

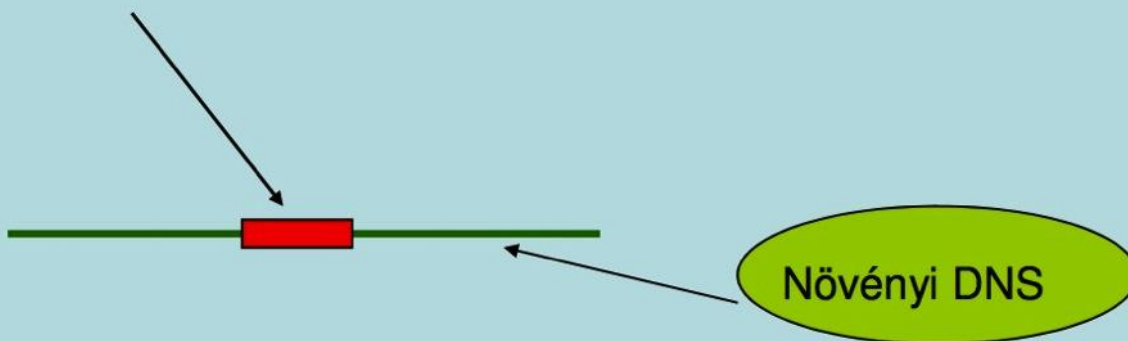
**A genetikai módosítás
növényekben, jelenlegi helyzet,
vizsgálati módszerek**



Mi a GMO?

- * **GMO = Genetikailag Módosított Organizmus**
- * GMO-nak olyan élőlényt nevezünk, amelynek örökletes állományába **célzott, tervezett módon** bevittek valamilyen DNS-szakaszt, a természetes kereszteződés kikerülésével.

pl. idegen DNS-t építettek be a növény
eredeti DNS-ébe



(Dallmann, 2008)

Mi a GMO?

- ✦ Ha a bevitt DNS idegen fajból származott, akkor „**transzgénikus**”
- ✦ ha közeli rokon fajból, akkor „**ciszgénikus**”
- ✦ ha saját fajból, akkor pedig “**intragénikus**” a neve az így nemesített növénynek vagy állatnak.



Gének és fehérjék

- * A DNS szekvenciák fehérjéket kódolnak
- * A „gén” alapvetően a minden élőlény építőköveit képző 20 féle aminosav összeépítési sorrendjét határozzák meg.
- * A növényekben 20-80 ezer gén található
- * A genetikai módosítás alatt 1-5 gén hozzáadását kell érteni
- * A hagyományos nemesítéssel gyakran több száz gént visznek be nagyságrenddel kisebb pontossággal.



GMO-k a hétköznapiakban

- * EURO bankó – GM gyapotból
- * Sör – GM sörélesztő
- * Sajt – tejoltó enzim (rennin) – GM élesztőből
- * Szennyezett talaj tisztítása – GM baktériummal
- * Mosószer – GM baktériumban
- * Olajszennyeződés – GM baktériumok bontják
- * Inzulin – GM baktériumban
- * Véralvadási faktor – GM baktérium

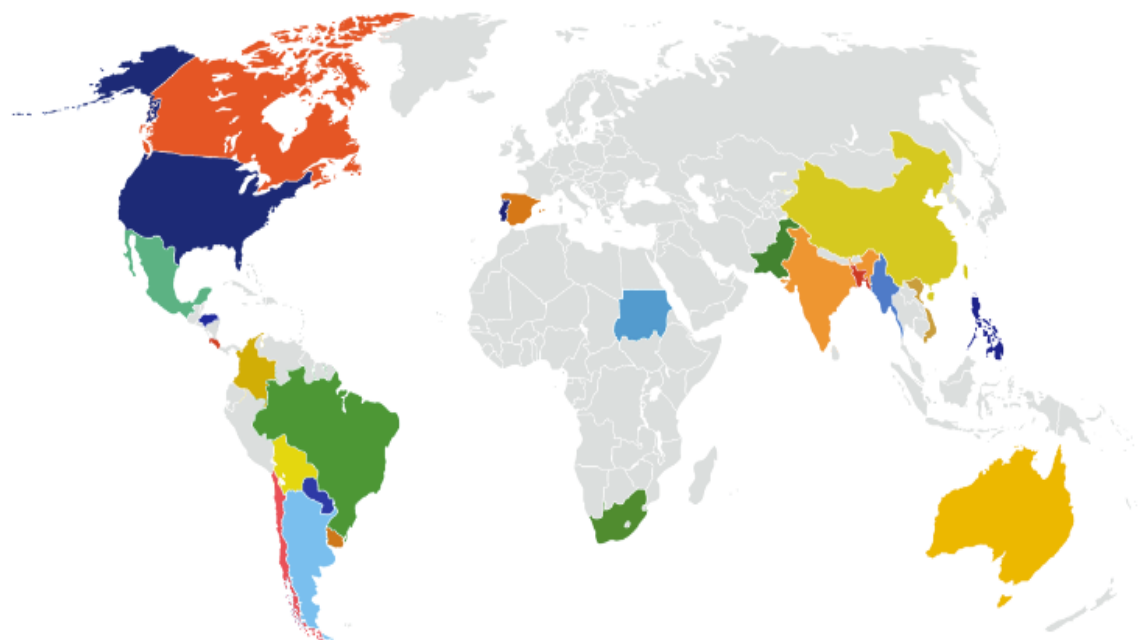


GMO-k a hétköznapiakban

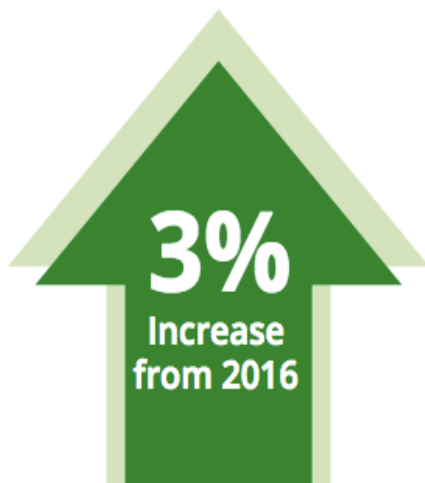
- ★ Az infarktus utáni vérrögöket oldó hatóanyag
- ★ A vérképzést segítő eritropoetin
- ★ A tüdőtágulás kezelését szolgáló alfa-1-antitripszin
- ★ Számos vakcina (veszettség, hepatitis B, stb.)
- ★ A fájdalomcsillapítók 80%-a, az asztmagyógyszerek 60%-a, a depressziót kezelő hatóanyagok 62%-a, a migrén megszüntetését segítő 52%-a és a skizofrénia kezeléséhez használt gyógyszerek 60%-a is.



Figure 2. Global Area (Million Hectares) of Biotech Crops, 1996 to 2017, by Country, Mega-Countries, and for the Top Ten Countries



24 countries which have adopted biotech crops



In 2017, global area of biotech crops was 189.8 million hectares, representing an increase of 3% from 2016, equivalent to 4.7 million hectares.

