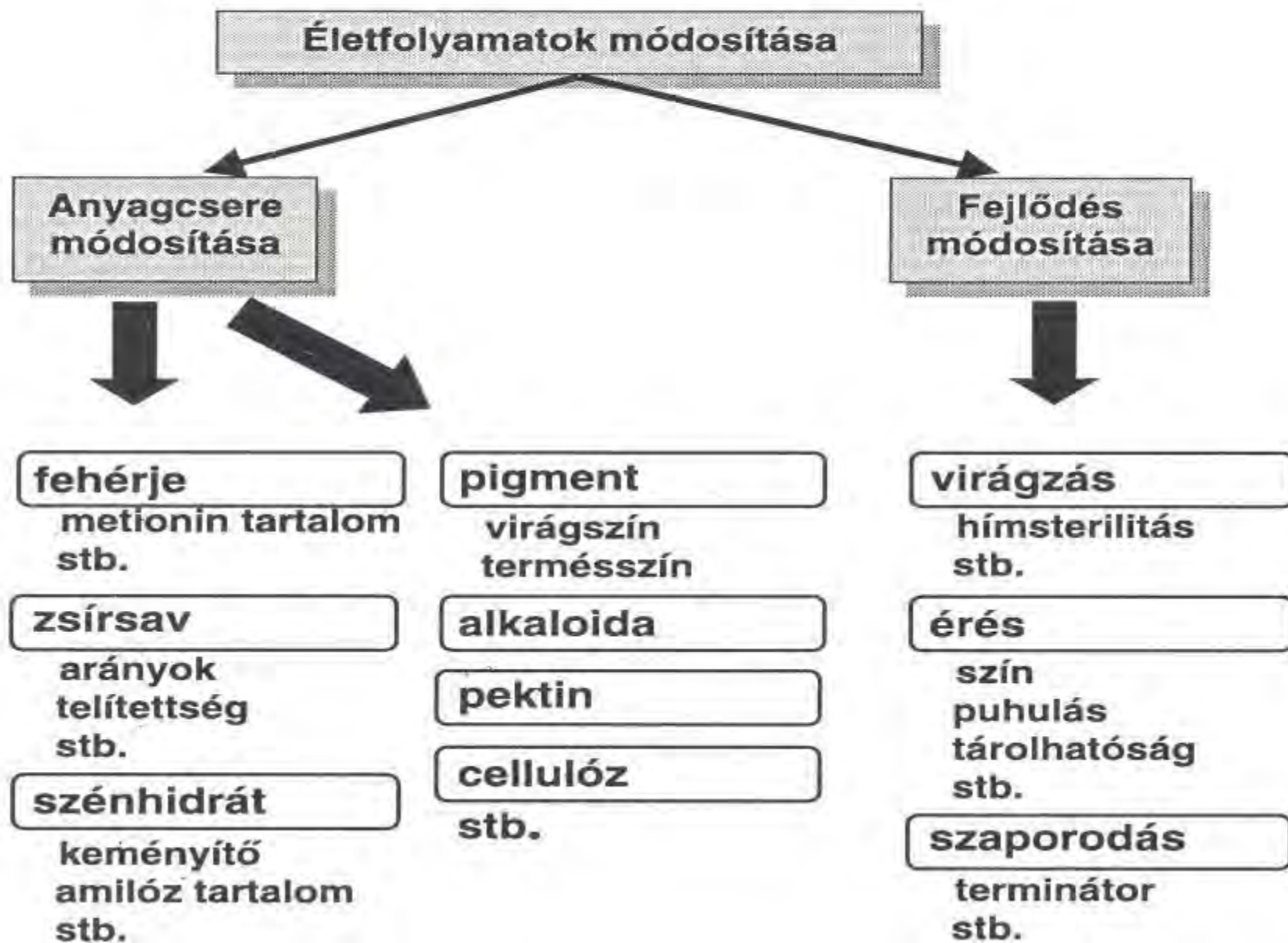


Figure 3. Canola (*Brassica napus*) plants subjected to heat stress during flowering. Left, plant containing transgene for heat tolerance; right, wild-type. (Photo courtesy of

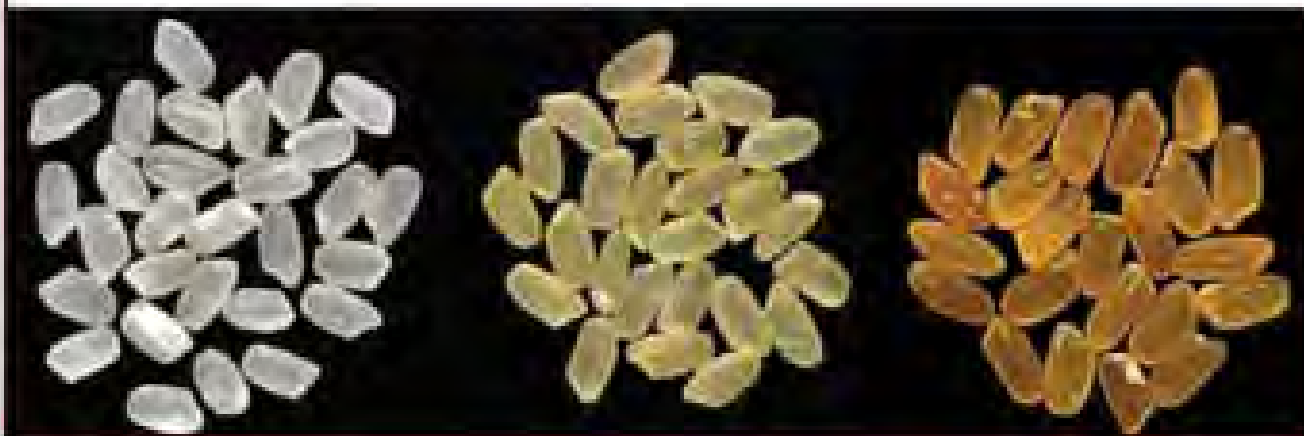
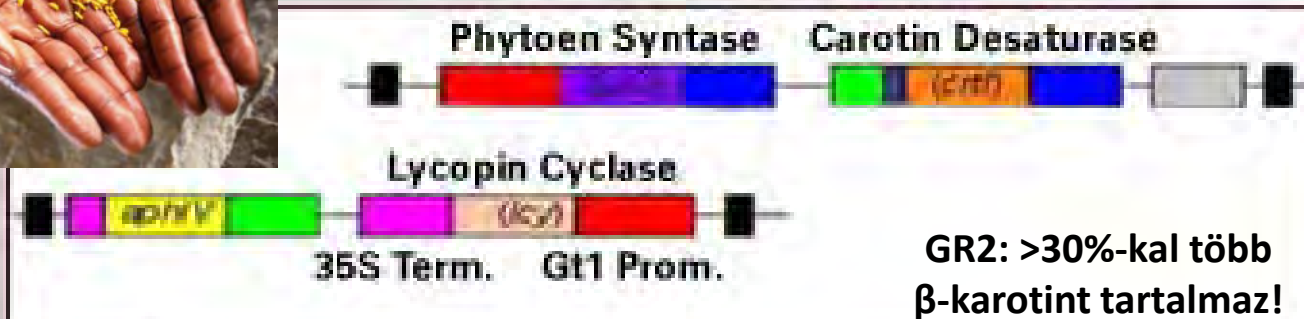


