

A KUKORICA ROVAR-REZISZTENCIA JAVÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Marton L. Csaba

ATK Mezőgazdasági Intézete, Martonvásár

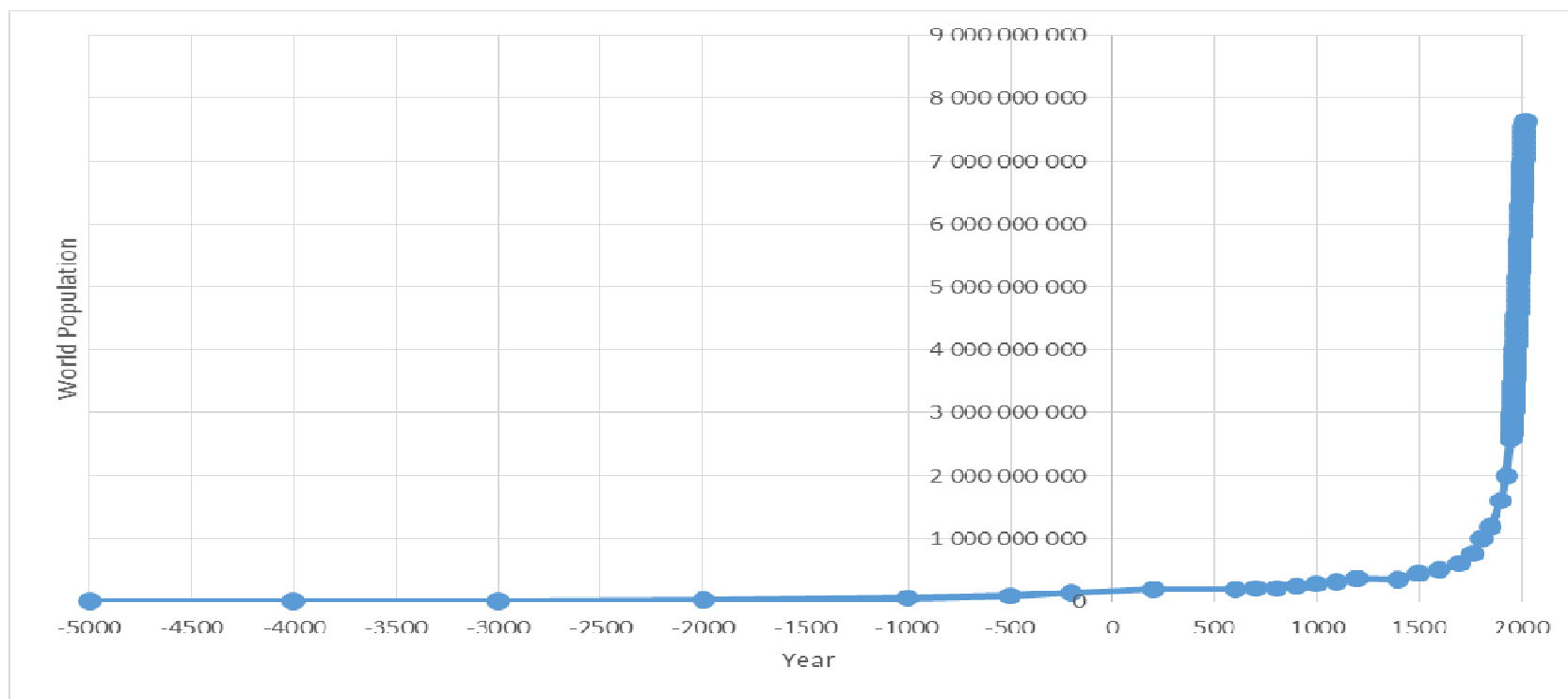


**MTA Mezőgazdasági
Kutatóintézete**

2019. november 18.

Dr. Marton L. Csaba

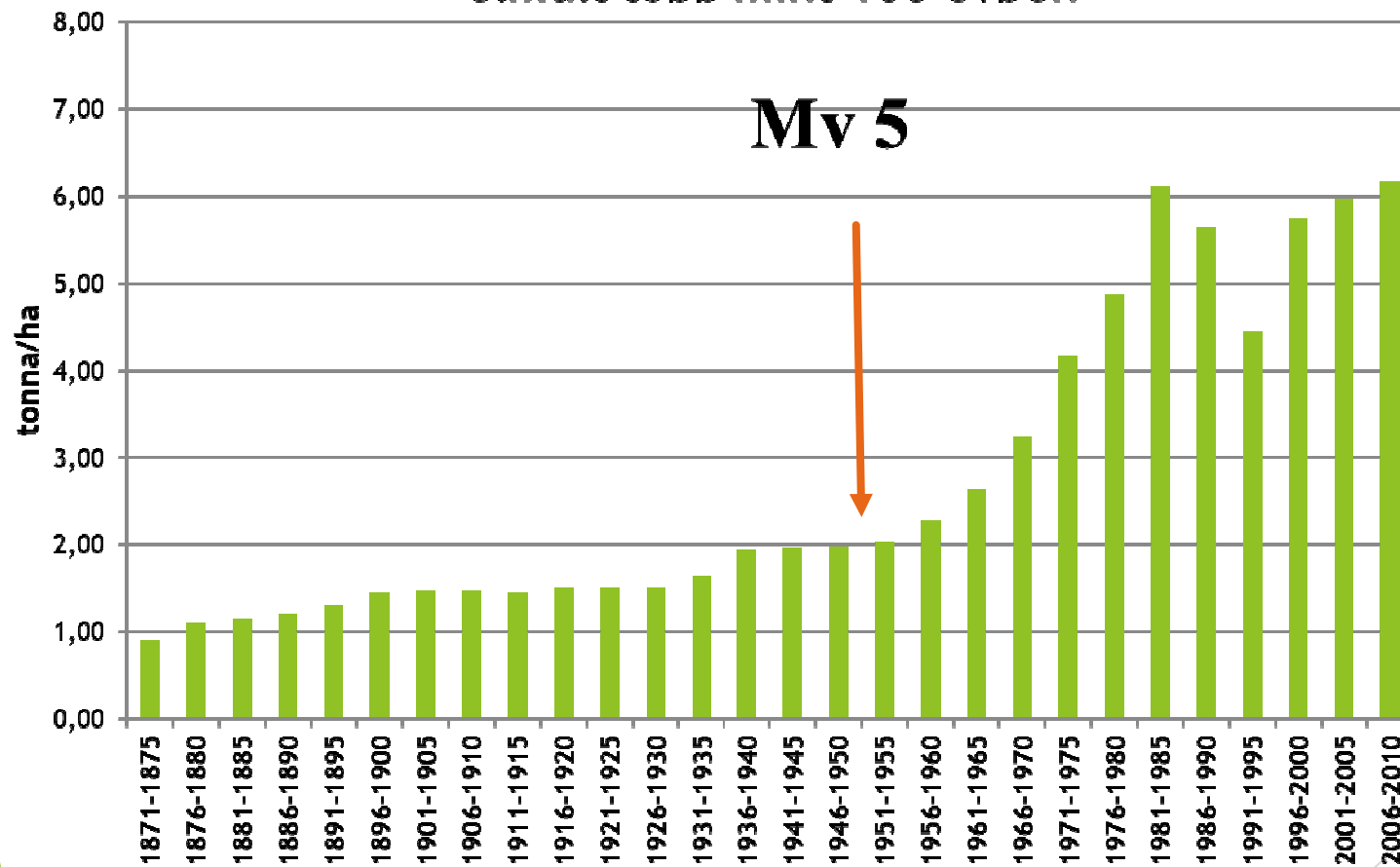
A Föld népessége ie. 5000 - 2000.



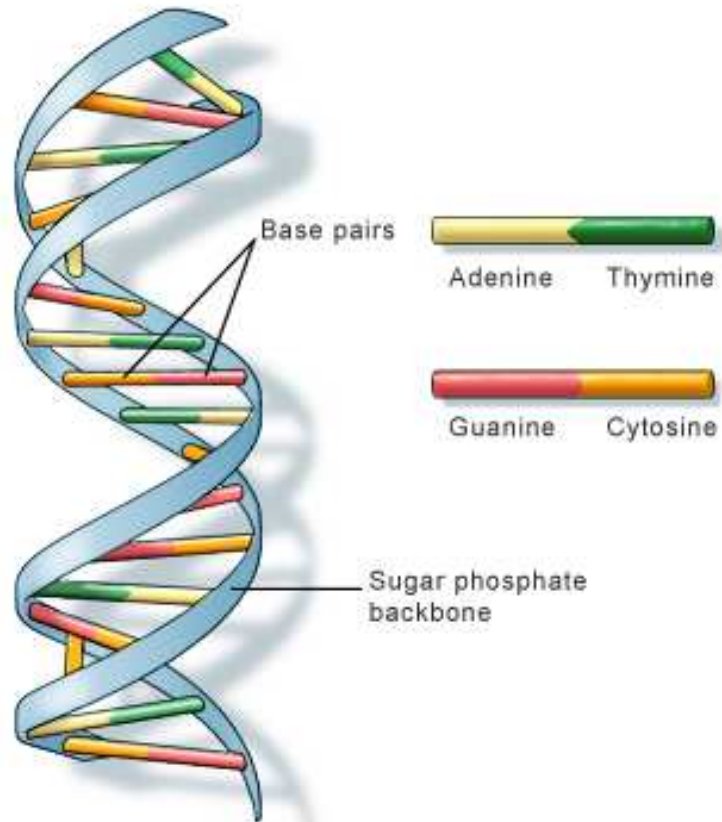
I.e. 8.000, a mg. hajnala: 5 millió

I.e. : 200 millió 1800: 1 milliárd, 1930: 2 milliárd, 1960: 3 md

Magyarország kukorica termésének változásai az elmúlt több mint 100 évben



Watson és Crick által készített DNS- modell 1953



U.S. National Library of Medicine



Darwin: mi az élet,
Schrödinger: az információ
1953 Nature 5 hivatkozás
Teller E., Szilárd L.