Source: ISAAA, 2017

50,000 hectares, or more

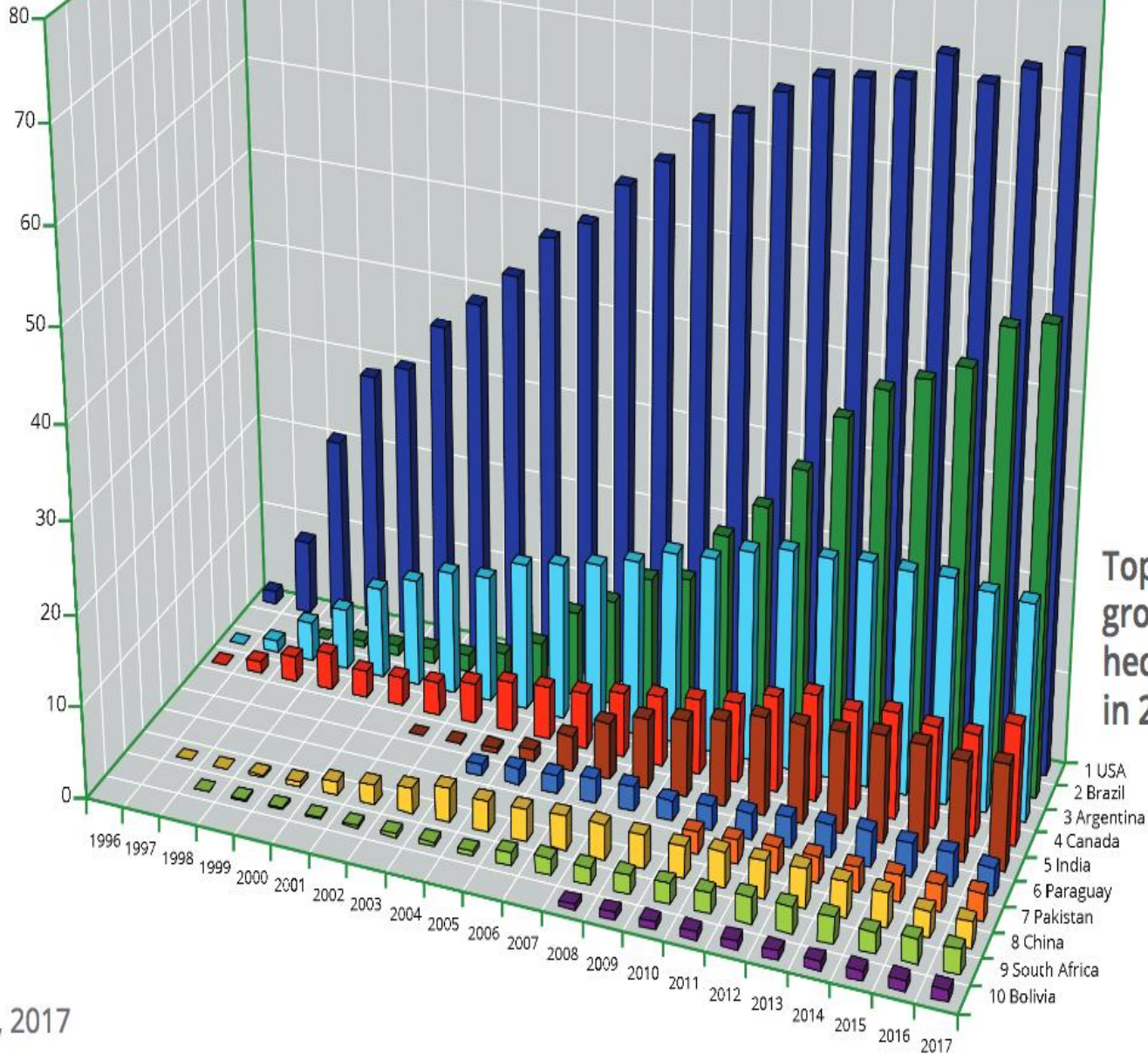
1. USA	75.0 million
2. <i>Brazil*</i>	50.2 million
3. <i>Argentina*</i>	23.6 million
4. Canada	13.1 million
5. <i>India*</i>	11.4 million
6. <i>Paraguay*</i>	3.0 million
7. <i>Pakistan*</i>	3.0 million
8. <i>China*</i>	2.8 million
9. <i>South Africa*</i>	2.7 million
10. <i>Bolivia*</i>	1.3 million
11. <i>Uruguay*</i>	1.1 million
12. Australia	0.9 million
13. <i>Philippines*</i>	0.6 million
14. <i>Myanmar*</i>	0.3 million
15. <i>Sudan*</i>	0.2 million
16. Spain	0.1 million
17. <i>Mexico*</i>	0.1 million
18. <i>Colombia*</i>	0.1 million

Less than 50,000 hectares

<i>Vietnam*</i>	Portugal
<i>Honduras*</i>	<i>Bangladesh*</i>
<i>Chile*</i>	<i>Costa Rica*</i>

* *Developing countries*

Million Hectares



Source: ISAAA, 2017

Table 2. Global Area of Biotech Crops, 2015 and 2017: Industrialized and Developing Countries (Million Hectares)

	2016	%	2017	%	+/-	%
Industrialized countries	85.5	46	89.2	47	+3.7	+4.3
Developing countries	99.6	54	100.6	53	+1.0	+1.0
Total	185.1	100	189.8	100	4.7	+3%