MÁSODIK GENERÁCIÓS TRANSZGÉNIKUS NÖVÉNYEK

Stratégia: a termék minőségének javítása

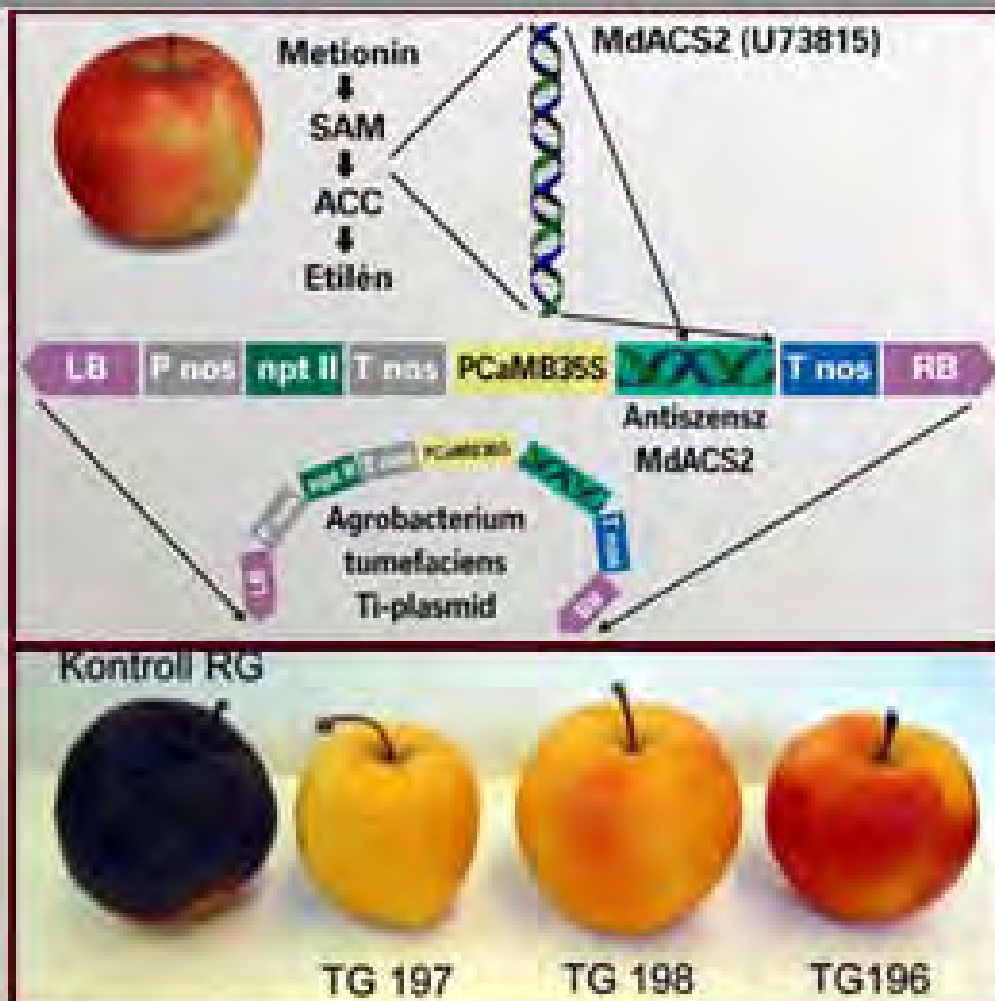


Az A-vitamint termelő arany rizs



Forrás: *Nature Biotechnology* 2005, 23 (4):482-487

Etilén-bioszintézisben gátolt transzgénikus alma előállítása géntechnológiai módszerekkel



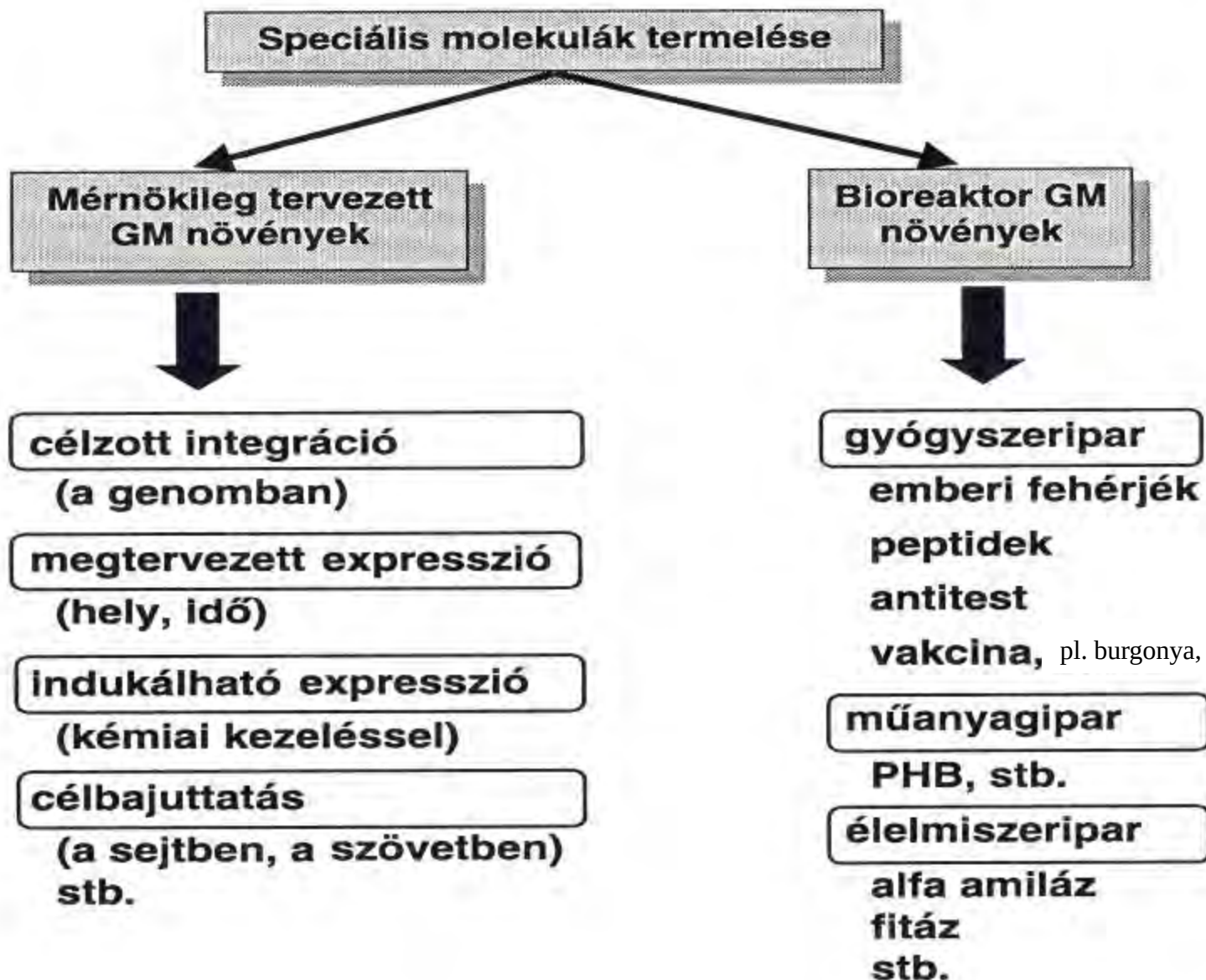
A virágszín géntechnológiai módosítása



Forrás: www.florigene.com

HARMADIK GENERÁCIÓS TRANSZGÉNIKUS NÖVÉNYEK

Stratégia: ipari alapanyagok előállítása



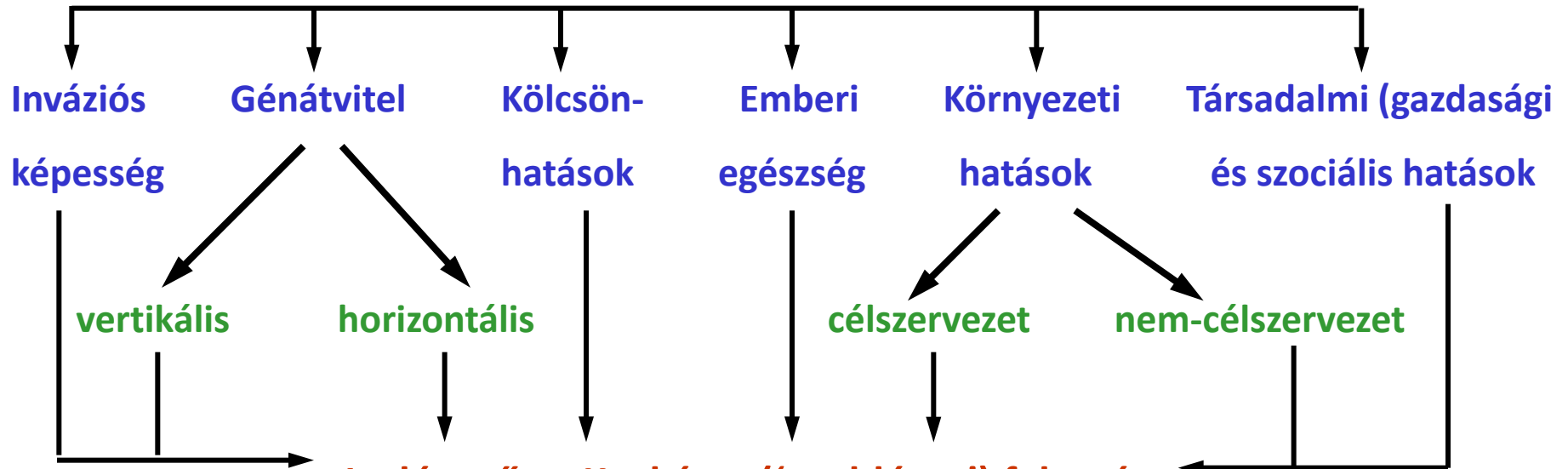
IMPACTS OF BIOTECH

The latest PLOS ONE metastudy looked at the impacts of biotechnology. We dove in.



147 tudományos közlemény eredményei: **a GM növények termesztése előnyös a gazdák számára** (Klümper & Qaim, 2014).