A BIOTECHNOLÓGIA KIALAKULÁSA

ORVOSI, Gyógyszer-
ipar

**2003. A Humán
Genom Projekt:
a genom 99 %-
nak
szekvenálása**

Vakcina,
antibiotikum,
hormon,
műszerv,
diagnosztika

AGRÁR

**2009. A B73 az
első kukorica
genom
szekvenálása.**

**MAS Marker
assisted selection**
(obszerváció)

**Transgenic
crops** *(variabilitás növelés)*

Genom editing

IPARI

Bioremediáció:
higanyszennyez
ések eltakarítása
transzgenikus *E.
coli* törzssel
Növények:
biopolimer
termelés

A BIOTECHNOLÓGIA KIALAKULÁSA

Élelmiszeripar

Sör, bor,
sajt,
fermentáció

Bioinformatika
nanobiotechnológia

Sivatag,
szárazföld

Sivatagi, extrém
szárazságnak
kitett területek
kezelése

Tengeri

Szürke

Környezetgazdálk.
Biodiverzitás,

Bioterrorizmus
biológiai
fegyverek

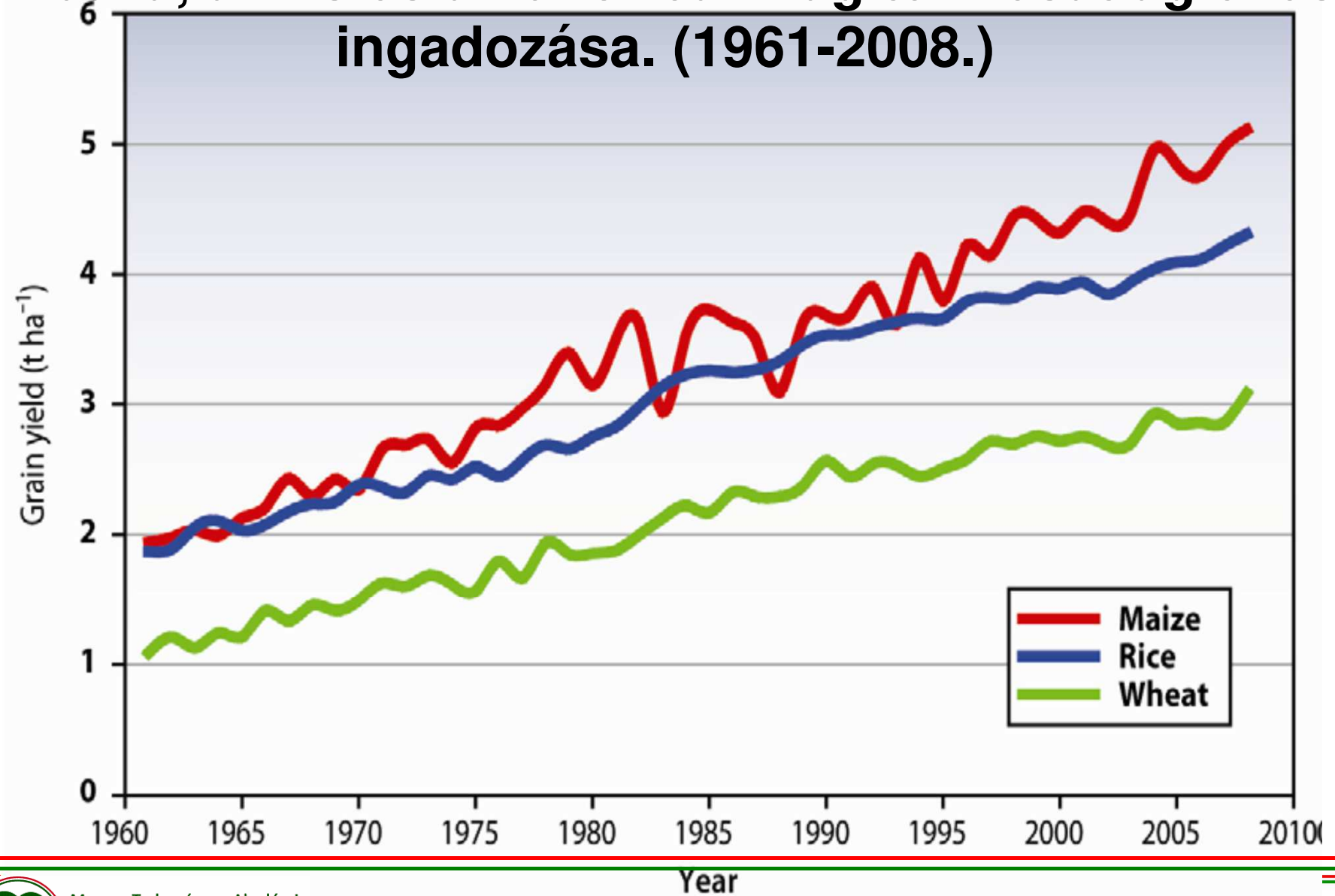
A búza, kukorica és a rizs vetésterülete, termésátlaga és összes termése a Világon (2000)

	Terület M ha	Átlag t/ha	Termés M tonna
Búza	215	2,7	590
Kukorica	140	4,4	605
Rizs	153	3,9	602

World production of the main „energy” crop (1000 MT, 2014/2015)

	2013	2014/2015	Changing
Corn	988,57	990,09	+1,52
Wheat	715,13	721,12	+5,98
Rice	476,56	475,48	-1,08
Barley	145,24	139,12	-6,12
Sorghum	59,61	61,58	+1,98
Soybean	285,01	311,2	+26,19
Rapeseed	71,09	70,31	-0,78
Sunflower	42,87	40,19	-2,68
Palm oil	59,60	63,29	+3,69
Σ	2843,68	2872,38	+28,72

A búza, a rizs és a kukorica világ termésátlag éves ingadozása. (1961-2008.)



Termés potenciál

- **Egy növényfajta termése**
- -adaptált környezetben
- -korlátlan tápanyag ellátással
- -korlátlan vízellátással
- -kártevők és
- -kórokozók nélkül
- */napsugárzás+hőmérséklet+növényállomány/*



Elméleti termés potenciál

- **25 t/ha** (absz. száraz) (Tollenaar 1983)
- Átlagos napi sugárzás
- Fotoszintézis mértéke 0,067 mol CO₂/mol photon (vagy fotoszintetkikusan aktív beeső sugárzás 4,4 %-os konverziója biomasszába)
- Teljes fényintenzitás jul.1.-szeptember 30.
- 50% harvest index
- 10% gyökér



Rekord termések (USA)

(abszolút száraz termés)

- Michigan 1970' eleje: **19,7 t/ha**
- Illinois **15 év átlaga** (1970-80') :**14,5 t/ha**,
19,6 t/ha csúccsal 0,41 ha-on
- Quebec 1999: **19,4 t/ha**
- Indiana 2000: **20,9 t/ha**

Enying 2010: 18,4 t/ha



Limitáló tényezők

Víz

Tápanyag

Gyom

Kártevő

Kórokozó

Stressz: bármi, ami korlátozza a forrás
elérését vagy hasznosulását

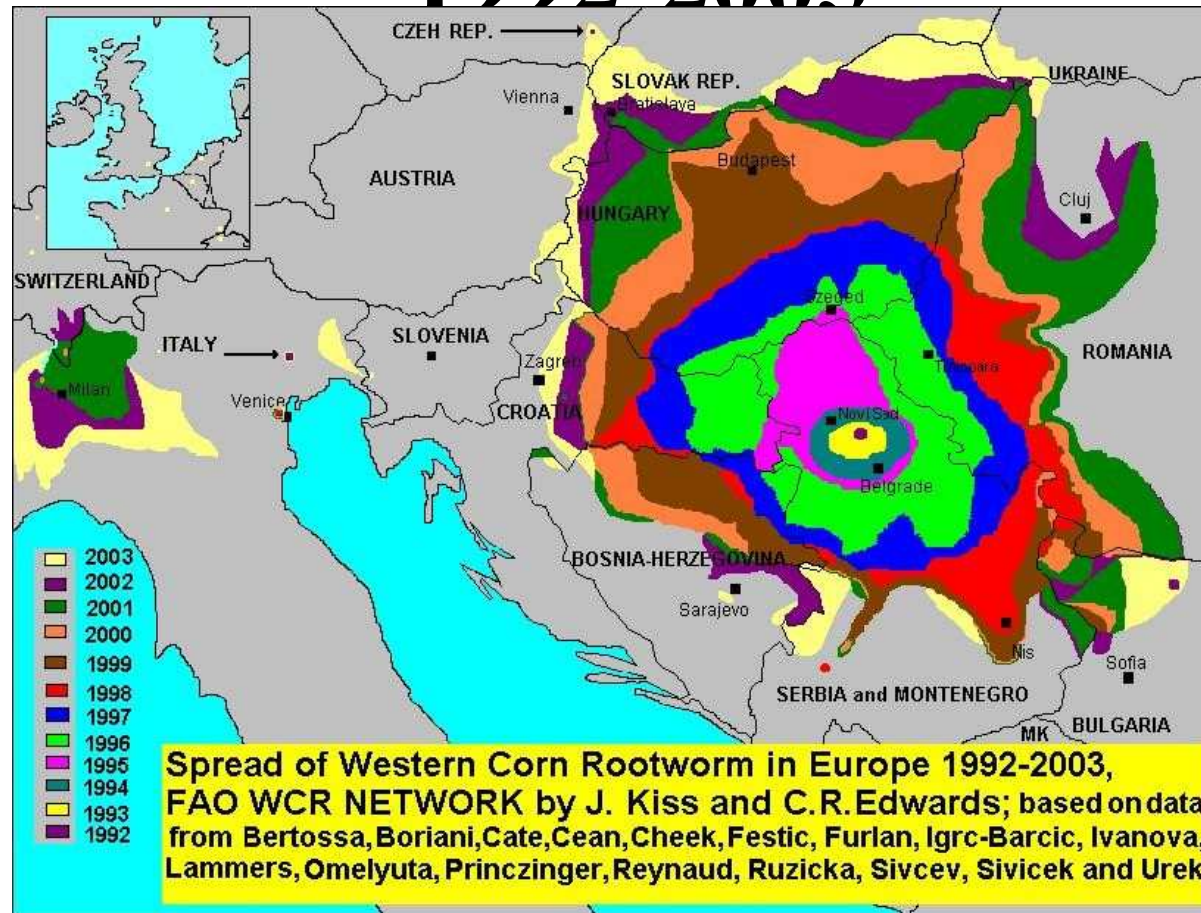


Termés-csökkenés kukoricában (Oerke 2005)

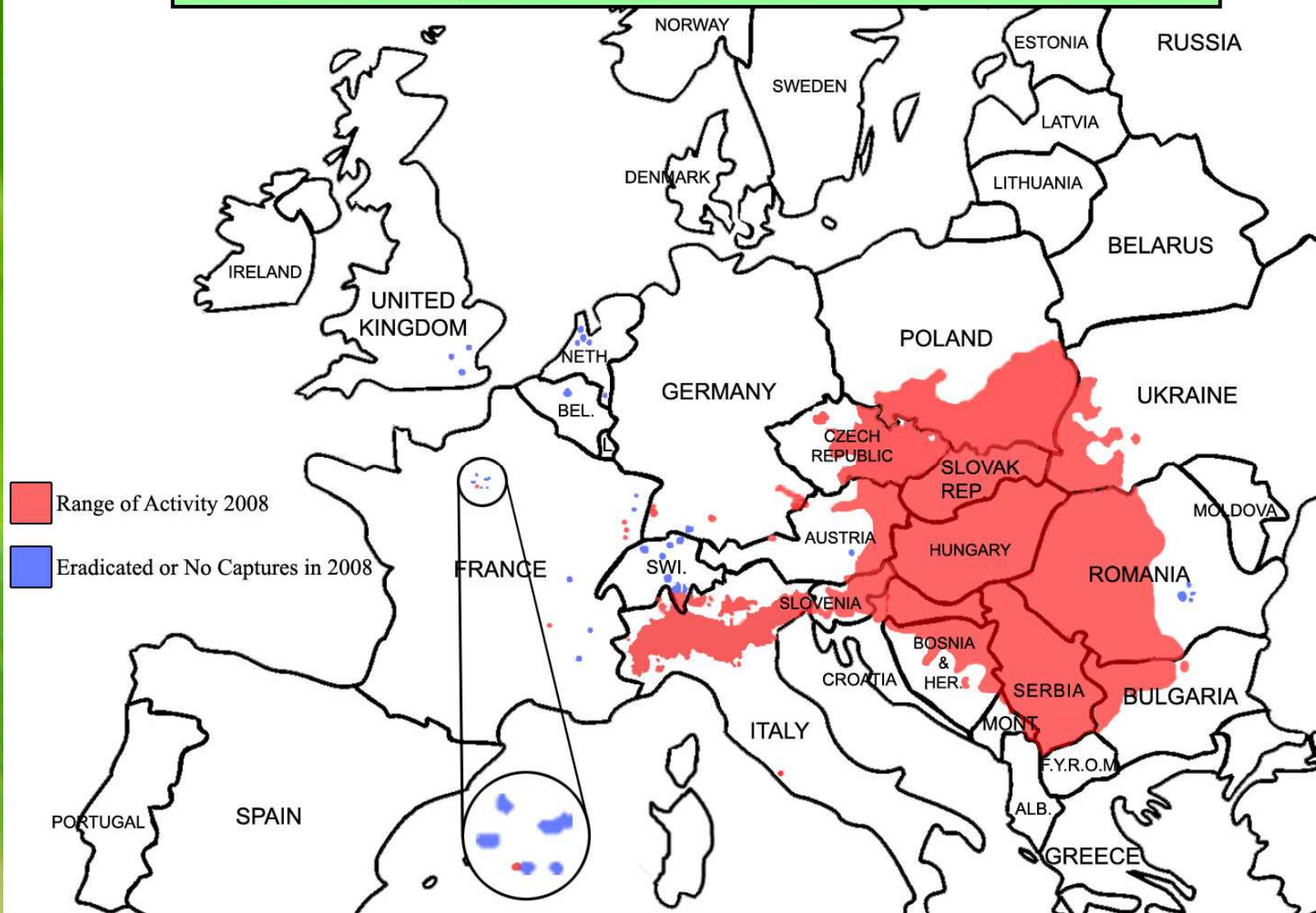
- a gyomnövények 40,3%, **13%-ról 10,5%**
- az állati kártevők 15,9%, **12,4% - 9,6%**
- a növénypatogén gombák 9,4%,
- a vírusok 2,9%,
- növénybetegségeké (kórokozók és vírusok együtt) **9,4%-ról 11,2%**