Source: ISAAA, 2017

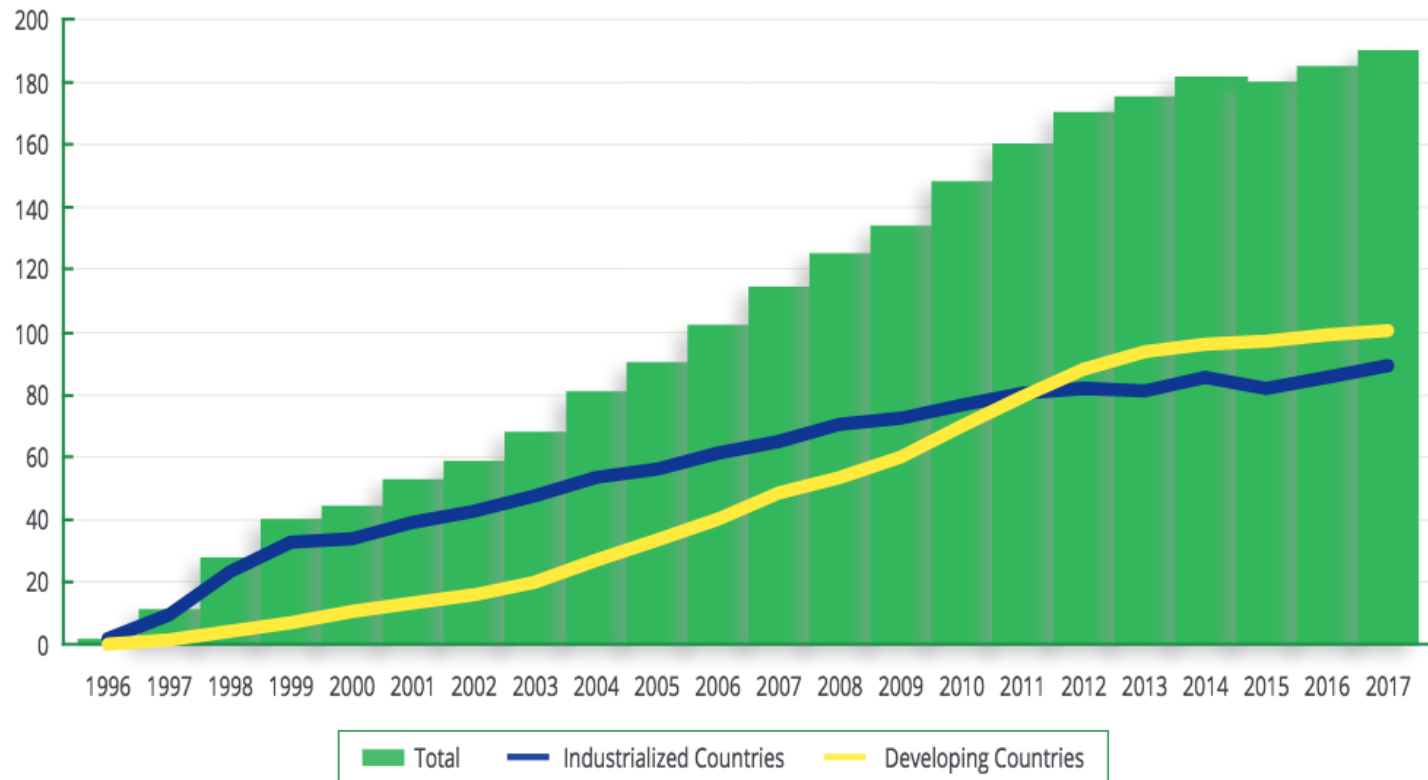
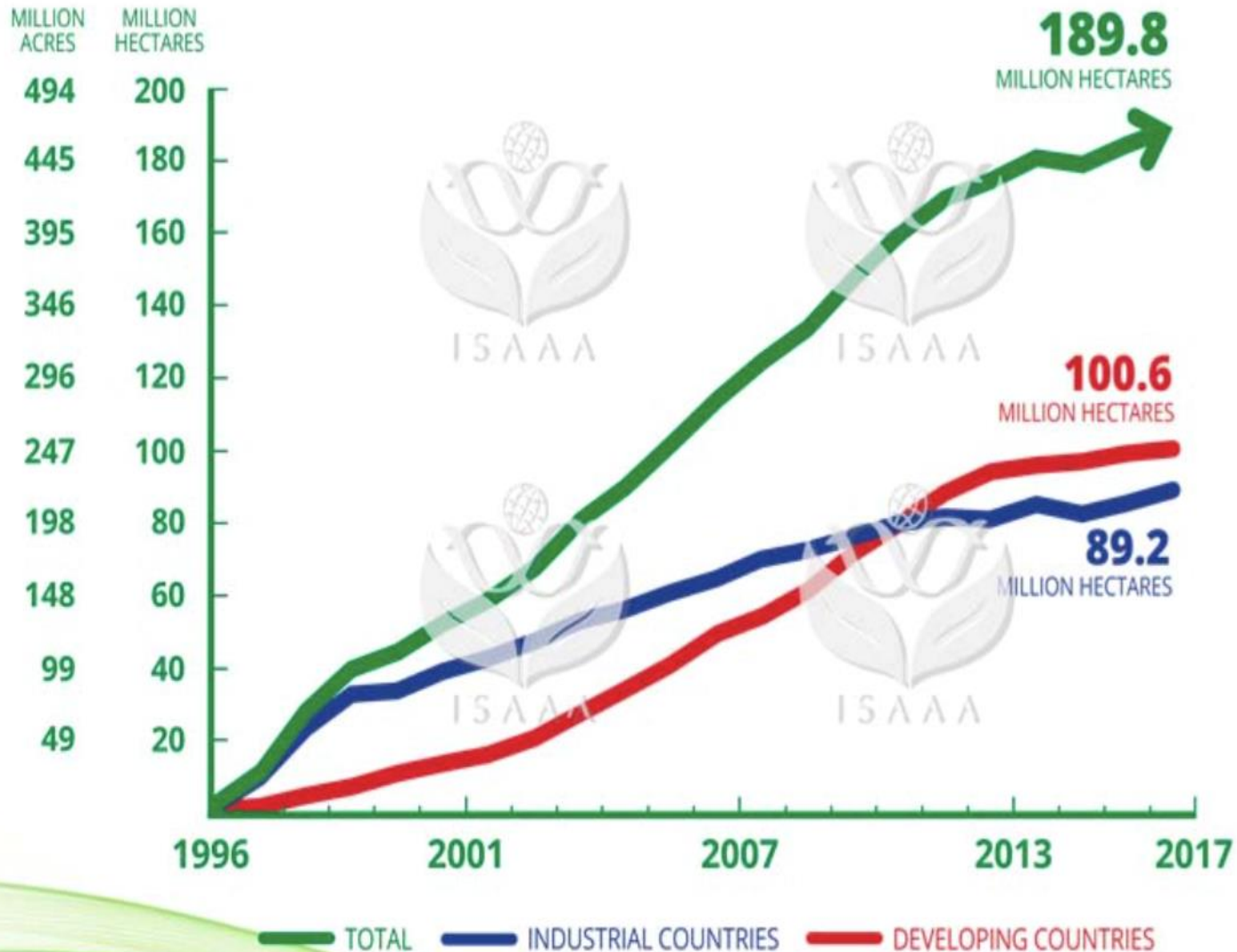


Figure 1. Global Area of Biotech Crops, 1996 to 2017: Industrialized and Developing Countries (Million Hectares)