V. GM növények lehetséges kockázatai, kockázatbecslése



1. lépcső: Kockázat ('probléma') felvetés

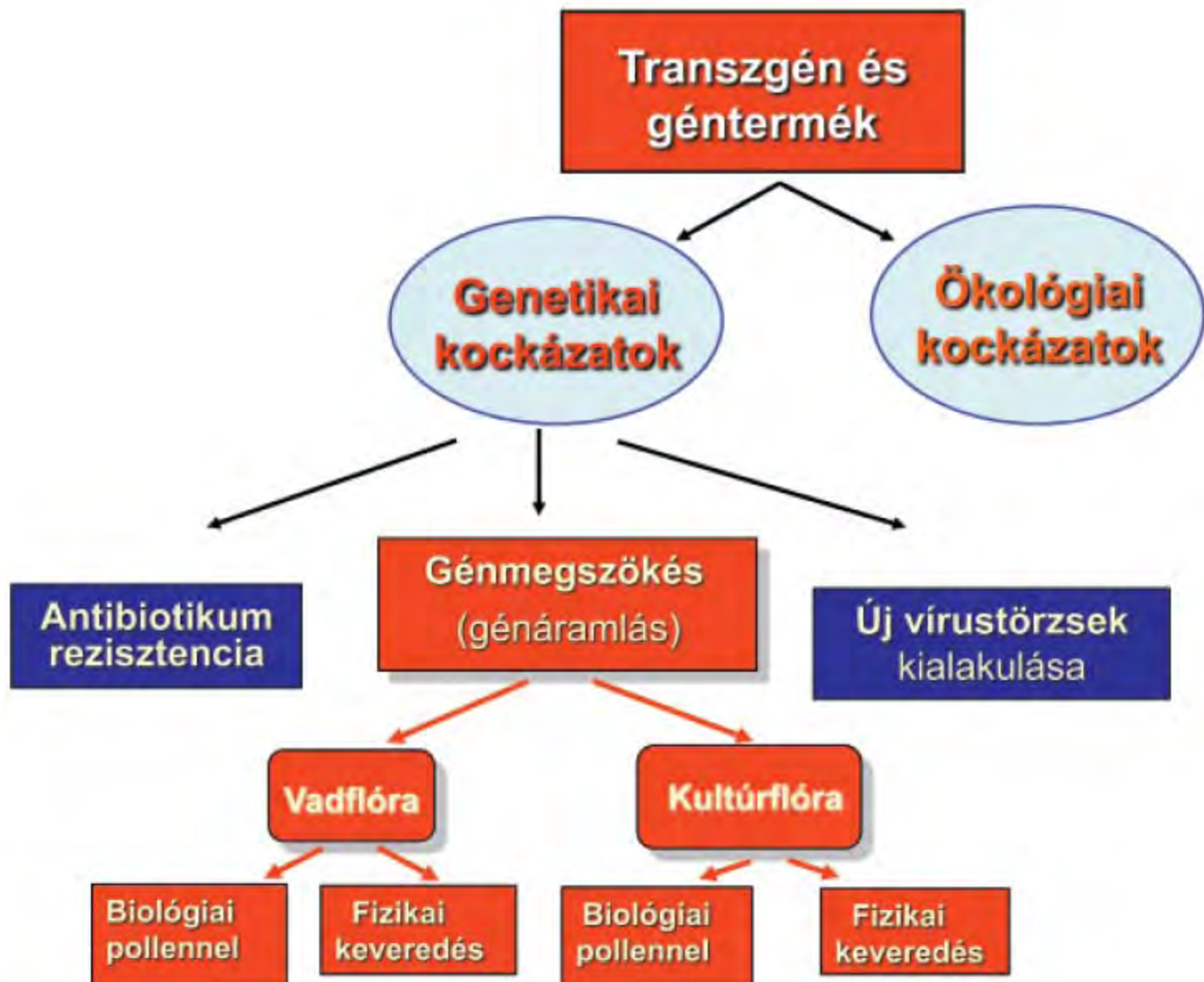
2. lépcső: Kedvezőtlen hatás jellemzése

3. lépcső: Kitétttség jellemzése

4. lépcső: Kockázat jellegének & mértékének meghatározása

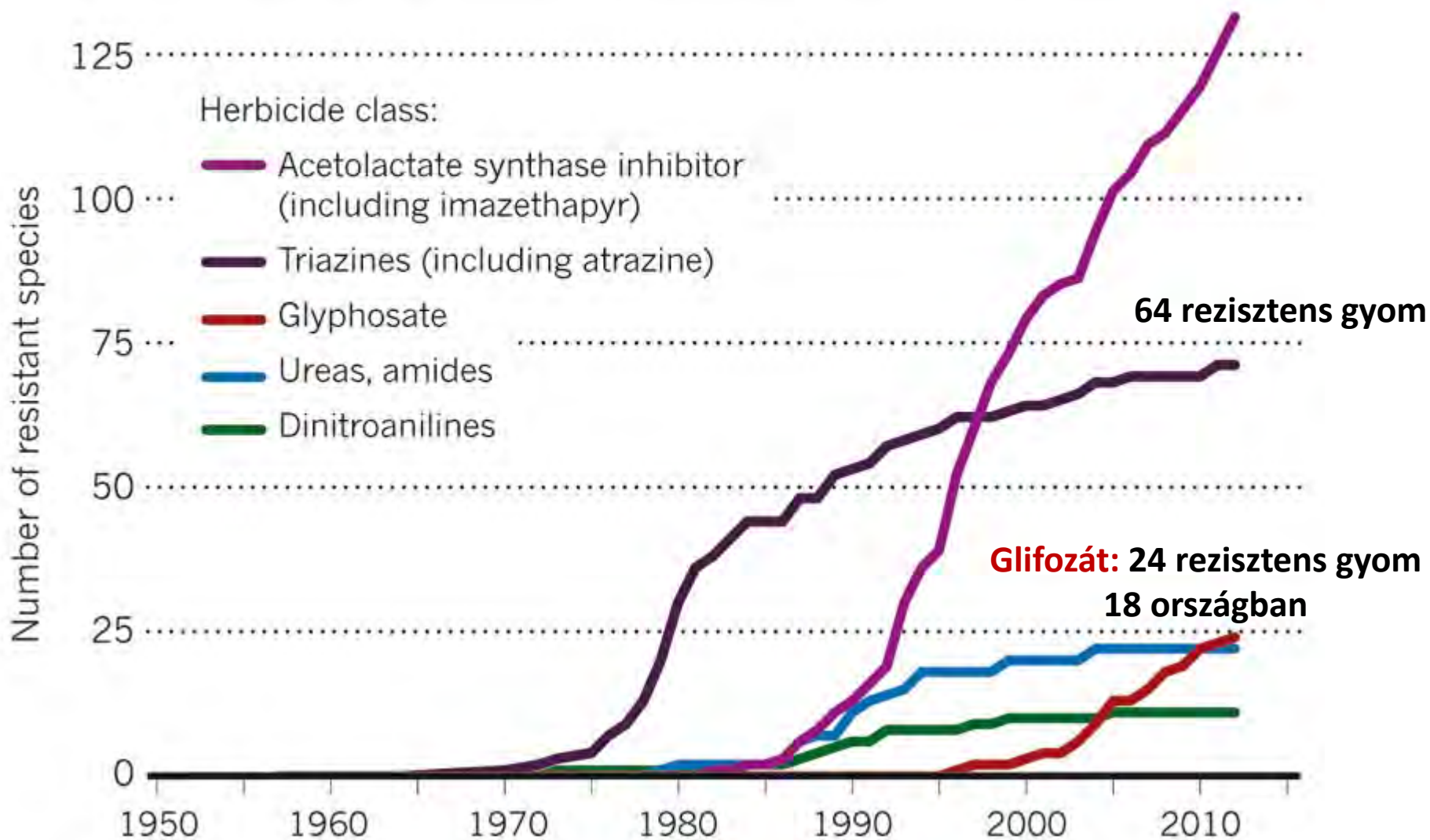
5. lépcső: Kockázat-kezelési eljárások meghatározása