- **Elméleti – gyakorlati érték**

A KUKORICABOGÁR TERJEDÉSE EURÓPÁBAN 1992-2003

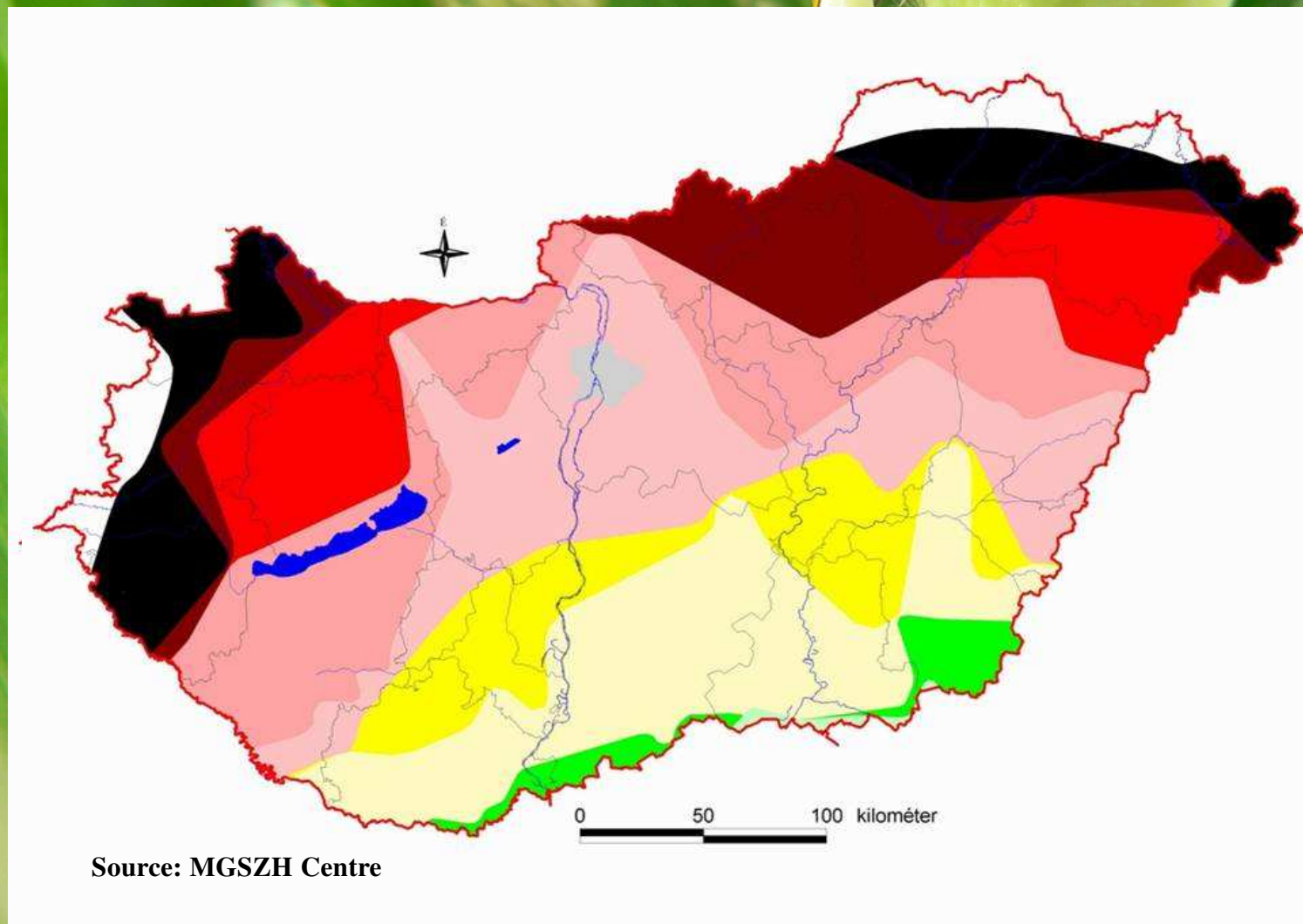


Diabrotica virgifera virgifera LeConte in Europe 2008



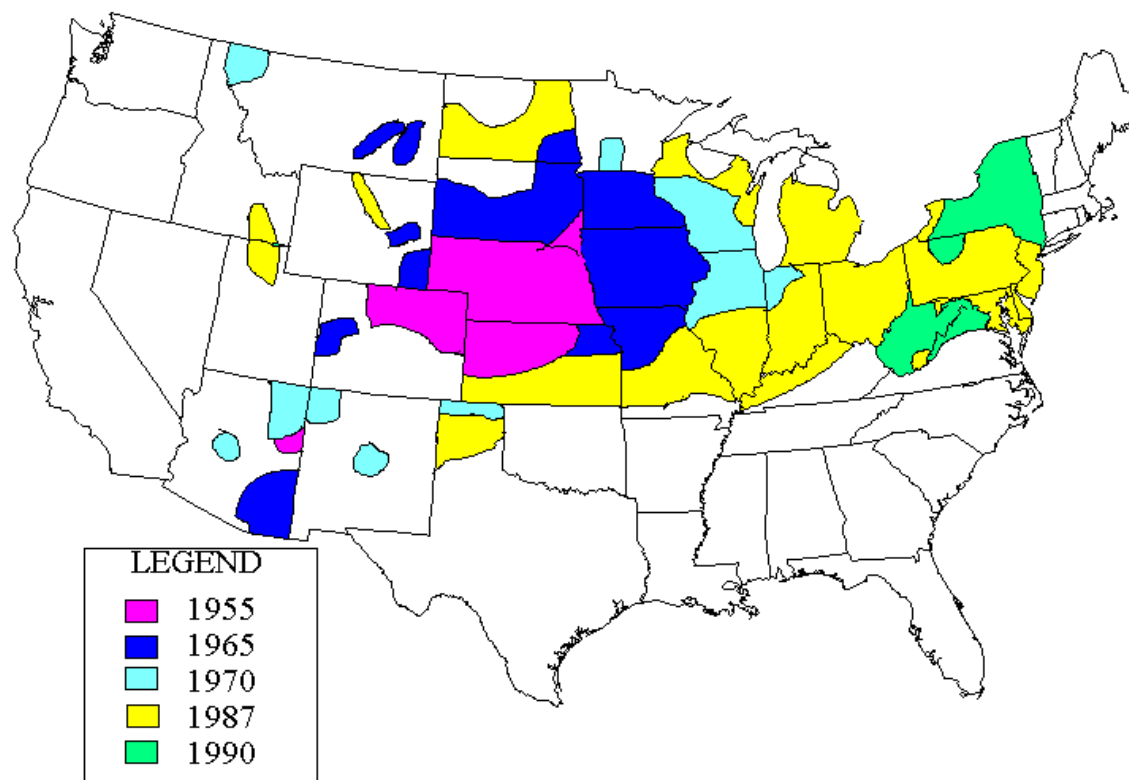
IWGO by C.R. Edwards and J. Kiss, based on data from Baufeld, Bažok, Bertossa, Boriani, Cean, Cobos, Cota, Eyre, Furlan, Grabenweger, Ivanova, Karic, Kubik, Konefal, Konstantinova, Markotić, Melnik, Palmieri, Potting, Ripka, Schaub, Sivcev, Streito, Urek, Vahala, Van Eester, and Záruba

Kukoricabogár terjedése (*Diabrotica virgifera virgifera*) Magyarországon (1995-2003)



2003
2002
2001
2000
1999
1998
1997
1996
1995

Kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) az USA-ban

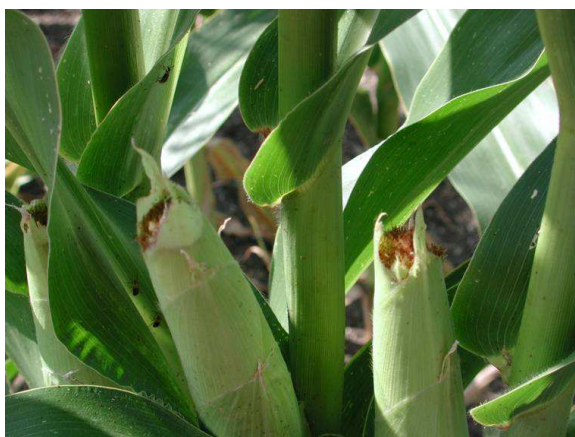


Source: Modified from Chiang 1973, Krysan & Smith 1987

***Diabrotica v. virgifera* lárva (WCR) gyökér kárkép**



Diabrotica v. virgifera imago (WCR) kártétele kukoricán





- **USA gazdák éves vesztesége kb. 1 milliárd dollar (0,2 md védekezés 0,8 md t. veszteség)**
- **> 36 millió ha a kukorica vetésterülete az USA-ban**
- **Évente átlag ~ 7millió ha terület kezelt talajfertőtlenítővel (2003-ig)**
- **Kukoricabogár rezisztens GMO kukorica bevezetése 2003-ban**
- **~12M ha kezelt terület (GMO, talajfertőtlenítés, és rovarölőszeres csávázás)**

Diabrotica Statisztika, H

- 1,2 millió ha kukorica vetésterület
 - ~ 9 millió tonna termés, értéke 1 milliárd \$
- 0,24 millió ha kezelt terület
 - Talaj fertőtlenítés
 - Vetőmag csávázás
 - Légi permetezés
 - Egyéb
- **Károsítás mértéke**
- **Termés veszteség: 5-10%?? Nincs pontos adat**
- **Növényvédelem költsége > 20 millió \$**