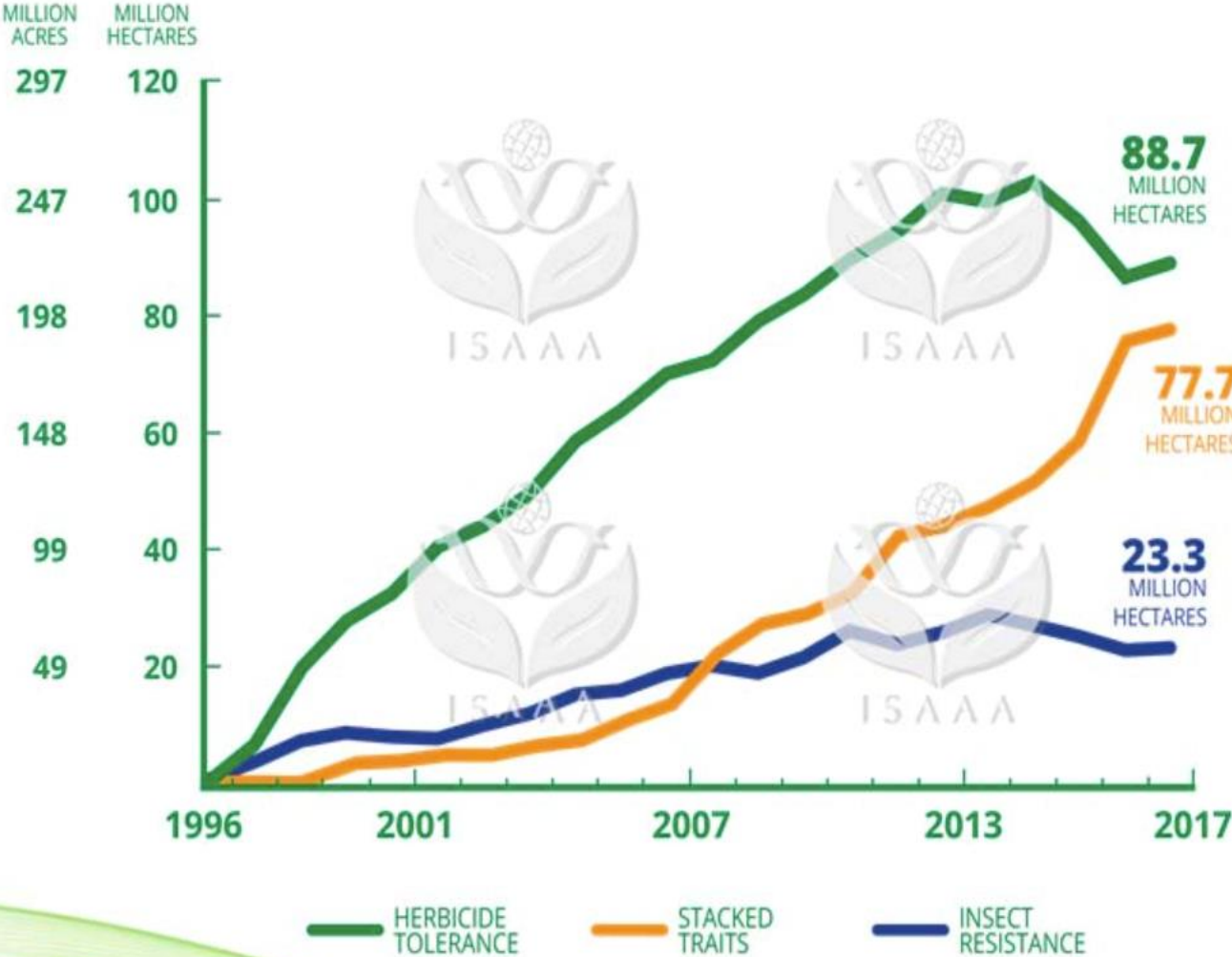
Source: ISAAA, 2017

Global Area of Biotech Crops, 1996 to 2017: Industrial and Developing Countries (Million Hectares, Million Acres)



Global Area of Biotech Crops, 1996 to 2017: By Trait

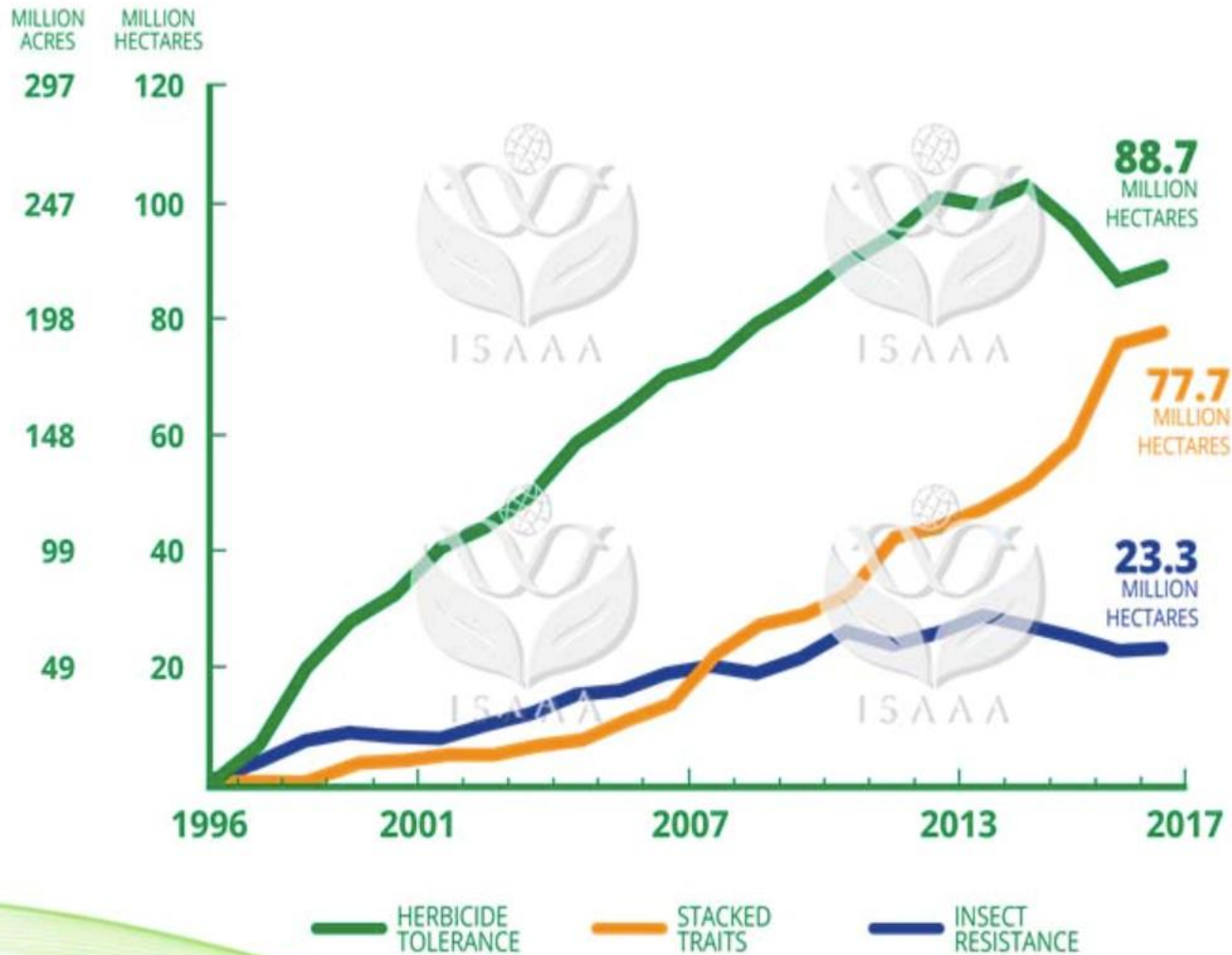
(Million Hectares, Million Acres)