6. lépcső: Részletes kockázatbecslési módszer(ek) alkalmazása

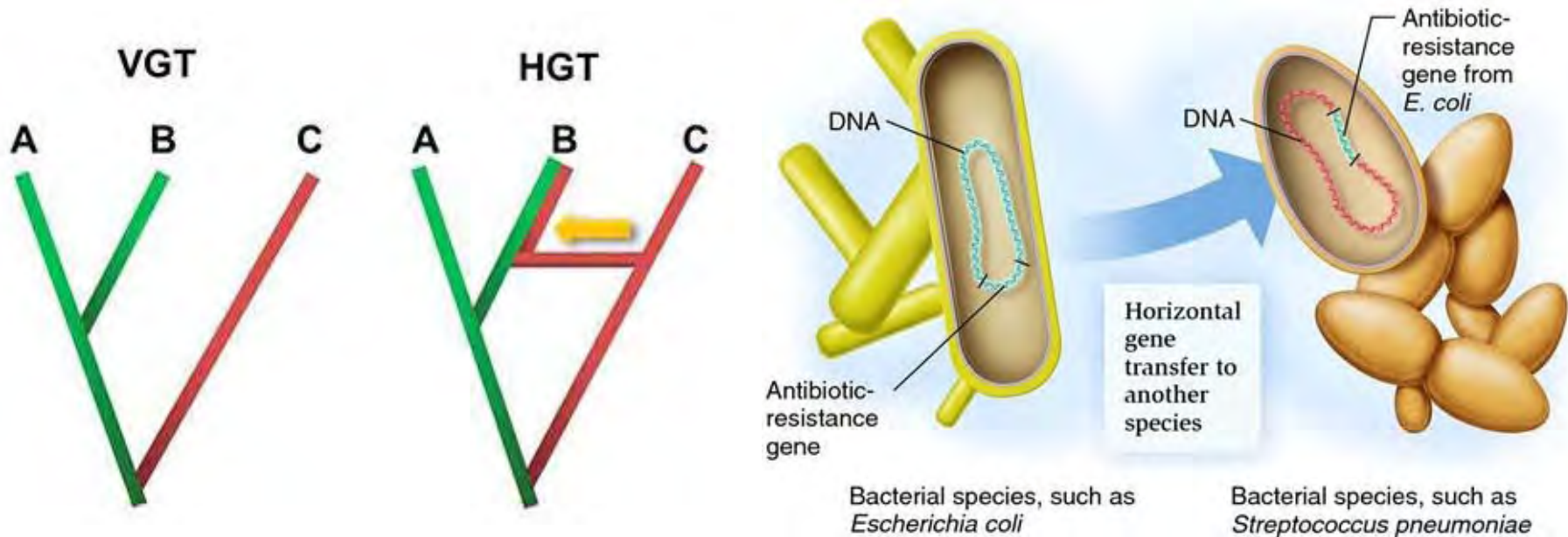


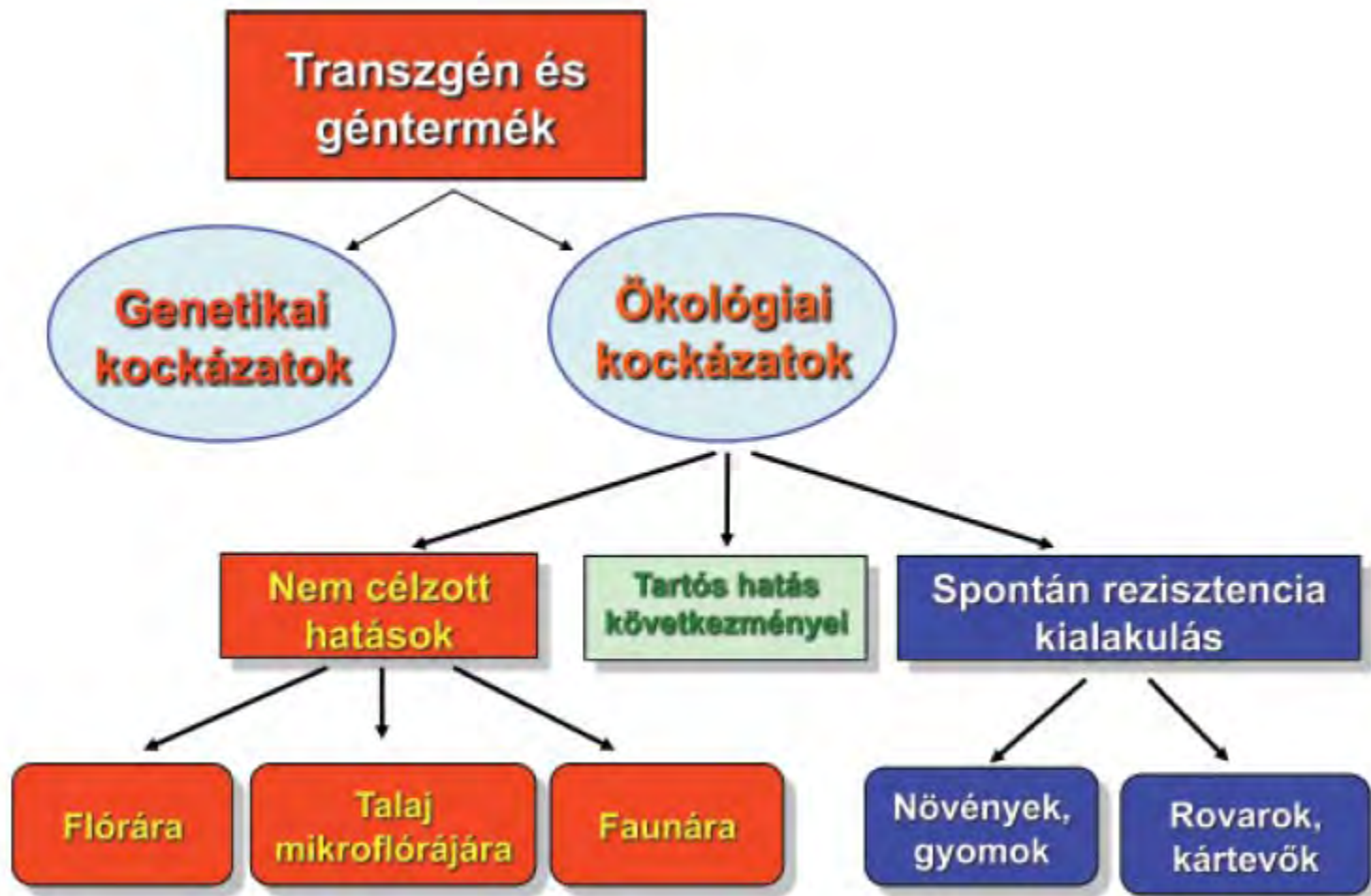
Ellenálló „szupergyomok” elterjedése

Glifozát (Roundup®): a legnagyobb mennyiségben használt növényvédőszer.



- **Vertikális génátvitel:** ivaros szaporodással a szülői genetikai anyag (DNS) az utódba kerül.
- **Horizontális génátvitel:** egy szervezet DNS-e egy másik, nem-utód szervezetbe kerül – lehet **más fajhoz tartozó** is!





- Bt toxin szintek a **Sicot 289i GM-gyapot** fajtában: levél: 2,900-20,300 ppb;

gyökér: 4,900-18,700 ppb.
- 8 hetes korban: a Bt toxin szint a gyökérben magasabb volt, mint a levélben (főgyökerekben 4,900 ppb, mellékgyökerekben 7,000 ppb; levélben 2,900 ppb/száraza.g.tömeg).
- A lehullott levelek Bt toxin tartalmát a talaj mikroorganizmusok nehezen bontják le (Gupta & Watson, 2004; <http://www.environment.gov.au/node/21209>).

termelődik. *A termelődő toxinmennyiségek szerint a növényi szervek között a következő sorrend állítható: levél > szár > termés > gyökér > portok > pollen.*

Bt fehérje (Cry toxin) GM kukorica fajtákban					
	Cry fehérje	hajtásban	gyökérben	növényben	Cry toxin
					kg /ha
MON 810	Cry1Ab	1193	496	1689	0.13
MON 88017	Cry3Bb1	14915	4030	18945	1.5
MON 89034	Cry1A.105	2826	620	3446	0.27
MON 89034	Cry2Ab2	4553	496	5049	0.4

Benbrook, 2012. Impacts of GE crops on pesticide use in the U.S. – the first 16 years.

Fajta- vagy „genetikai esemény” specifikus értékelés!

Nem-célzott hatások: más szervezetek

Megporzók-pollenfogyasztók



Herbivórok:

rovarok,
madarak,
emlősök

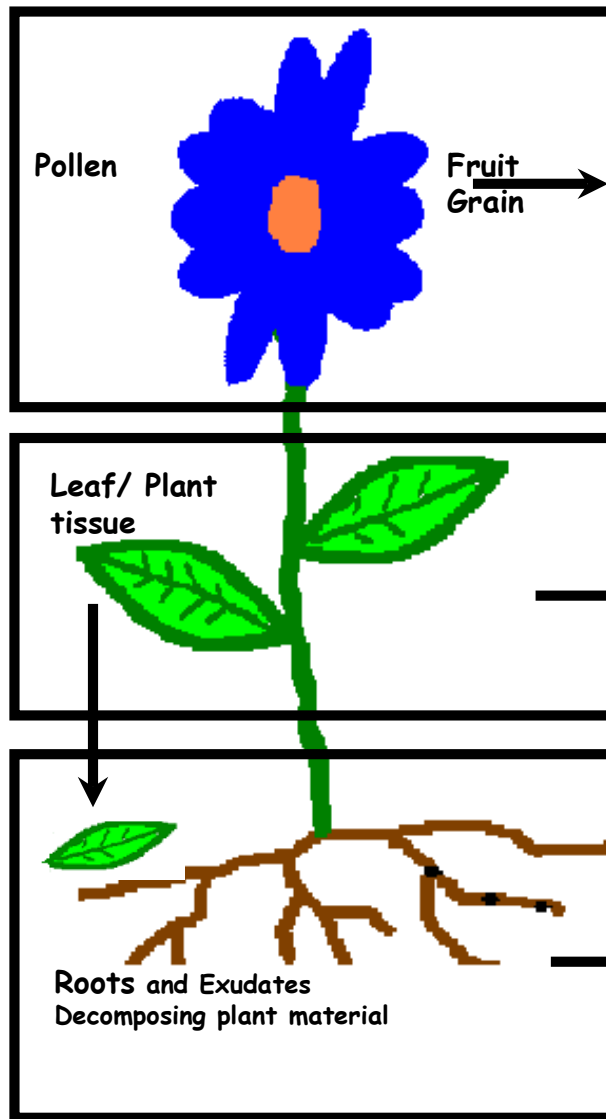
Tri-trophic
interaction



Természetes

ellenségek:

predátorok,
parazitoidok



**Magokkal,
gyümölcsök-kel
táplálkozók:**
rovarok, madarak,
emlősök

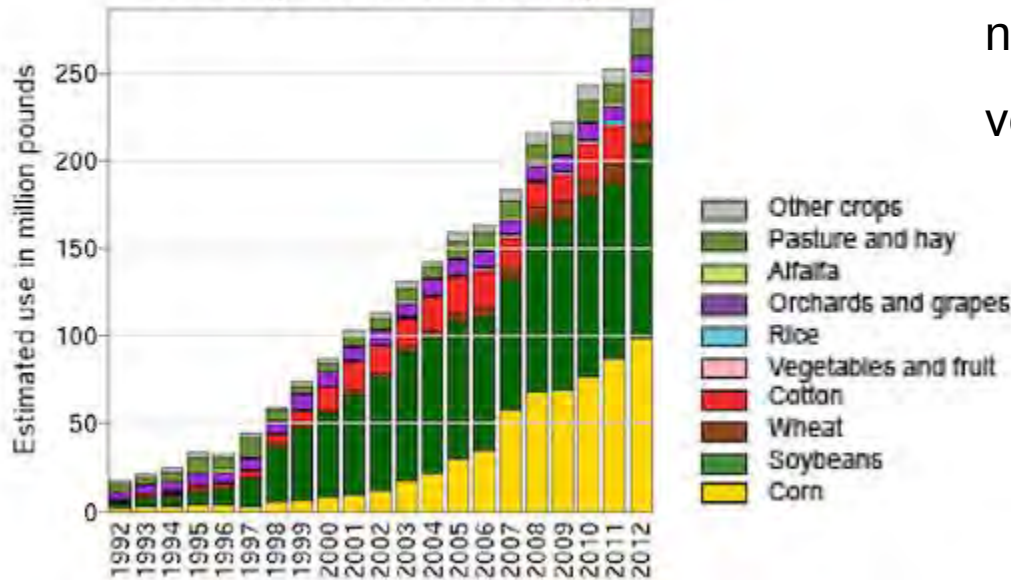
**Szívogató
rovarok**

Talajlakók:
mezofauna,
mikroflóra



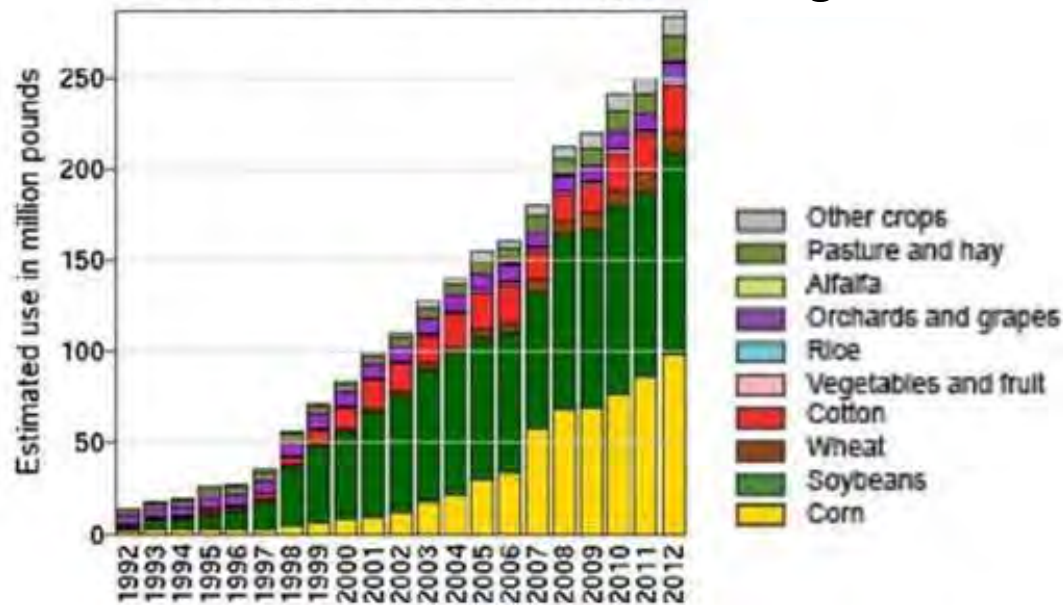
U.S.A. Glifozát (Roundup®): világszerte a legnagyobb mennyiségben használt növényvédőszer.

Use by Year and Crop



Argentina

Use by Year and Crop



A GM növények szerepe a talajélet és –minőség megóvásában

- **Herbicidek-rezisztens GM növény + növényvédőszerek + talajművelés csökk.**
- **Vizsgálandó kockázatok:** herbicidek (pl. *glifozát*) tartós alkalmazásának hatása a **talajéletre**/talajvízre/gyomokra.



- **Talaj-ökoszisztéma:** mikrobák, gombák, férgek, kukacok, hernyók, rovarok ... élnek O₂ mentes és O₂ gazdag környezetben.