Hektáronkénti veszteség

USA: $200 + 800 \text{ M \$} = 1.000 \text{ M \$} / 36 \text{ M ha} = 30 \text{ \$/ha}$

Mo.: $20 + 80 \text{ M \$} = 100 \text{ M \$} / 1,1 \text{ M ha} = 100 \text{ \$/ha}$

Az integrált védekezés lehetőségei

Vetésváltás (vetésforgó rezisztens biotípus)

Vegyszeres védekezés

- vetőmag csávázás
- talajfertőtlenítés
- talajműveléssel egybekötött rovarölőszeres kezelés
- tojásrakó imágók számának gyérítése

Vetőmag (rezisztencia nemesítés)

Vetésváltás

Előnye:

- olcsó
- egyszerűen tervezhető
- hatékony (jelenleg)

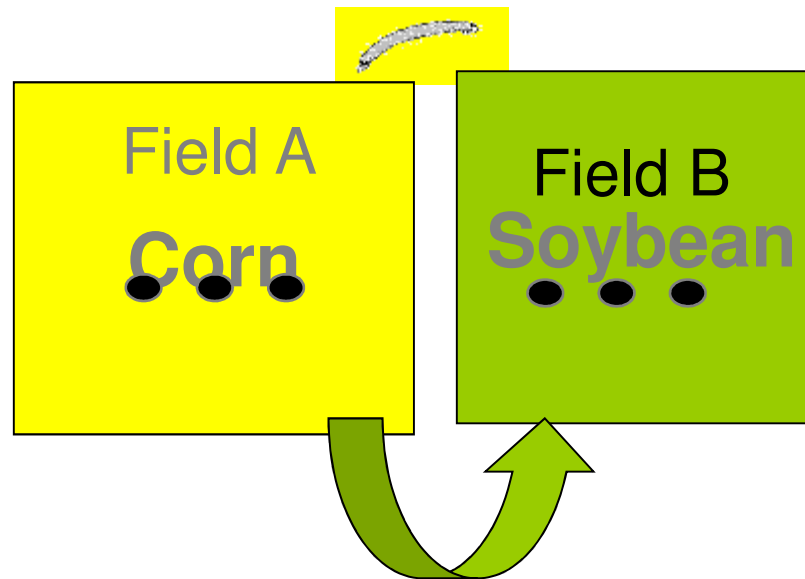
Hátránya:

- szója és lucerna biotípusok
- gyengébb jövedelmezőségű kultúra

Vetésforgó Rezisztencia

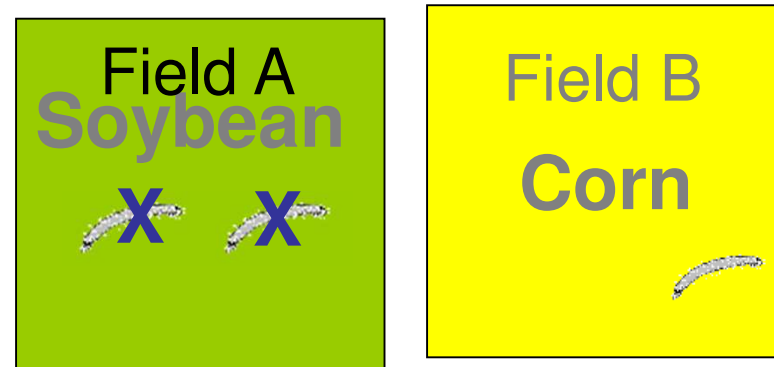
1.Év

Imágó elhagyja a kukoricát,
Tojást rak a szójában



2.Év

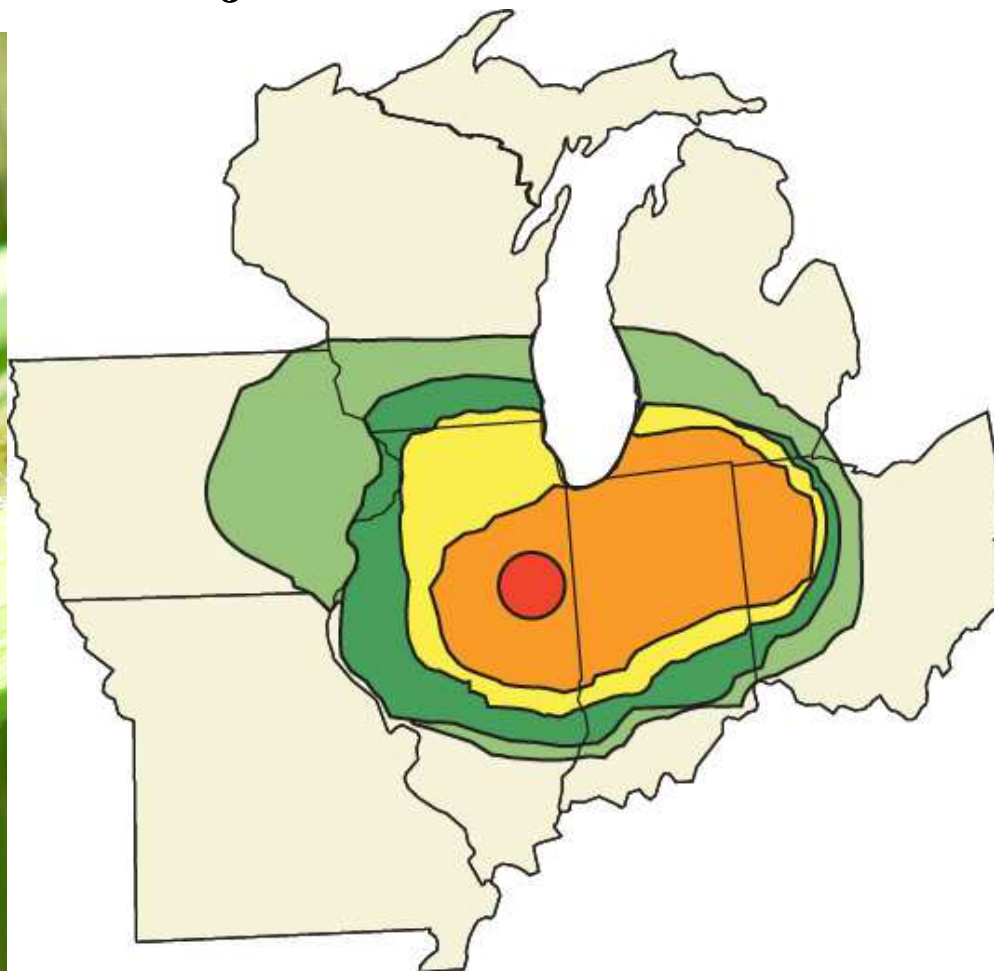
Tojás kikel, a lárva
károsítja az 1. éves kukoricát



Western Corn Rootworm - 2006

Szója változat terjedése évenként

- = 1991
- = 1998
- = 2004
- = 2005
- = 2006



Inszezticid I.

☐ Lárva ellen:

- ☐ csávázás (tiametoxam, imidakloprid, etc.)
- ☐ talaj fertőtlenítés (karbofuran, teflutrin, etc.)

☐ Imágó ellen:

- ☐ légi (lambda cihalotrin, klorpirifos, etc.)
 - ☐ földi (tiakloprid, zeta-cipermetrin, etc.)
- } permetezés

Inszezticid II.

☐ Előny:

- ☐ Hatásos védelem erős fertőzöttség esetén is

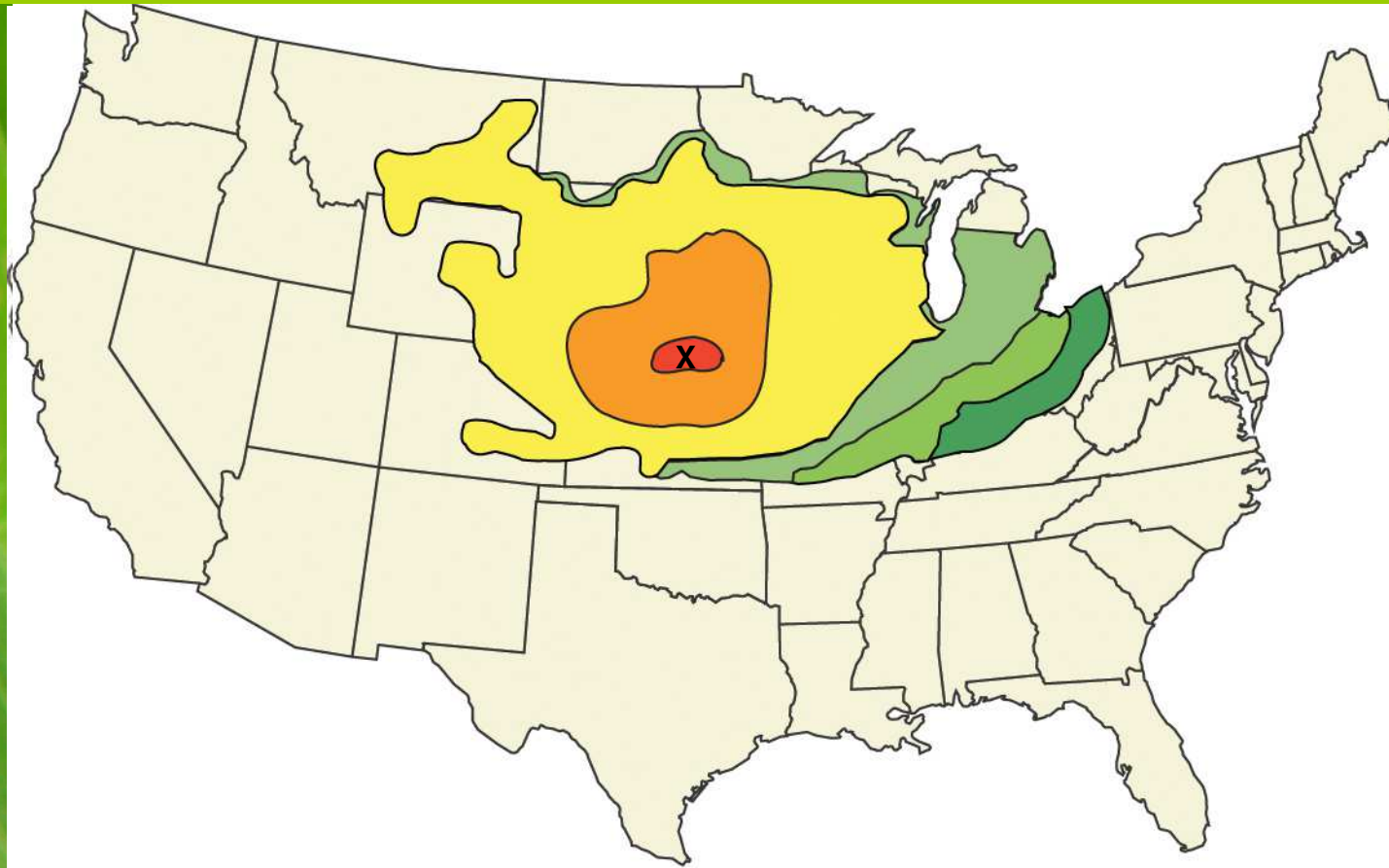
☐ Hátrány :

- ☐ drága (a kezelés költsége kb 1 tonna termés)
- ☐ speciális gépigény
- ☐ időjárás és talaj állapot függő kezelés