ISAAA, 2017

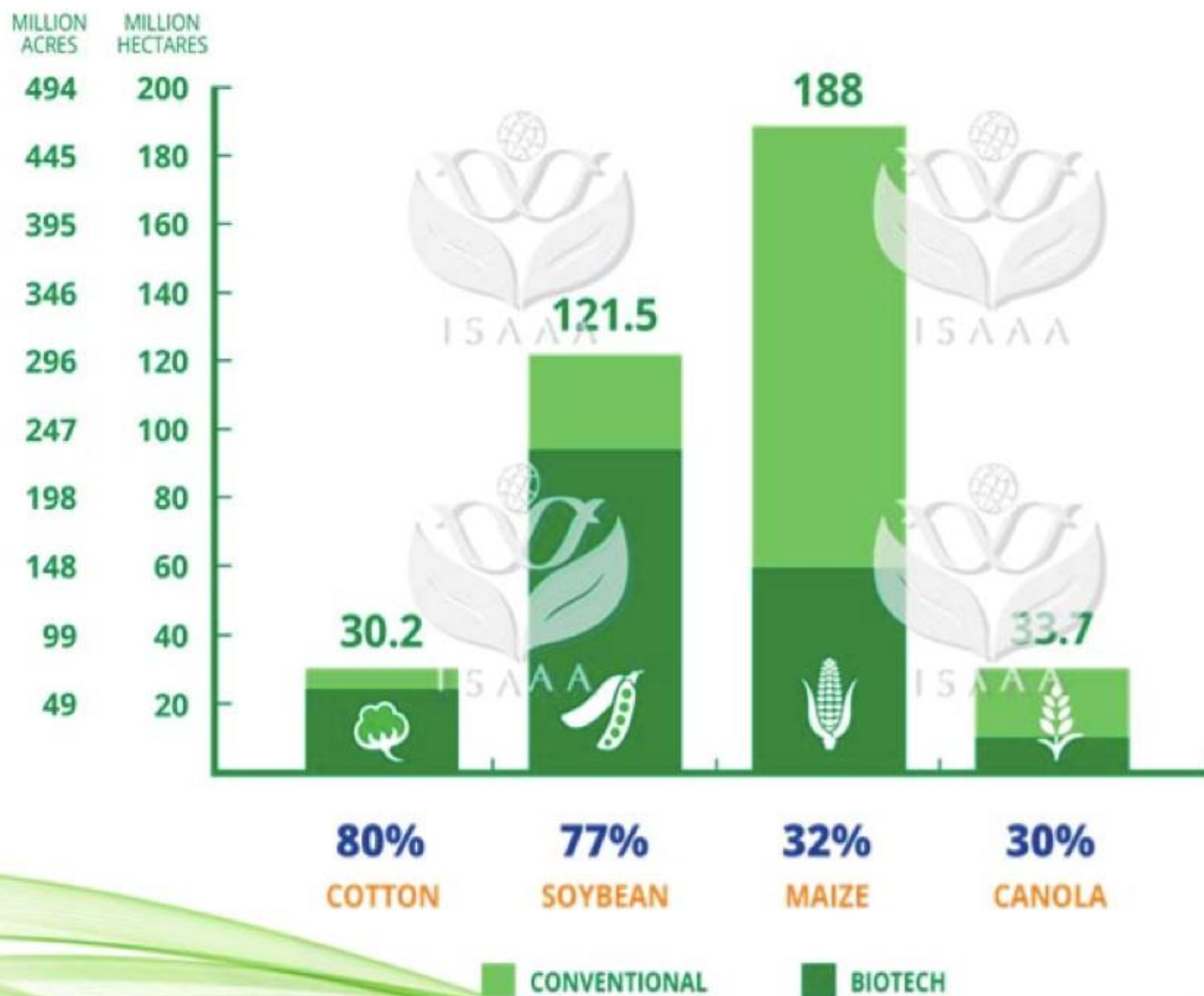


Global Area of Biotech Crops, 1996 to 2017: By Trait (Million Hectares, Million Acres)



ISAAA, 2017

Global Adoption Rates (%) for Principal Biotech Crops (Million Hectares, Million Acres), 2017



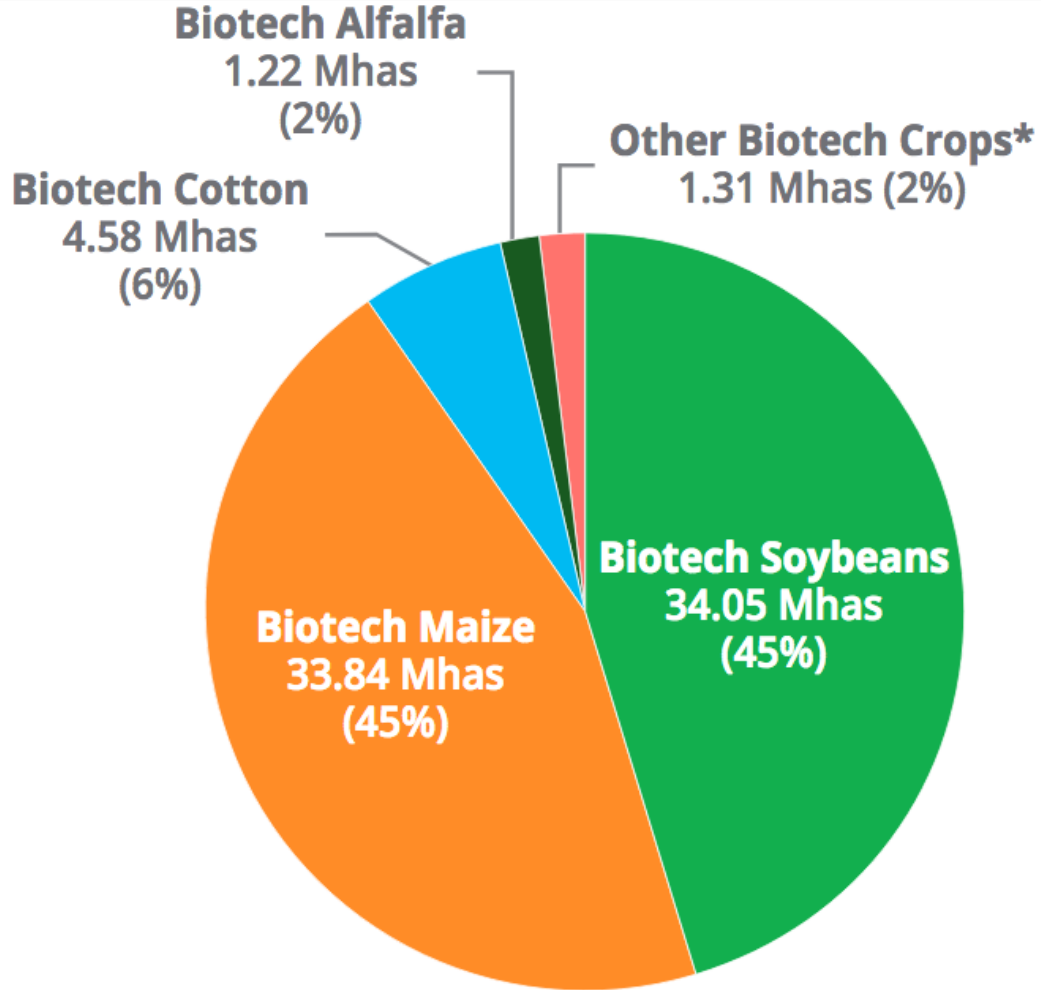


Figure 3. Biotech Crops Planted in the USA, 2017

* Biotech canola, biotech sugar beets, biotech potato, biotech apples, biotech squash, and biotech papaya.