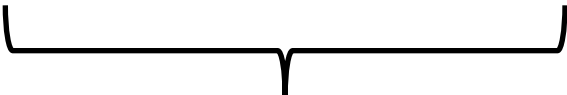


Növényvédőszer

Növénymaradványok

hatása

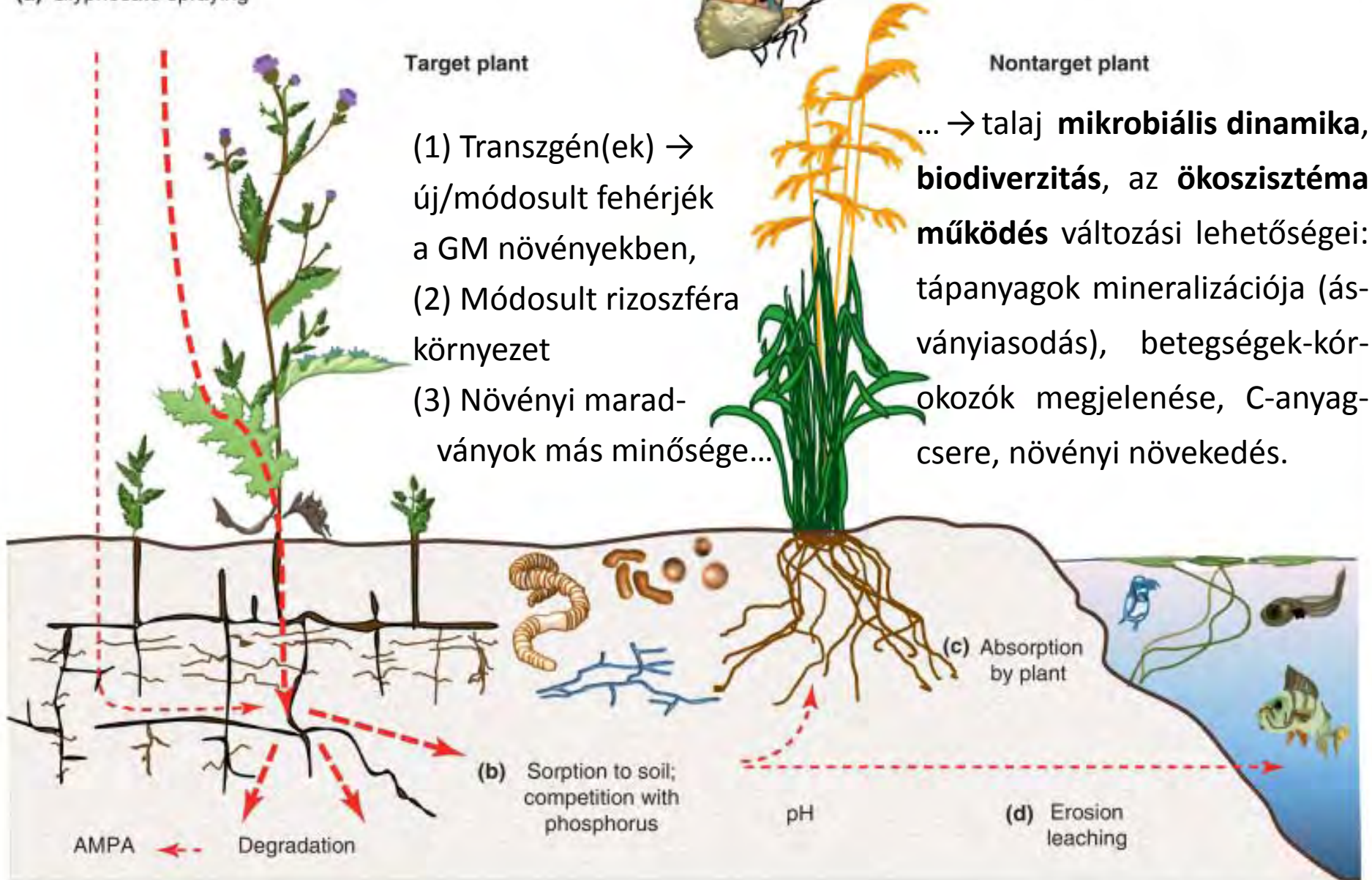
hatása


Rizoszféra-környezet megváltozása

Nem-célzott hatások

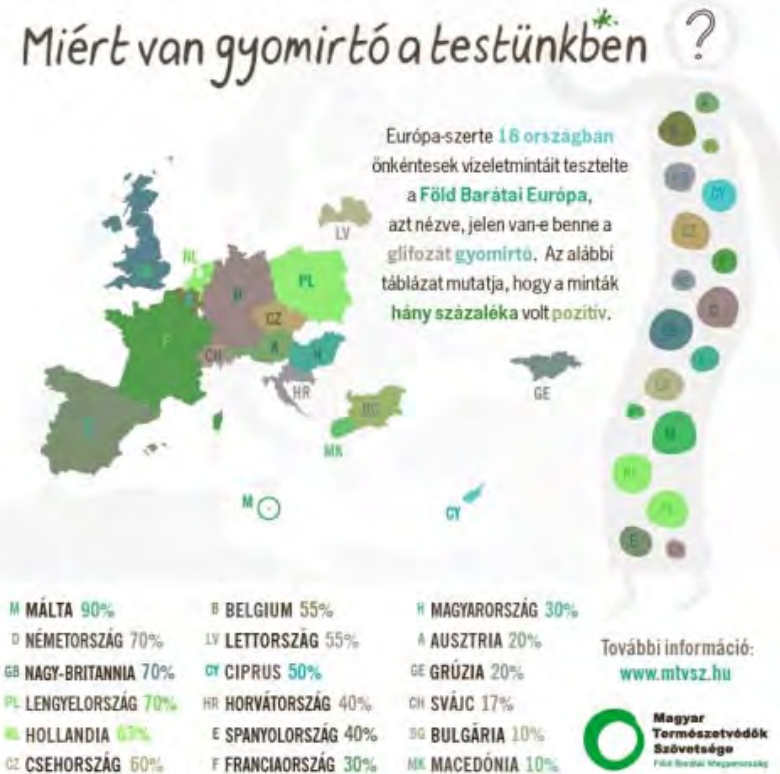
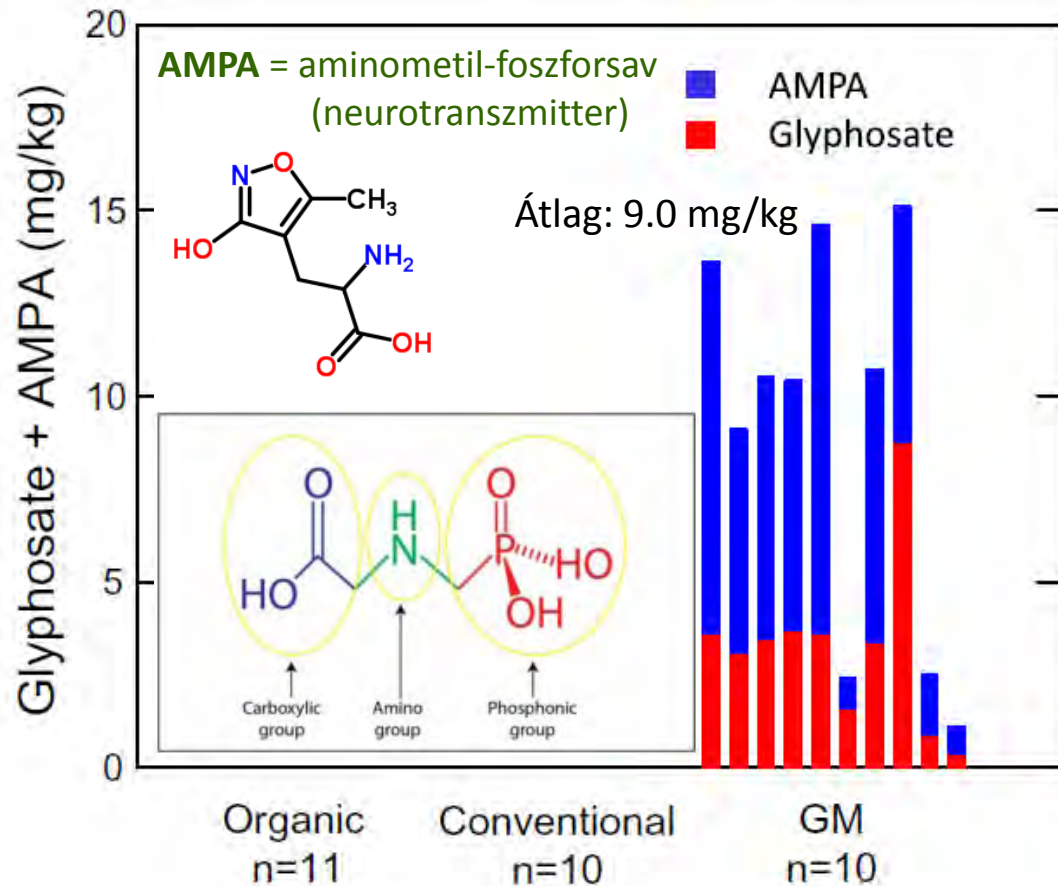
más szervezetek

(a) Glyphosate spraying



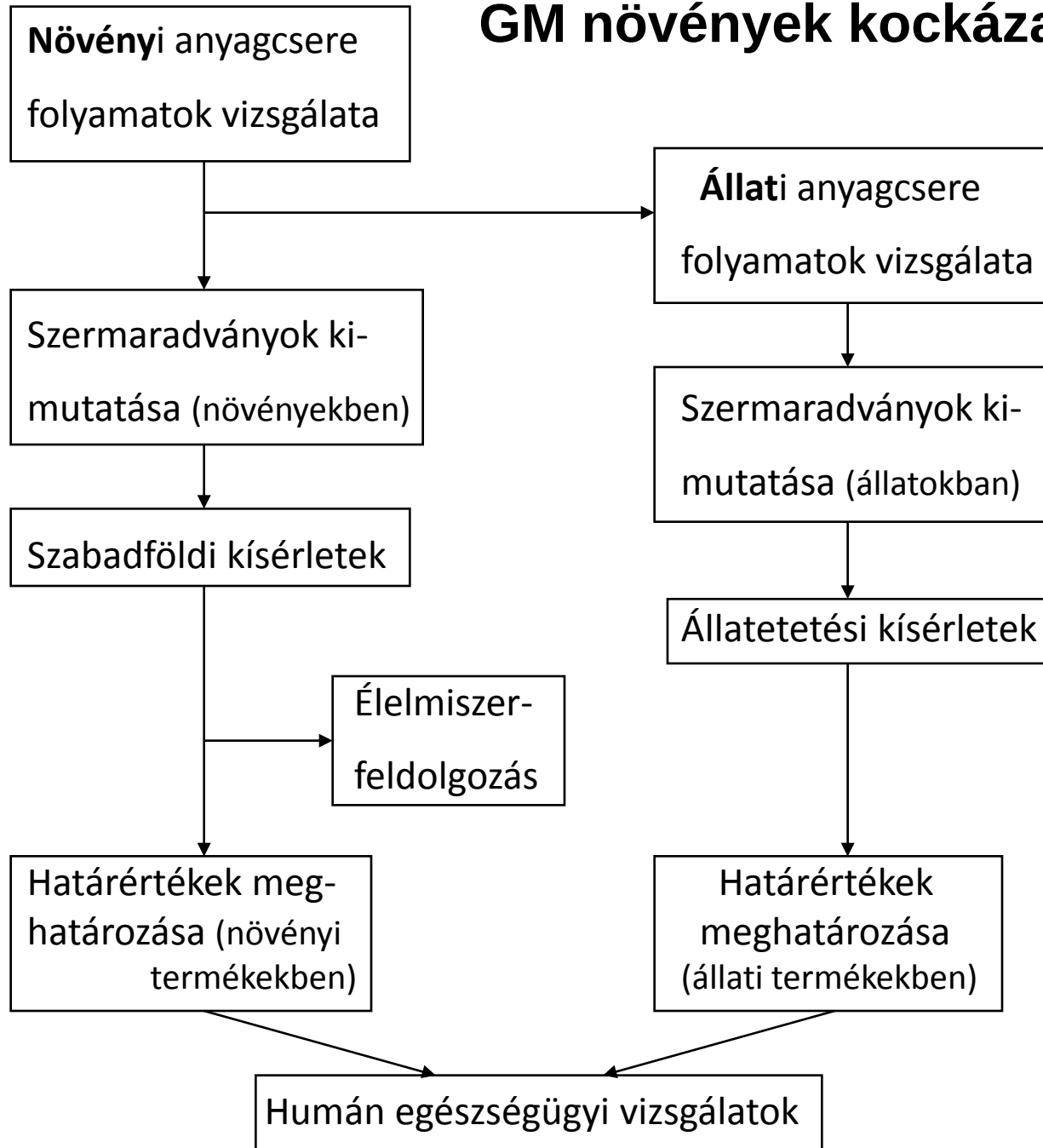
Glifozát és bomlástermékének (AMPA) vizsgálata szójában

(biotermesztés, hagyományos fajták és GM fajták, n = 31)



(BØhn et al., 2014)

GM növények kockázatvizsgálata



Bt fehérjék akut toxicitásának vizsgálata GM növényekben

Protein Studied*	Noel ^{ack}	Stable to Digestion?	Stable to Processing?
<i>Cry1Ab</i>	>4000	No (30s)	No
<i>Cry1Ac</i>	>5000	No (30s)	No
<i>Cry2Aa</i>	>4011	No (30s)	No
<i>Cry2Ab</i>	>1450	No (30s)	No
<i>Cry3A</i>	>5220	No (30s)	No
<i>Cry3Bb</i>	>3780	No (30s)	No
<i>Cry3C</i>	>3760	+/- (30 min)	Partial
NPT II	>5000	No	No
CP4 EPSPS	>572	No	N.A.
GUS	>100	No	N.A.