- ☐ ~~a rovar populációban rezisztencia alakulhat ki~~

Cyclodiene Rezisztencia terjedése - 1978

Western Corn Rootworm



X = First identified in 1959

Source: USDA, 1978

Gazdanövény Rezisztencia Mechanizmusai

- ❑ **Antibiozis:** kedvezőtlen hatások a rovar biológiájára
- ❑ **Non-preference (Antixenozis):** búvóhely, tojásrakás, táplálkozás
- ❑ **Tolerancia:** eltűri a károsítást, regenerálódó képesség

Tolerancia

**“növekedés, reprodukálás,
sérülés gyógyításának a
képesége bizonyos szintig,**

**a fogékony növényhez
hasonló rovar populáció
méret megtartásával”**

CSAK növényi válasz

Toleráns kukorica

- ❑ Hagyományos nemesítés
- ❑ toleráns kukorica:
 - ❑ megdőlés ellenálló
 - ❑ csökkent termés veszteség
- ❑ NEM GMO

Rezisztencia értékelési technikák

- gyökérdőlés
- gyökér kártétel bonitálás
- gyökérellenállás
- gyökér méret
- regenerálódás
- **termés**

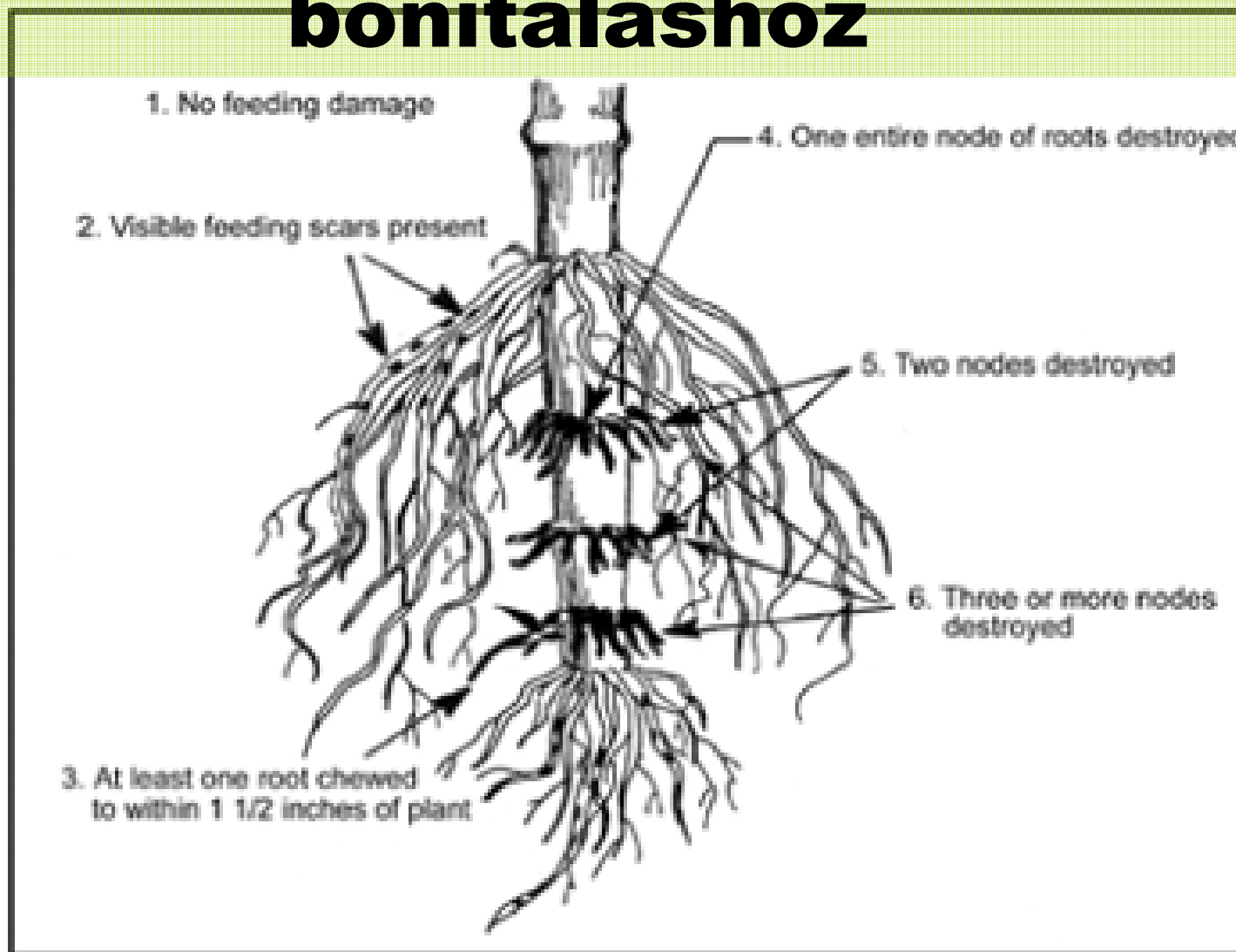
Bonitálás 2-szer: Junius vége, Szept. közepe

Gyökér dőlés értékelése



- **előnyei:**
 - fontos a termelőnek
 - fiziológiai veszteség –csökkent fotoszintézis
 - betakarítási veszteség
 - szignifikáns korreláció a termésveszteséggel
- **hátránya:**
 - függ a környezeti hatásoktól

„Iowa skála” a gyökérvártétel bonitálásához



Testing CRW resistance II.



Provoking root infestation with *Diabrotica* eggs



MTA Mezőgazdasági
Kutatóintézet

(200 eggs /plant)

2019. november 18.

Dr. Marton L. Csaba

Growing GM plants in greenhouse II.



Gyökér ellenállás mérés Martonvásár (2008)



Gyökér ellenállás

- **Jelentős genotípusos különbségek**
- **variábilis tulajdonság; gyors, hatékony technika nagy mennyiségű nemesítési anyag tesztelésére (Rogers, et al., 1977)**

Gyökér méret és regenerálódás

- A rezisztencia természete = tolerancia
- jelentős genotípusos különbség
- a gyökérellenállás és dőlés magyarázata
- nemesítéssel javítható



Antibiosis

- “those adverse effects on the insect life history which result when the insect uses a resistant host-plant variety or species for food”
- ultimately – fewer insects

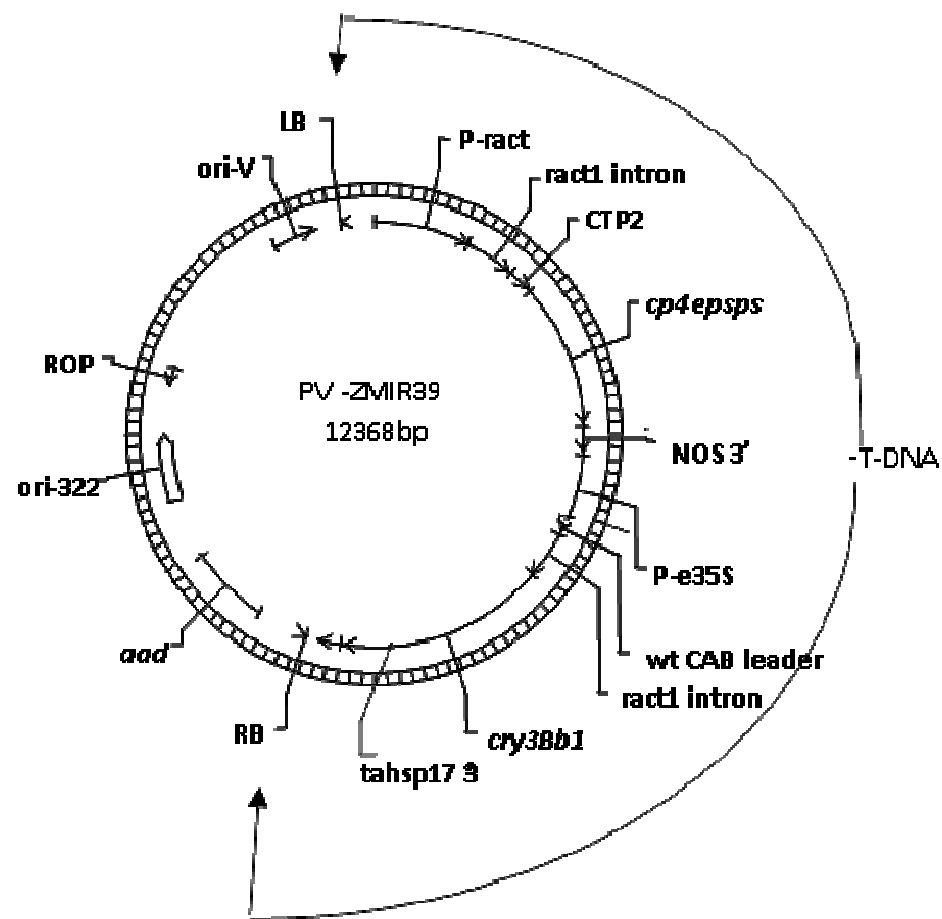
Rezisztens növény

☐ Természetes:

- ☐ jelenleg nem ismert WCR rezisztens kukorica
- ☐ Vannak toleránsabb fajták, morfológiai okok miatt: növényi tulajdonságok (erősebb szár, nagyobb gyökértömeg)

Rezisztens transzgénikus növény

- ❑ kukorica transzformálása Cry3 génnel
- ❑ Cry3BB toxin termelés
- ❑ Lárva elpusztul emésztési problémák miatt
- ❑ rezisztens hibrid ellenáll a lárva kártételnek



PV-ZMIR39 plazmid vektor kör alakú térképe. Csak a jobb és bal határszekvencia (LB és RB) közötti DNS került át a recipiens kukoricasejtekbe.