Source: ISAAA, 2017

A GM Növények Magyarországon

- ✦ Jelenleg Európában csak két első-generációs GM fajtacsoport (kukorica MON810, burgonya AMFLORA) – termesztése engedélyezett
- ✦ A GM növények termesztését Magyarországon az “1998. évi XXVII. törvény a géntechnológiai tevékenységről” szabályozza.
- ✦ Magyarország az EU csatlakozás idején védzáradékot nyújtott be és nem engedélyezi a két GMO kereskedelmi célú termesztését.



A GM Növények Magyarországon

- ✦ Az érvényben lévő új Alkotmány XX. cikke (2) bekezdése.
- ✦ Kísérleti célból lehetséges szabadföldön – engedély kérés után, a rendszabályok betartásával.
- ✦ Vetőmagpiaci pozíció, GM mentes előny megtartása fontos – Európában 2. legnagyobb kukorica vetőmagexportőr ország vagyunk.
- ✦ Az elsőgenerációs GM növények 20 évvel ezelőtti technológia termékei.



A GM technológia újabb, várható fejlesztései növényeknél

- ★ Az első generációs GM növények esetében a beépített gén minden növényi részben, mindig működik. Ennek megszüntetésére:
 - A transzgén helyspecifikus-
 - időspecifikus-
 - hőmérséklet-specifikus-
 - mennyiségfüggő működtetése
 - A transzgén **ott, akkor, annyira** működjön, **ahol, amikor és amennyire** szüksége van a növénynek.

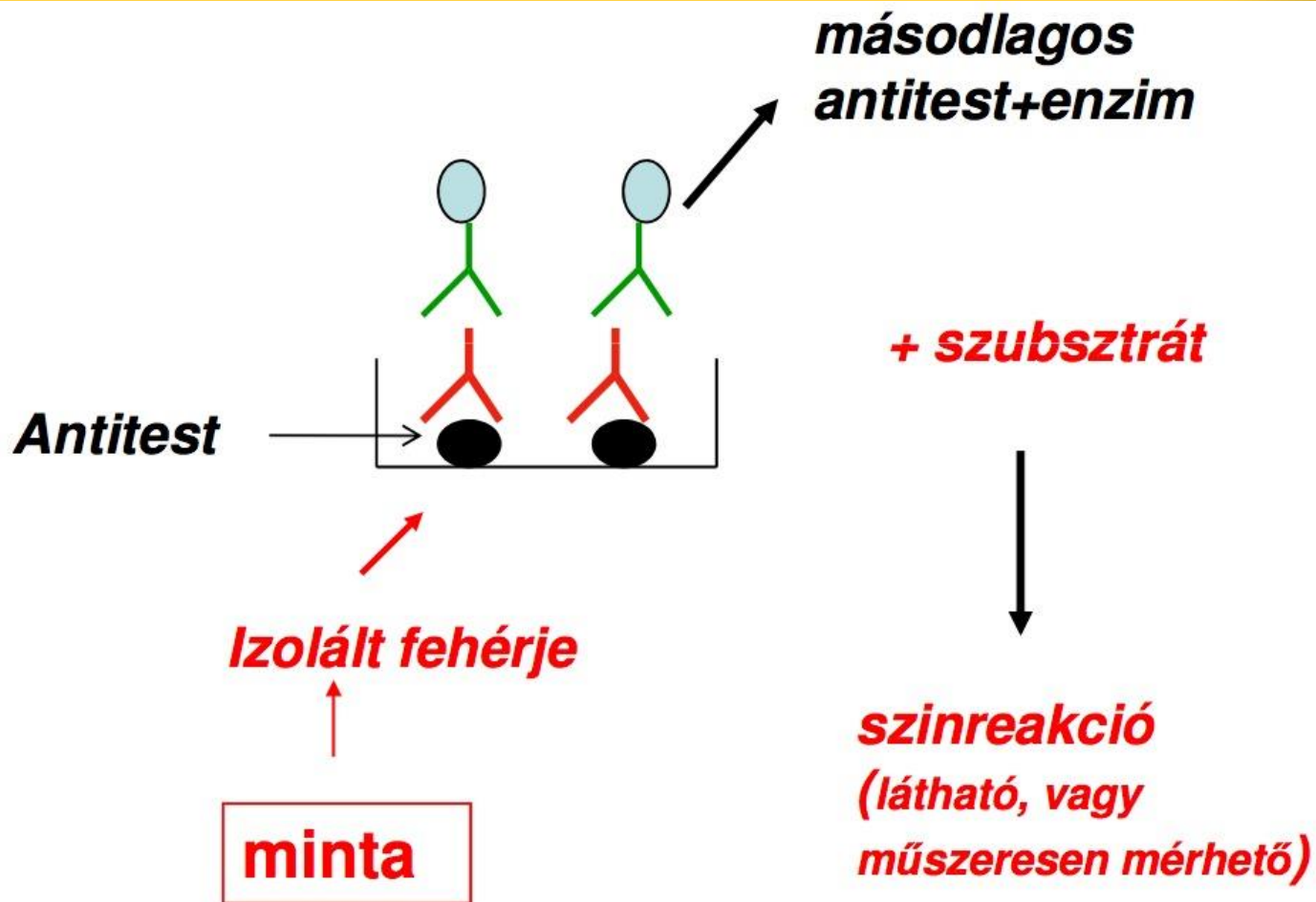


A GMO kimutatás eszközei

- ★ Két legfontosabb módszer:
 - ELISA technika – a fehérjék kimutatására és mérésére
 - PCR technika – a sejt örökítő anyagának, a DNS-nek a vizsgálatára



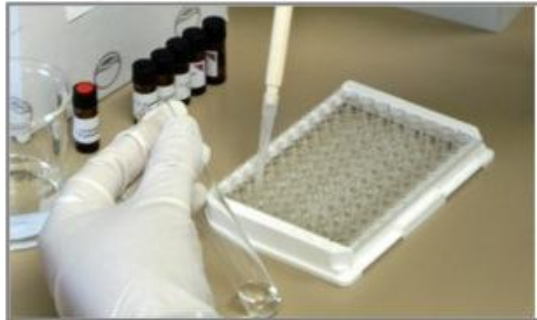
ELISA (Enzyme- Linked ImmunoSorbent Assay) teszt Enzim-immun analitikai eljárás



(Dallmann, 2008)