<https://isaaa.org/>

*(1) Cry = crystal protein endotoxins produced by some strains of *Bacillus thuringiensis*

(2) NPT = neomycin phosphotransferase, a marker enzyme

(3) CP4 EPSPS = 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase gene from *Agrobacterium* sp. Strain CP4.

(4) GUS = β glucuronidase reporter gene; ** NOEL = No observed adverse effect level.

GM növényekből származó Bt toxin a magzati vérkeringésben

- GM rovar-rezisztens növények által termelt **Bt toxin** (*Bacillus thuringiensis*, Cry1Ab fehérje) bekerülhet az emberi véráramba (Quebec, Kanada, 2011):
 - **Közvetlenül:** a GM termék elfogyasztásával, vagy
 - **Közvetetten:** GM takarmányon tartott állatok húsának, tejének vagy tojásának fogyasztásával
- 69 tesztelt nő közül a várandós anyák (30 fő) **93 %-**ának vérében megtalálták a Bt toxint;
- **80 %-**ban a magzati köldökzsinór-vérben is kimutatták azt,
- a nem várandósak **69 %-**ánál szintén megtalálták.
- A Bt fehérjék túléltek az állati- + emberi emésztőrendszert, bekerültek a véráramba → ez **ellentétes a biotechnológiai cégek saját vizsgálataik alapján tett eddigi állításaival!**
- „Amíg a GMO-k biztonságosságáról szóló tanulmányok többségét olyan cégek szolgáltatják, amelyek ezeket a termékeket létrehozzák, aligha lehet ezeket a tanulmányokat hiteles, megbízható adatforrásnak elfogadni.” (Aris & Leblanc, 2011, *Reproductive Toxicology*).

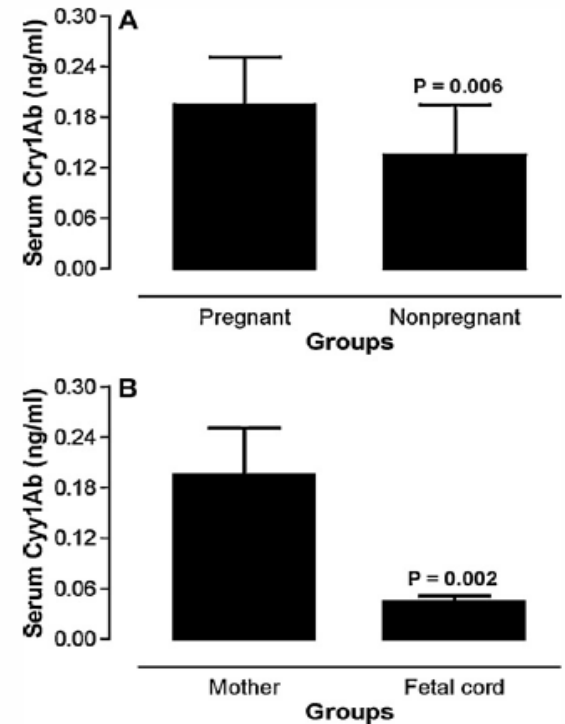


Fig. 2. Circulating concentrations of Cry1Ab toxin in pregnant and nonpregnant women (A), and maternal and fetal cord (B). Blood sampling was performed from thirty pregnant women and thirty-nine nonpregnant women. Levels of Cry1Ab toxin

Table 1. Field Trials of Genetically Engineered Crops Having Traits Associated with Increased Yield

Transgenic Trait	Number of Approved Field Trials, 1987–1999	Number of Approved Field Trials, 1987–2008
Bacterial Resistance	70	139
Fungal Resistance	301	713
Nematode Resistance	6	51
Virus Resistance	635	884
Herbicide Tolerance (HT)	1,729	4,623
Insect Resistance (IR)	1,487	3,630
Abiotic Stress Tolerance	41	583
Yield	55	652
Totals	4,324 (1,108)	11,275 (3,022)

Note: Numbers in parentheses indicate field trial numbers minus HT and IR.

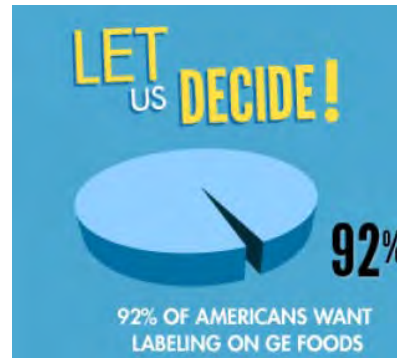
Source: Data from Animal and Plant Health Inspection Service 2008.

„A szántóföldi kísérletek
82%-át a cégek végezték”



“Az USA szabályozás (hatósági engedélyeztetés) szinte kizárólag a biotechnológiai cégek szolgáltatta információkon alapulnak. Ezeket az adatokat azonban nem közlik és ellenőrzik. Ez egy „pecsételő elfogadási folyamat”, amelynek fő célja a közvélemény bizalmának növelése – ugyanakkor a GM élelmiszerek biztonságát nem növeli.”
(David Schubert, Salk Institute)

2015: GM **“Arctic” alma** (*Granny Smith, Golden Delicious* fajták, Okanagan Specialty Fruits) & **“Innate” burgonya** (csökkent akrilamid term., alacsonyabb redukáló cukortartalom; *Ranger Russet, Russet Burbank, Atlantic* fajták, J.R. Simplot): *“minőségük & az élelmiszerbiztonság megegyezik a hagyományos fajtáikéval.”* (FDA)



- FDA-cég „önkéntes konzultációs folyamat” kereskedelmi forgalmazás előtt: *“a cég által rendelkezésre bocsátott információk: minőségi & élelmiszerbiztonsági vizsgálati eredmények áttekintése.”* (FDA)
- FDA: „nem merült fel újabb élelmiszerbiztonsági kérdés. A forgalmazott élelmiszer biztonságának és a vonatkozó szabályozásnak való megfelelésnek biztosítása a **cég folyamatos felelőssége. Bizonyos esetekben** ezen almának és burgonyának a hagyományos fajtákétól eltérő tulajdonságai szükségessé tehetik a **fogyasztók tájékoztatását**. Mindkét cégnek javasoljuk az FDA-val való konzultációt a **lehetséges jelölésről**.”



„Extrém negatív egészségügyi hatások”

- Hosszú távú (2 éves) patkány etetési kísérletek (korábban 90 napos kísérletek) NK603 GM kukoricafajtával: **daganatok & szervi (máj, vese) elváltozások**, elsősorban ♀ állatokban (Food & Chemical Toxicology, 2012).
- *Gilles-Eric Seralini*, Caen Egyetem, Franciaország.

Eredmények (200 állatnál):

- **Hormonális hatások:** a GM kukoricával etetett ♀ egyedekben az androgén : ösztrogén egyensúlyt befolyásolta a GM kukorica etetése és a Roundup (glifozát) herbicid hatása.
- A ♂ állatokban a legmagasabb Roundup dózisnál az ösztrogén-szint >2x-es volt.
- Roundup: sejtek androgén & ösztrogén receptoraira kedvezőtlen hatású.
- A GM kukoricával etetett ♀ egyedek 50-80 %-án nagy daganatok keletkeztek a 2 év végére (kontroll: 30 %).
- A GM kukoricával etetett ♀-ek 70 %-a $\frac{1}{11}$ a kísérletben (kontroll: 20 %).
- Élelmiszerek: **epigenetikai hatásokkal** befolyásolhatják a génműködést.



- „A glifozát az egyik legveszélyesebb környezeti toxin lehet, amely a bélrendszerünk mikrobáira is hat.”
- A glifozát tankönyvi példája a szervezetünk környezeti hatások okozta egyensúlyi állapot (homeosztázis) felbomlásának.

Glyphosate's Suppression of Cytochrome P450 Enzymes and Amino Acid Biosynthesis by the Gut Microbiome: Pathways to Modern Diseases

Anthony Samsel¹ and Stephanie Seneff^{2,*}

- A legtöbb, ipari eljárásokkal készült élelmiszerben találhatóak különböző, önállóan, vagy kombinációkban, potenciálisan vagy valóban veszélyes hatású vegyszer-maradványok, melyek a szervezetünkbe kerülve különböző krónikus betegségeket: pl. emésztőszervi megbetegedések, anyagcsere zavarok, cukorbetegség, elhízás, keringési betegségek, depresszió, autizmus, fertilitási problémák, Alzheimer- és Parkinson kór, rák... okozhatnak.