GMO kukorica

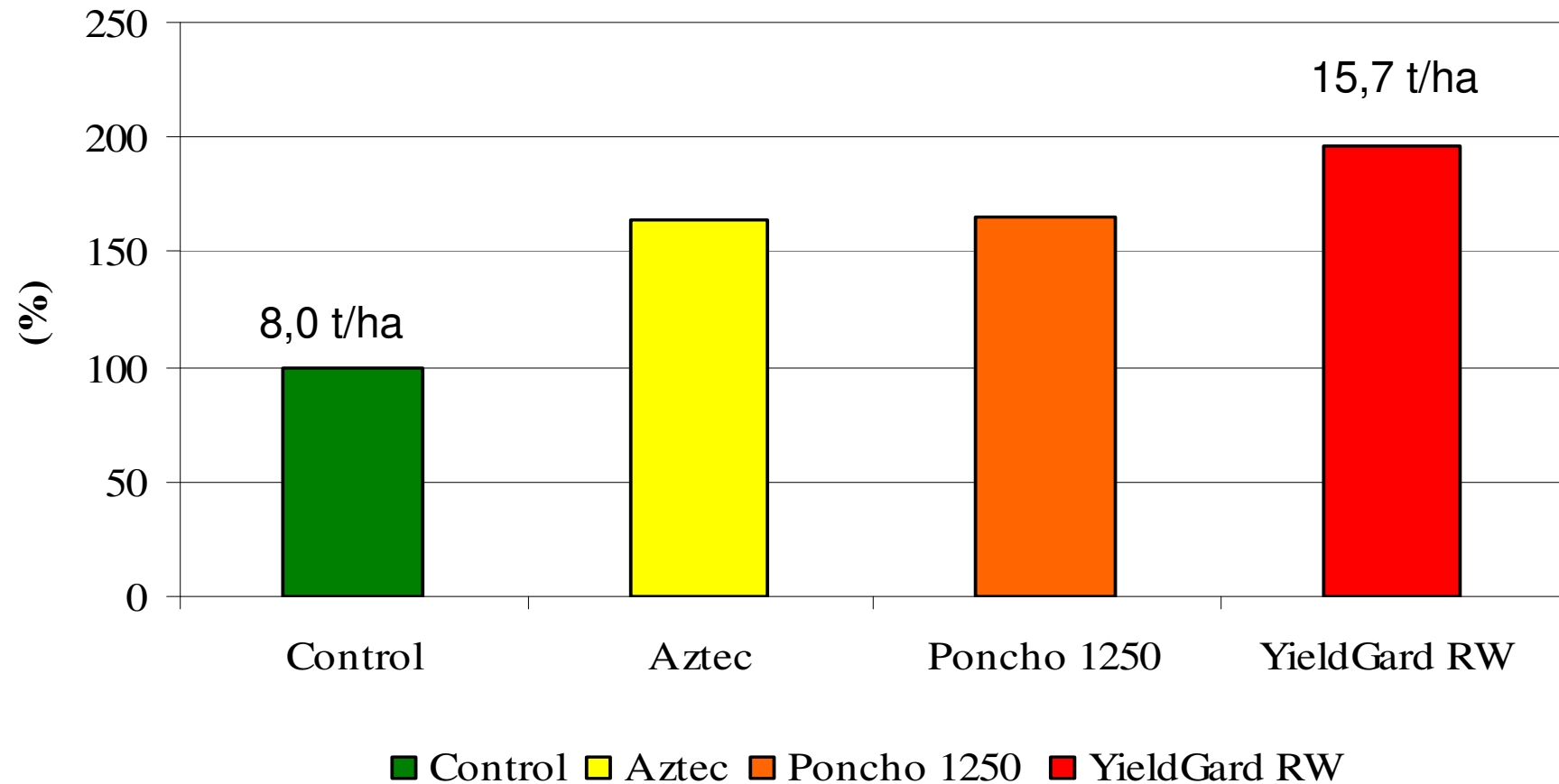


GMO kukorica

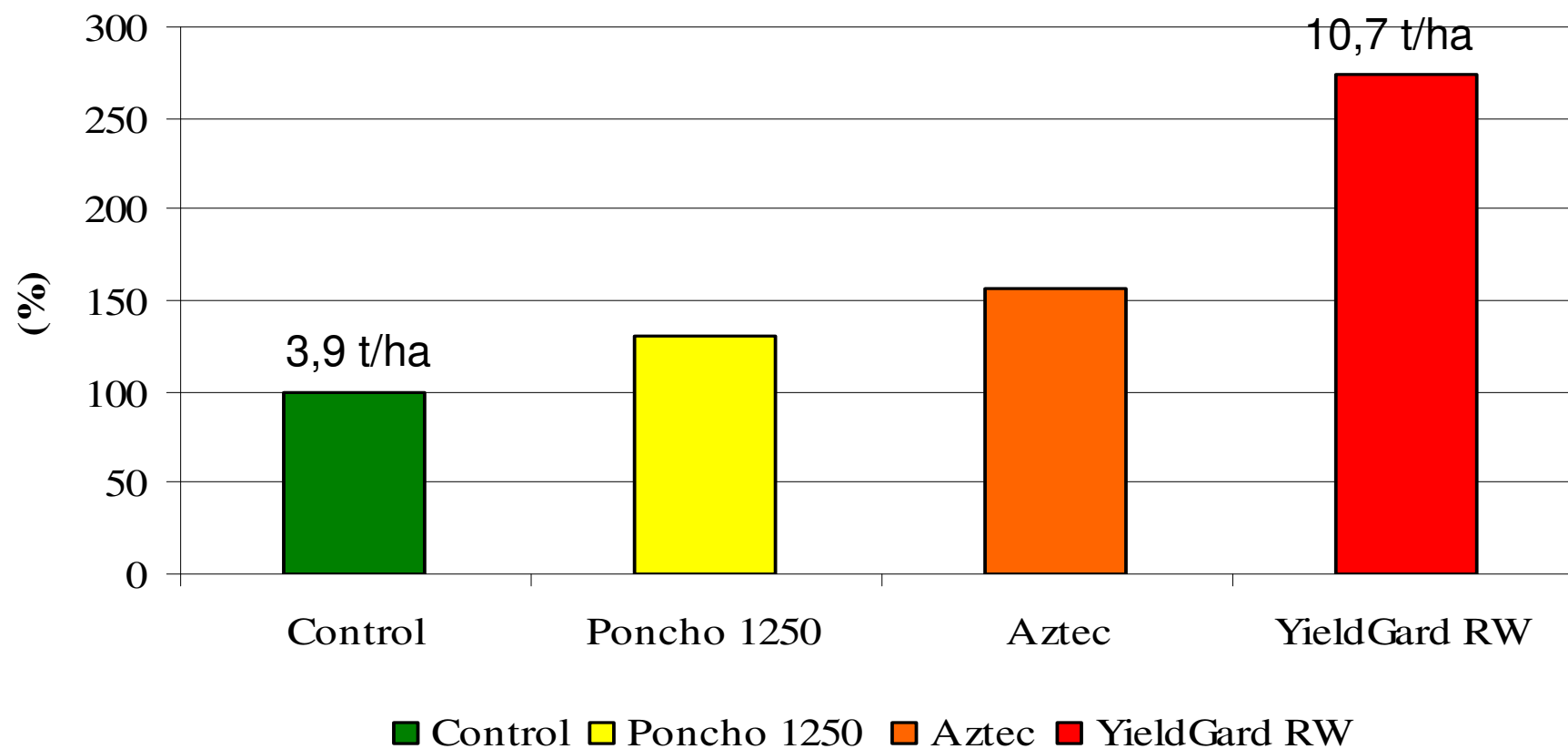
Transzgénikus Hibrid



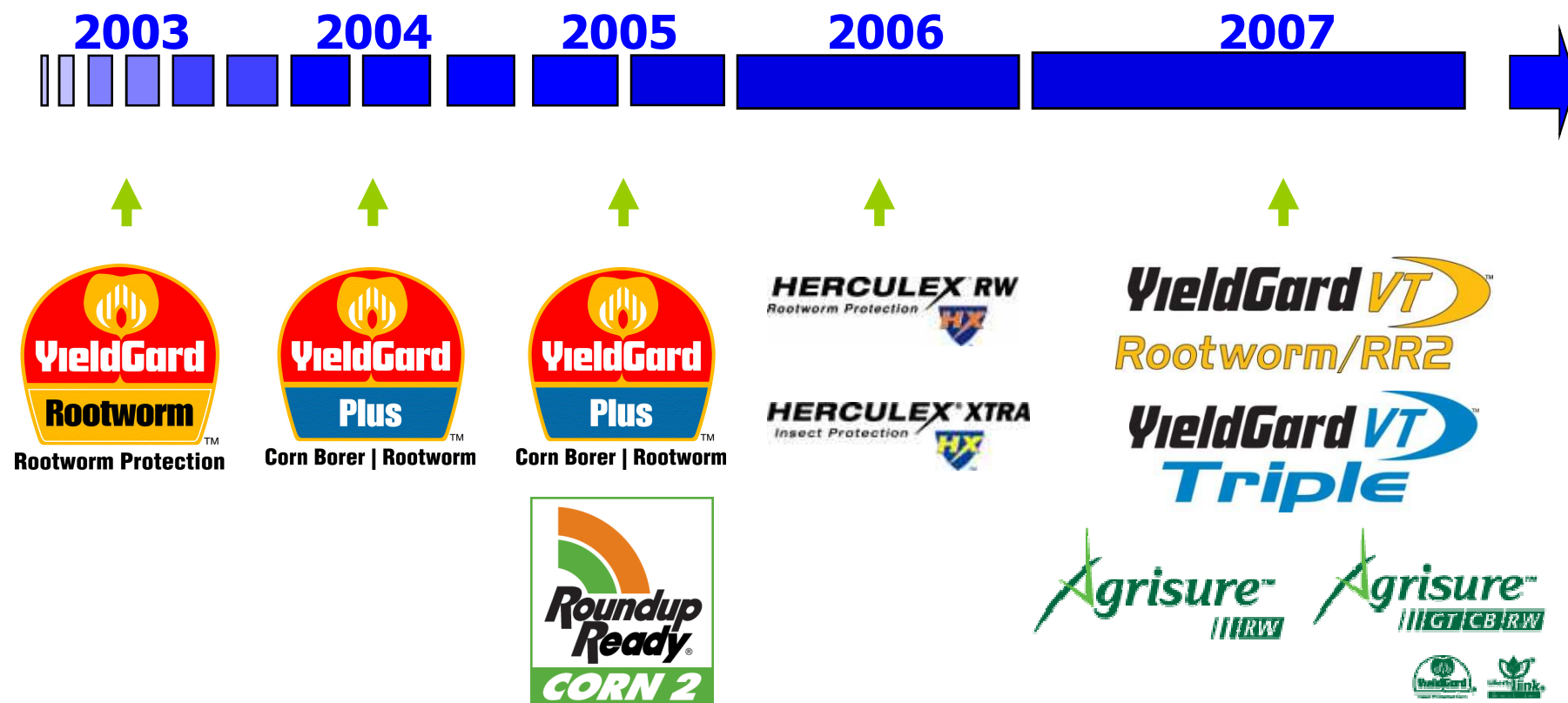
Termés csapadékos helyen (a kontrol %-ban) 2005