ELISA teszt

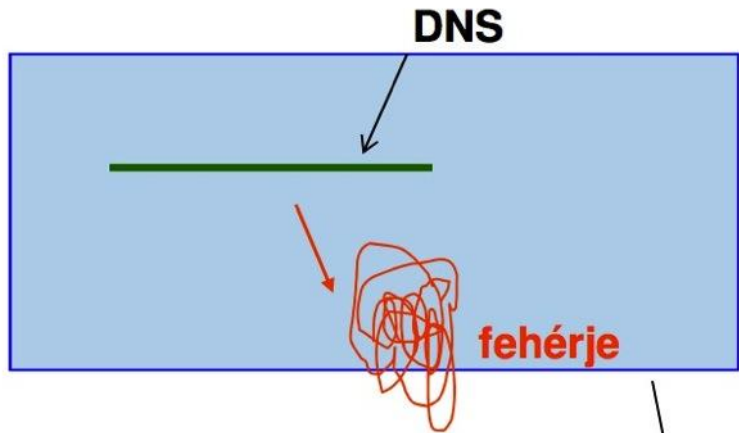
- ★ **Előny:** gyors egyszerű, nem igényel komoly laboratóriumi háttérrel



Hátrány! A fehérje hőérzékeny, ez befolyásolja a kimutatás érzékenységét és megbízhatóságát

(Dallmann, 2008)

Molekuláris biológiai eljárás specifikus DNS kimutatására



sejt

PCR reakció

Lehetővé teszi a DNS
különböző
szakaszainak
felsokszorozását

Molekuláris biológiai eljárás a DNS kimutatására

**PCR
reakció**

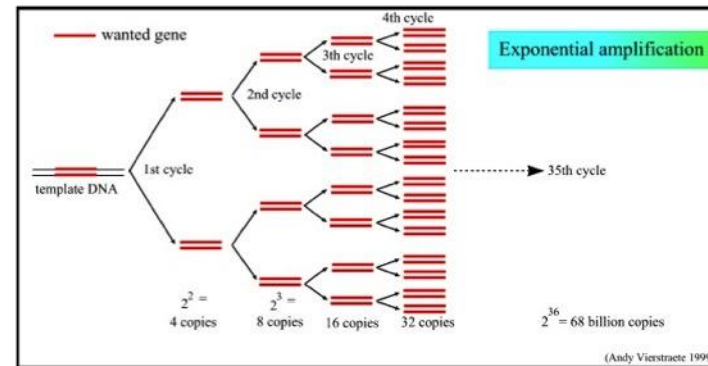
ciklikusan ismételt enzimreakció,
specifikus primerek jelenlétében



Fluoreszcens próba



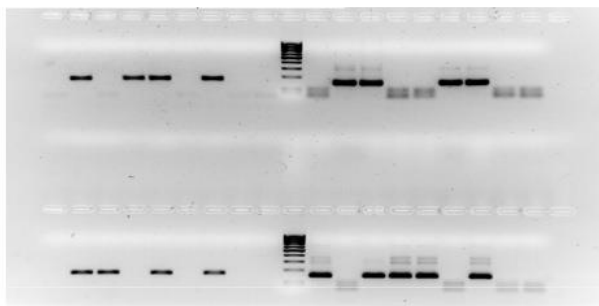
Real-Time PCR



(Dallmann, 2008)

A PCR reakció eredményének kimutatása

Agaróz gélen



Fluoreszcens jel megjelenése alapján



Real Time PCR



(Dallmann, 2008)

GMO tartalom laboratóriumi vizsgálatainak általános menete

Laboratóriumi minta

DNS izolálás

Fehérje izolálás

Kvalitatív PCR

ELISA test

Real-time PCR



GMO tartalom laboratóriumi vizsgálatának általános menete

•Minta homogenizálása

•Kvalitatív GMO teszt

negatív

pozitív

GM növény azonosítása

nem engedélyezett

engedélyezett

mennyiségi meghatározás

>0.9%

<0.9%

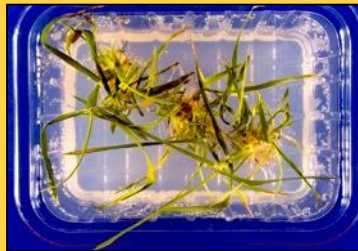
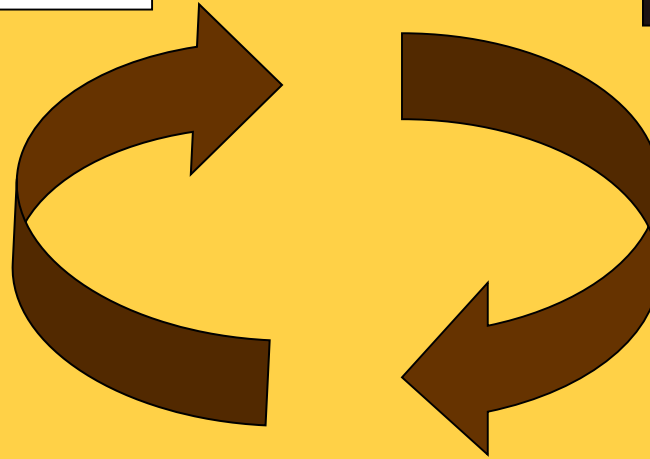
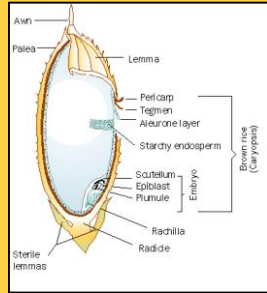
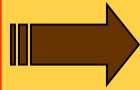
(Dallmann, 2008)

Milyen célból viszünk be idegen gént?

- Gének tudományos vizsgálata
- Hasznos géneket visznek át egyik szervezetből a másikba
- A transzgénikus élőlényekkel kapcsolatos aggodalmakat vizsgálják



Gabonafélék szövettenyésztési rendszere



Növényi géntechnológia alkalmazása

- * **Agronómiai tulajdonságok**
 - **Biotikus Stressz**
 - * **Rovar rezisztencia**
 - * **Betegségellenállóság**
 - vírus, baktérium, gombal, fonálféreg
 - * **Gyomirtószer rezisztencia**
 - **Abiotikus Stresss**
 - * **Szárazság, hideg, meleg, sós talaj, sovány talaj**
- * **Minőségi tulajdonságok**
 - **Nitrogén asszimiláció, Keményítő bioszintézise, O₂ asszimiláció**
 - **Feldolgozhatóság**
 - **Kereskedelmi élettartam**
 - **Reprodukció: szexuális határok, hímsterilitás, magnélküli termés**
 - **Tápanyagtartalom**
 - * **Makro: Fehérje, szénhidrát, zsírok, rost**
 - * **Mikro: Vitaminok, ásványi anyagok, antioxidánsokstb**
 - * **Káros anyagok: allergenek és toxinok eltávolítása**
 - **Íz, illat**
 - **Rost, minőség, szilárdság, természetes színek**
 - **Felépítés**
 - **Dísznövények: szín, kereskedelmi élettartam, morfológia**
- * **Új növényi termékek**
 - **Olajok**
 - **Fehérjék: gyógytápanyagok, terápiás anyagok, vakcinák**
 - **Polimerek**
- * **Megújuló források, ,Bioüzemanyagok, alapanyag műanyaggyártáshoz**