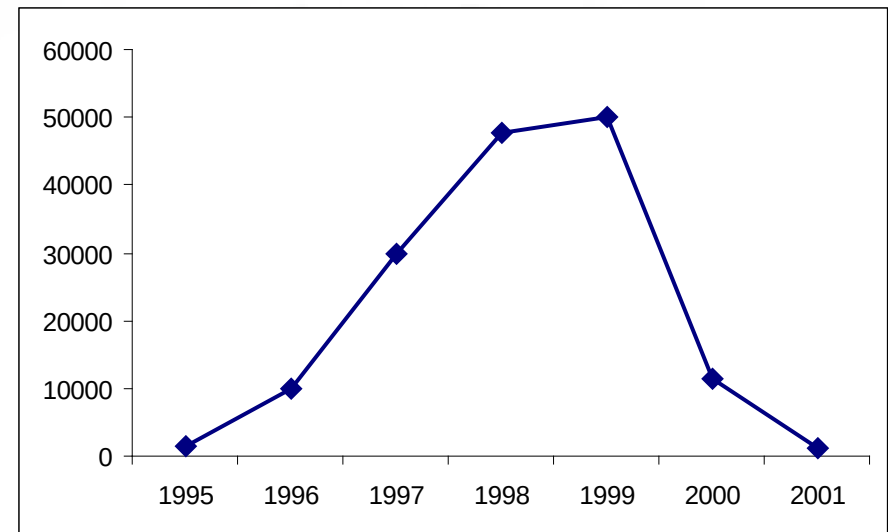
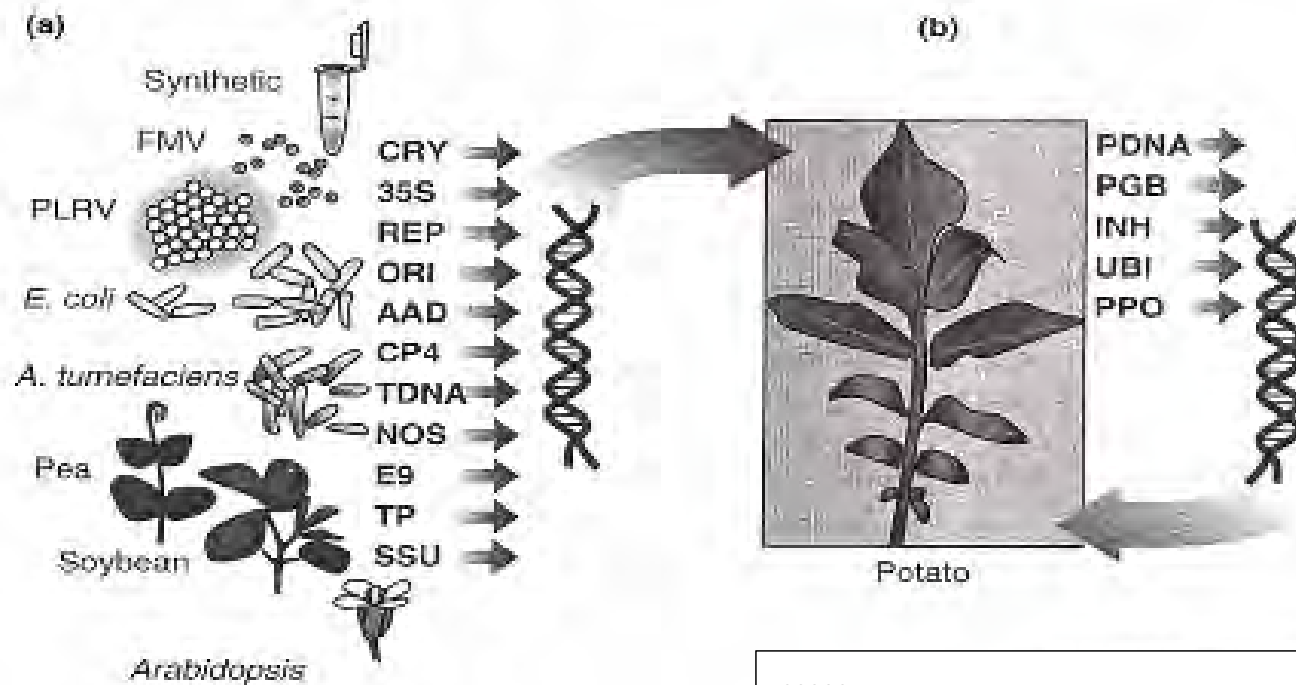
- “Az új vegyi anyagok toxikológiai kockázatbecslése jelenleg **„az elfogadható veszélyesség”** mértékének meghatározásán alapul, ahelyett, hogy a kockázatnak vagy veszélynek kitettek védelmét az **„elővigyázatosság alapelvének”** alkalmazásával biztosítaná: vagyis pl. ha (állat- vagy *in vitro* kísérletek alapján) okkal feltételezhető, hogy egy vegyület(kombináció) kockázatot vagy veszélyt jelenthet, akkor annak előállítását-forgalmazását-felhasználását úgy kell szabályozni, mintha az konkrét valós veszélyt jelentene.
- Az elővigyázatosság elve megköveteli, hogy ezen kémiai vegyületek gyártói még a termék **piacra kerülése és környezeti kibocsátása előtt** bizonyítsák termékünk biztonságosságát, és ne a potenciális a veszélynek kitett vásárlól felhasználókra, hárítsák a veszélyesség igazolását – ahogy az ma történik.”



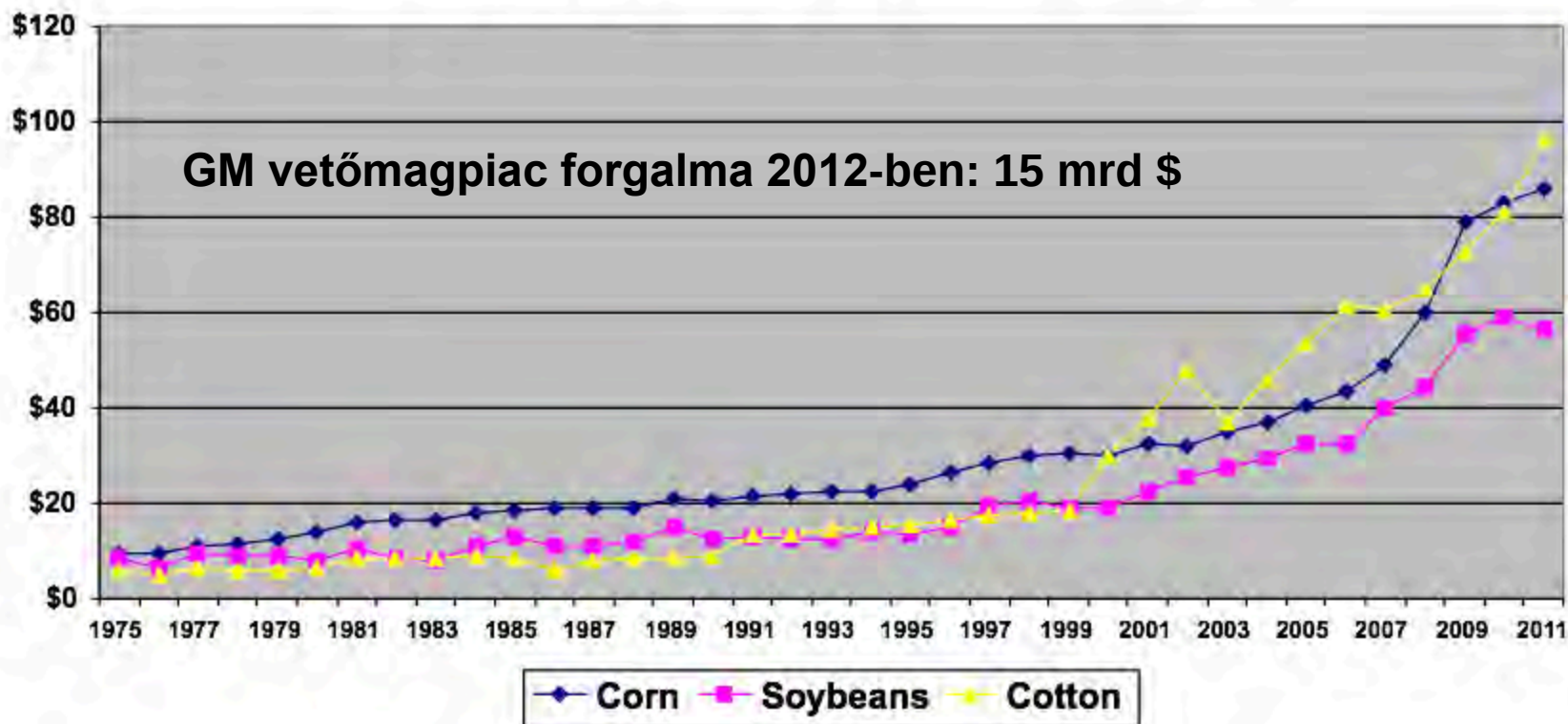
The Precautionary Principle

(Koller et al., 2012).

NewLeaf Plus GM burgonyafajta (1995-2001)



GM növényfajták (kukorica, szója, gyapot) vetőmag-átlag- árának változása az USA-ban 1975 és 2011 között (\$/acre)



Biokalózkodás

THE CONQUERORS



FACT: HUMAN DNA SEQUENCES ARE NOW OWNED BY

Együnk vagy tankoljunk?

A világ **kukorica**-termésének **40 %**-át,
a **szója**termés **60 %**-át
bioüzemanyaggyártásra használják fel.





„...az emberi méltóság mindig is abban állt, hogy az intelligenciánkat arra használtuk, hogy különböző problémákat megoldjunk. Ennek a biotechnológia a következő nagy lépése. Persze néha rossz irányba fog lépni, de semmiképp nem vetném el az egészet úgy, ahogy van.”
(*Peter Singer, 2013*).



Köszönöm a figyelmet!

www.meetthescientist.hu