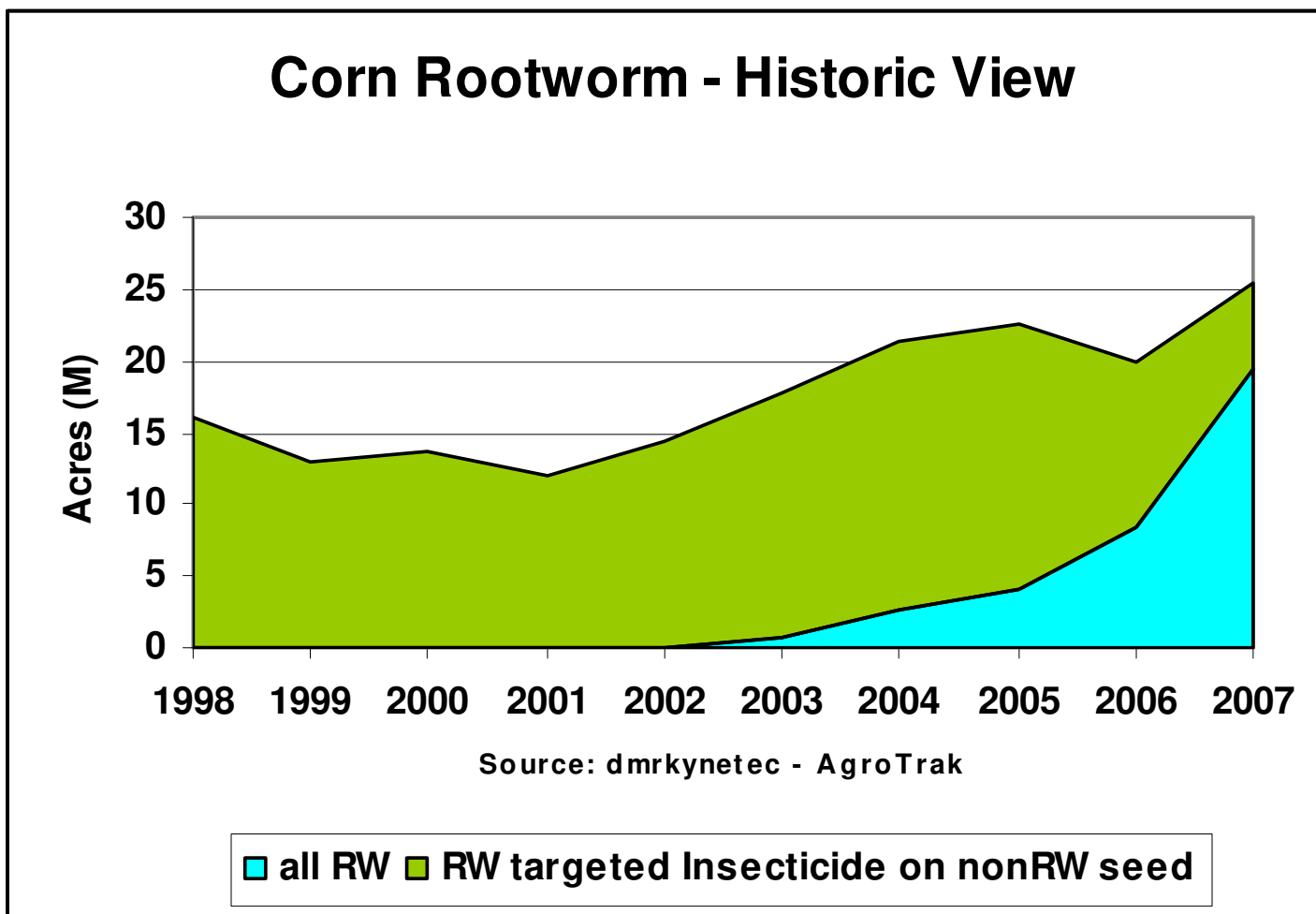
Termés száraz helyen (a kontrol %-ban) 2005



Kukoricabogár rezisztens kukorica használata az USA-ban



A kukoricabogár rezisztens kukorica csökkenti a talajfertőtlenítés területét



Insect Resistance Management (IRM)

Cél: A toxinnal szembeni rezisztencia kialakulásának késletetése

■ **Sikeres IRM terv:**

- Biztosítja az egyszerű kivitelezést a szántóföldön.
- Igényli a termelő képzését.
- Hatékony monitoring programot igényel.

■ Sikeres IRM terv biztosítja a tulajdonság tartósságát, értékének fenntartását.

IRM Terv

A termelőknek „refuge” területet kell vetniük .

- **„Refuge” terület szabályozása:**
 - „Refuge” mérete: Minimum 20%
 - „Refuge” elhelyezése: A transzgenikus kukorica mellett, vagy azon belül.
 - „Refuge” terület védhető inszekticiddel lárva kártétel csökkentése céljából
 - „Refuge” fajta: Hagyományos; Moly rezisztens, & Roundup Ready.
 - „Refuge” alakja: Blokkokban; sávosan;
 - „Refuge in the bag”

A WCR rezisztens kukorica előnyei-hátrányai



■ Előnyök

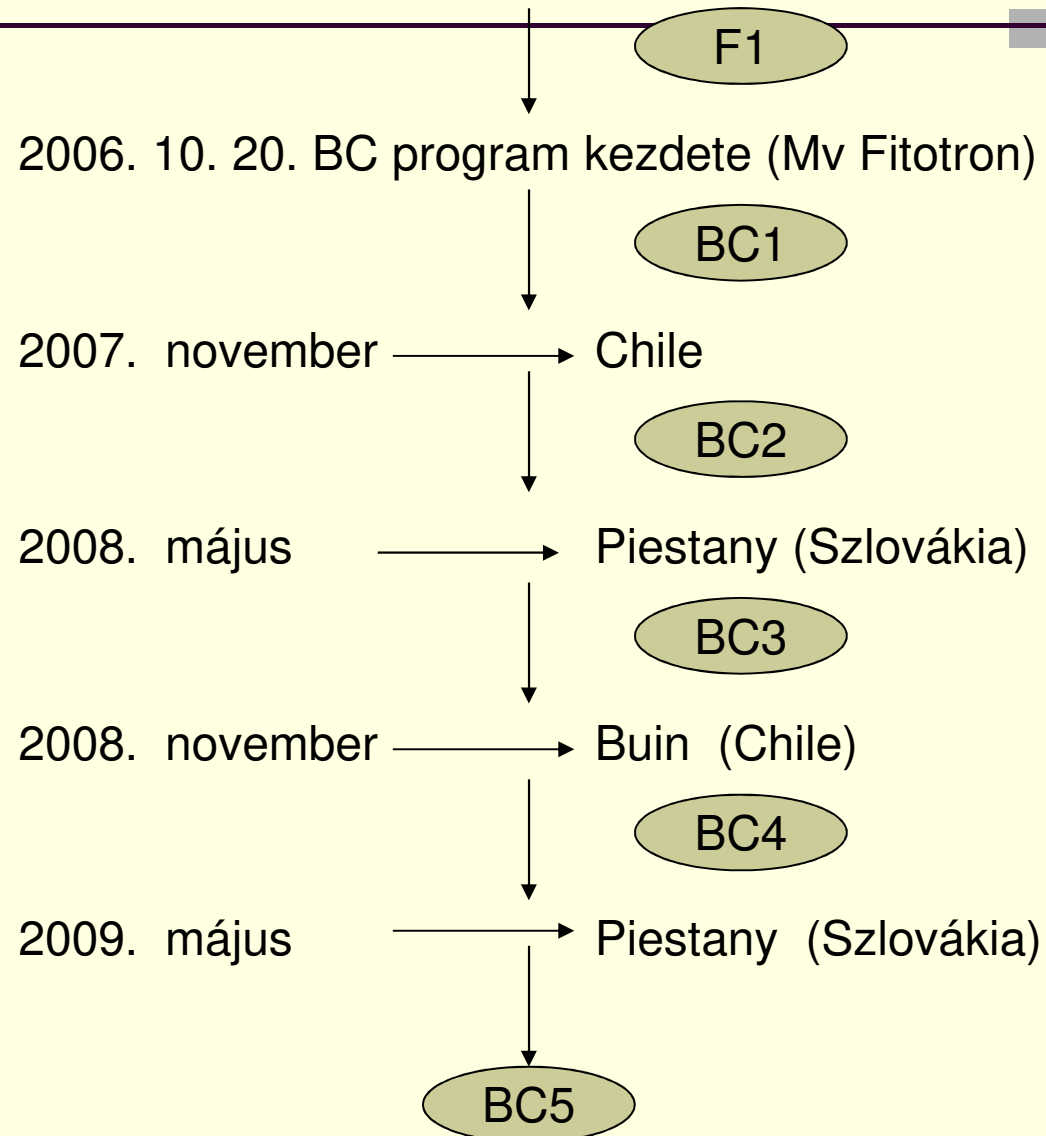
- Biztonságos védekezés
- Kisebb környezet terhelés (víz, energia..)
- Szűk spektrum
- Hosszú hatástartam
- Erősebb szár, gyökér
- Jelentős terméstartalom

■ Hátrányok

- Rezisztencia szint növekedés, „IRM”
- „Refuge” vetés

Martonvásári törzsek átalakítása 2006-

16 Mv*GMO F1 előállítás





Fitotron, Martonvásár

Kukorica *in vivo* transzformáció





Kukorica *in vivo* transzformáció



Kukorica *in vivo* transzformáció



Chilei téli generáció 2008-2009 (GMO program)





Következtetések

- **A hagyományos nemesítésnek vannak lehetőségei**
- **A rezisztencia a tolerancián alapszik**
- **A gyökérellenállás hatékony eszköz**
- **A transzgénikus kukorica hatékonyabb védelmet ad**



FIGURE 1. GLOBAL AREA OF BIOTECH CROPS, 1996 TO 2016 (MILLION HECTARES).

Source: ISAAA, 2016

Source: ISAAA, 2016.

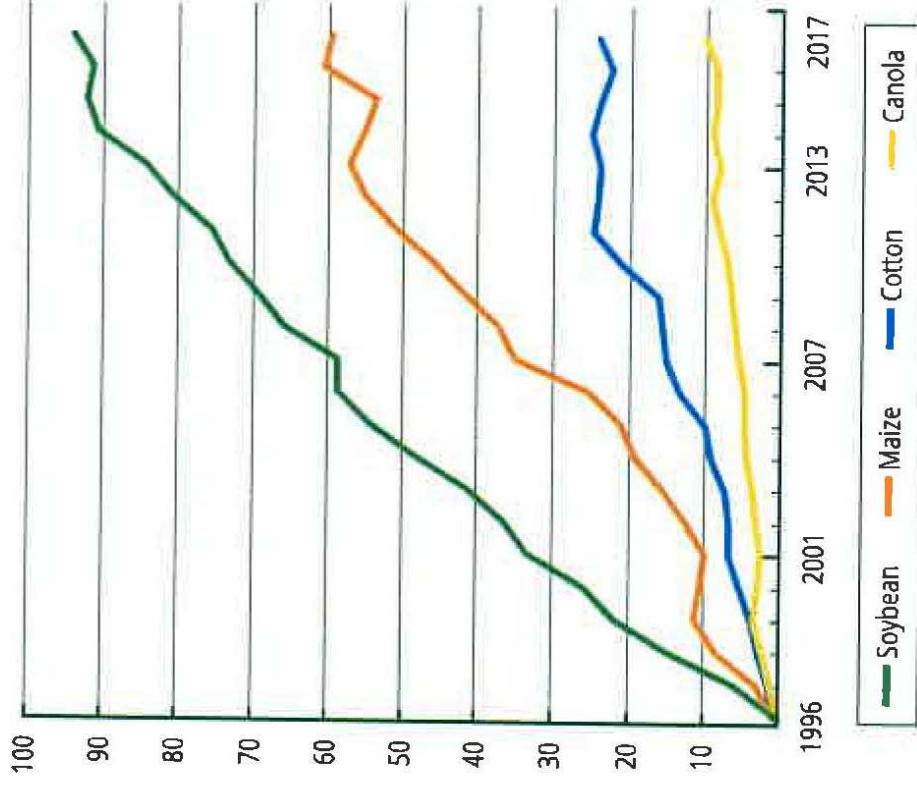


Figure 16. Global Area of Biotech Crops, 1996 to 2017: by Crop (Million Hectares)