Biotikus stressz elleni védekezés javítása

* **Rovarrezisztencia**

- Szója, kukorica:, gyapot - Bt. Toxin gén beépítése

* **Betegségellenállóság**

- **Vírusrezisztencia**

- * Dohány TMV rezisztenciája, Burgonya, stb. - köpenyfehérje

- **Baktérium rezisztencia**

- * Paprika lágyrothadás (Xanthomonas) - paprika rezisztencia gének

- **Gombarezisztencia**

- * Gabonarozsda, lisztharmat □ - kitináz/glükánáz gének

- **Fonálféreg rezisztencia**

- * Rizs, burgonya, sárgarépa - tripszin inhibitor gén

* **Gyomirtószer rezisztencia**

- Kukorica, szója, búza, rizs - Finálé rezisztencia





Bt gyapot Indiában

- Bt gyapot Kínában



- ★ Gyomirtó szer rezisztens repce
Kanadában



- * RoundupReady szója Argentínában és azt USA-ban



Gyomirtószer rezisztencia



Totális gyomirtószerrel (Finálé) kezelt rizs növények.
A: Kontrol, B: Rezisztens állomány

• Abiotikus Stresssz

- **szárazság**

- Gabonafélékben, Burgonyában - cukortartalom fokozó gének

- **hideg**

- gabonafélékben - cukortartalom fokozó gének, sejthártya védelem fokozó gének


- **meleg**

- gabonafélékben - általános stressz védelmi gének

- **sós talaj**



Minőségi tulajdonságok

- * **Nitrogén asszimiláció, Keményítő bioszintézise, O₂ asszimiláció**
 - Sárgarépában, szegfűben, szamócában - fruktóz 2,6 foszfatáz gén
- * **Feldolgozhatóság**
 - Nyárfa cellulóz tartalom fokozása
- * **Kereskedelmi élettartam**
 - Paradicsom, sárgadinnye, alma - pektinbontó enzim gátlás
- * **Tápanyagtartalom**
- * **Reprodukció**
 - Hímsterilitás kialakítása
 - Mag nélküli termés
 - * **Dinnye, narancs**
 - 



Minőségi tulajdonságok

- * **Tápanyagtartalom**
 - * **Mikro: Vitaminok, ásványi anyagok, antioxidánsok, stb.**
 - Arany rizs - karotin, vas
 - * **Makro: Fehérje, szénhidrát, zsírok, rost**
 - Búza, rizs - sükérféherje gének
 - Repce, napraforgó - olajösszetétel megváltoztatása
 - * **Káros anyagok: allergének és toxinok eltávolítása**
 - Antibiotikum rezisztencia
- * **Íz, illat**
 - Gyümölcsök, zöldségfélék
- * **Rost, minőség, szilárdság, természetes színek**
 - Cellulóz tartalom megváltoztatása
- * **Felépítés**
- * **Dísznövények: szín, kereskedelmi élettartam, morfológia**



AZ ARANYRIZS (GOLDEN RICE)

Ingo Potrikus és munkatársai (Svájc) 4 egymást segítő gént épített be a rizsbe, így az béta-karotint termel. Ehhez 77 szabadalmat használtak fel. Minden szabadalom tulajdonosa ingyen rendelkezésre bocsátotta szellemi tulajdonát.



Precursor geranyl geranyl diphosphate Added

- Phytoene synthase (from Daffodil) → phytoene, the first precursor in the biosynthetic pathway leading to the production of beta-carotene

- Phytoene desaturase A és B (bacteria)

- Lycopene cyclase (from Daffodil) → β-carotene

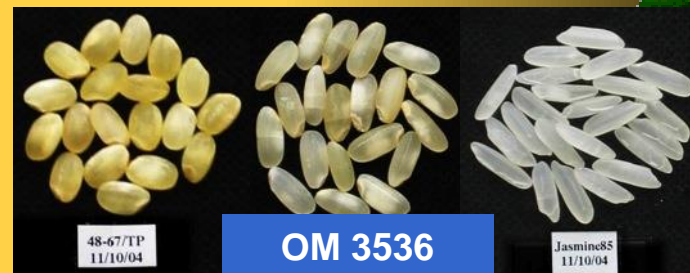
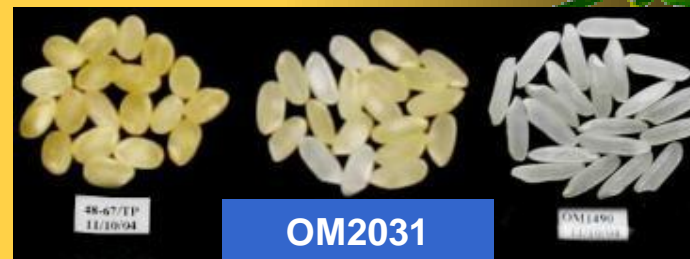
Iron - Ferritin, an iron-rich bean storage protein

- phytase, an enzyme that breaks down phytate making Fe available

- reabsorption of iron, a gene for a cystein-rich metallothionein-like protein also been engineered into rice

Az "arany rizs" tulajdonságot számos dél-ázsiai rizs fajtába beépítették, közöttük a "magas vastartalmú", az "aromás" és a "minőségi" fajtákba is

Tran Thi Cuc Hoa, Cuu Long Delta Rice Research Institute, Canton, Vietnam.



Megnövelt termésmennyiség

- Megnövelt nitrogén asszimiláció
- Megemelt cukor anyagcsere
- Megnövelt hozzáférhető Oxigén
- Módosított fotoszintézis



Transzgénikus Kontrol



Bioreaktorok

- * **Olajok**

- **Megváltoztatott telítettségű és összetételű zsírsavak**

- * **Fehérjék**

- **Enzimek - Észteráz (nyúl májból) búza endospermiumban**
- **Vakcinák**
 - **Hepatitis B v. banánban**
 - **Cholera toxin B. v. rizsben (saját eredményeink)**

- * **Polimerek**

- **“Műanyaggyártás”**



Banánban megtermelt vakcinák



Hepatitis B vírus ellen transzgénikus banánnal



A GM technológia újabb, várható fejlesztései növényeknél

- * Kloroplasztisz GM növények előállítása
 - A beépített gén a zöld színtest önálló genetikai anyagába (plasztom) kerül
 - A plasztom **a sejtmagi kromozómáktól független** öröklődést mutat
 - A plasztom (és a beépített transzgén is) szigorúan anyai öröklődést mutat – tehát **a virágporral nem jut át más növényekbe**
 - A **sejtenként csaknem 10.000 génkópia** a leghatékonyabb élő bioreaktorot biztosíthatja (lásd gyógyszer hatóanyagtermelés)



A GM technológia újabb, várható fejlesztései növényeknél

- ★ RNS alapú géncsendesítési technológiák elterjedése
 - Ebben az esetben a beépített “transzgén” alapján a növény már **nem termel új fehérjét**, a termelődő RNS molekulák meglévő növényi gének működését módosítják



GENOM EDITING

- ★ Igen jelentős előrehaladás történt a növényi gének, genomok irányított szerkesztésében
- ★ ZFN - Zink-finger nukleázok
- ★ TALE - transcription activator-like effectors
- ★ CRISPR/Cas9 módszer
- ★ Génspecifikus mutációk indukálása oligonukleotidokkal (ODM)



Köszönöm a hallgatóság türelmét!