Source: ISAAA, 2017

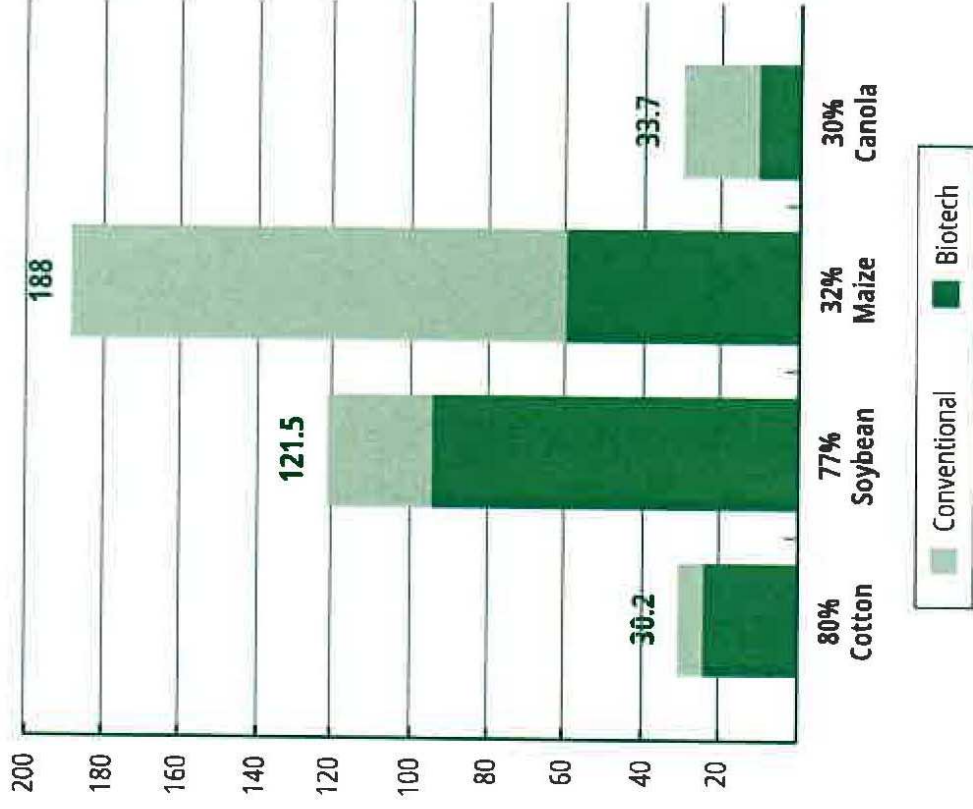
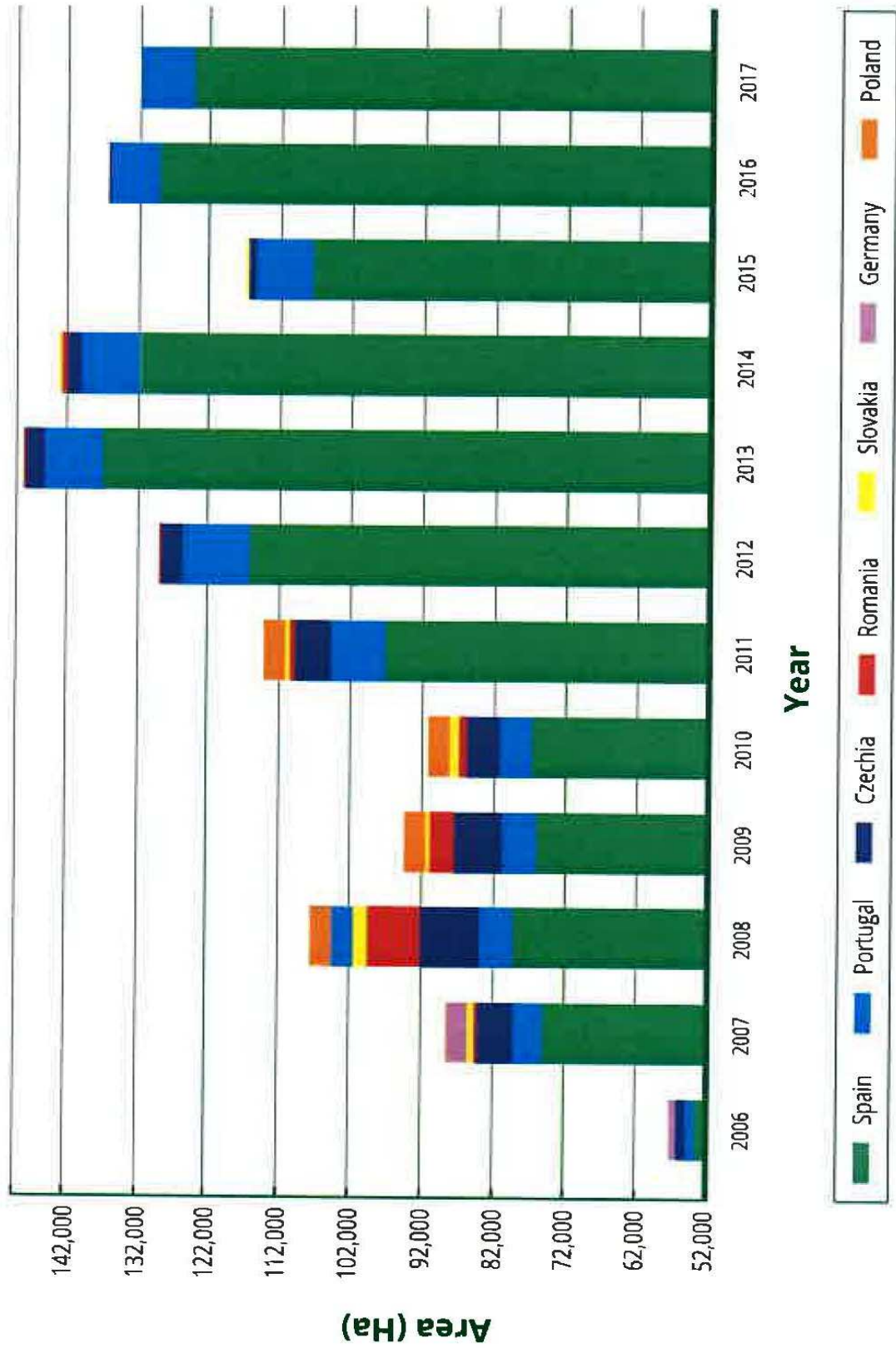


Figure 17. Global Adoption Rates (%) for Principal Biotech Crops, 2017 (Million Hectares)

Source: ISAAA, 2017



BIOTECH CROP HIGHLIGHTS IN 2015



18 MILLION FARMERS
IN **28** COUNTRIES PLANTED

179.7 MILLION HECTARES BIOTECH CROPS

FASTEST ADOPTED CROP TECHNOLOGY IN RECENT TIMES

2 BILLION HECTARES OF BIOTECH CROPS PLANTED IN ~28 COUNTRIES SINCE 1996

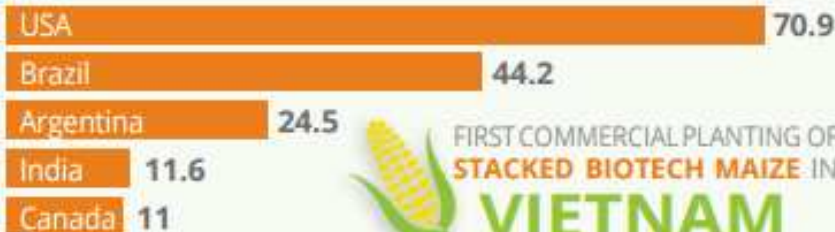


COUNTRIES GROWING BIOTECH CROPS

20 DEVELOPING

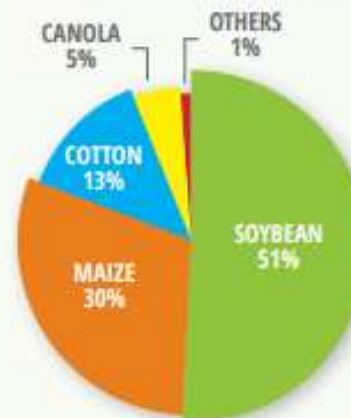
8 INDUSTRIAL

TOP 5 COUNTRIES GROWING BIOTECH CROPS: (AREA IN MILLION HECTARES)



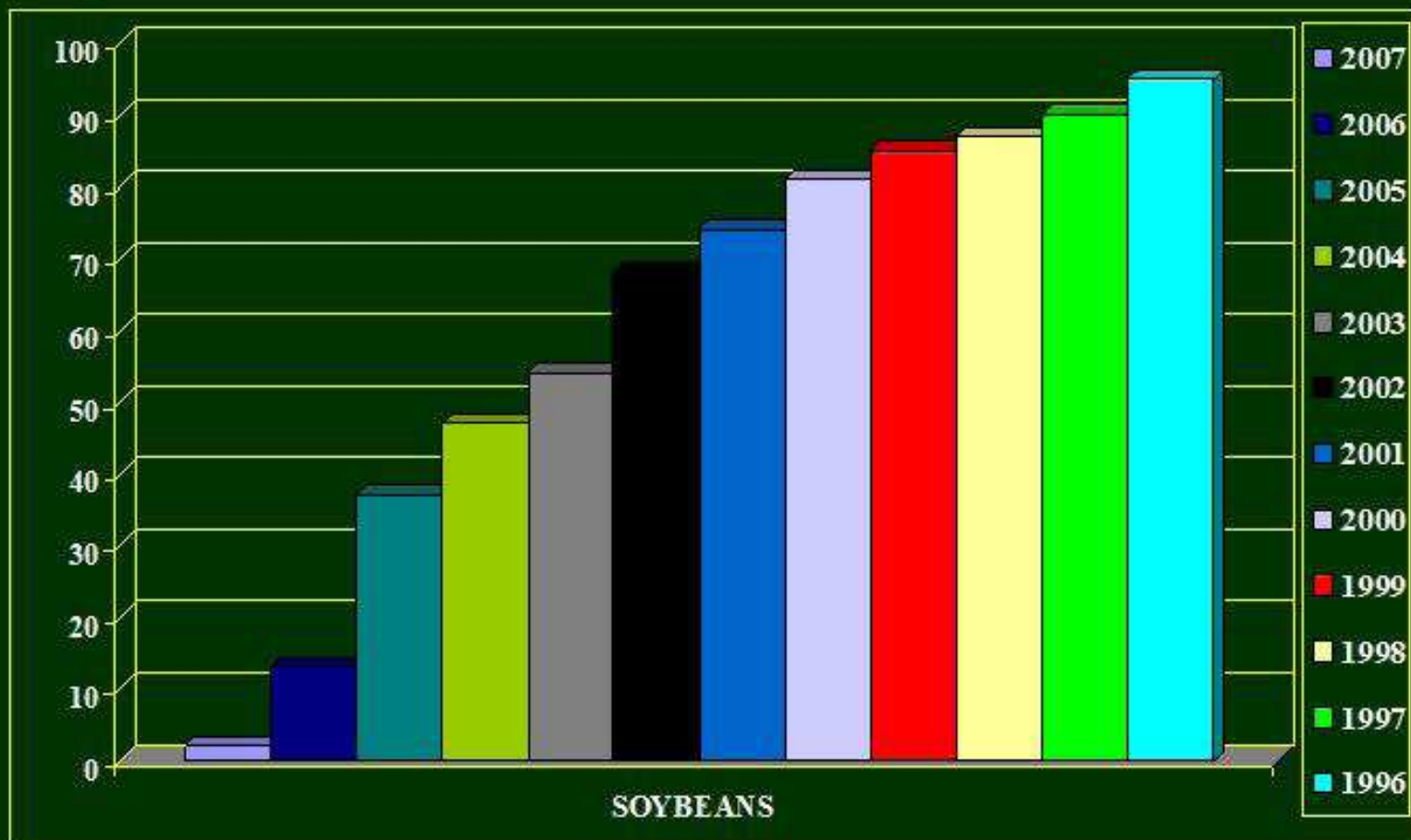
FIRST COMMERCIAL PLANTING OF
STACKED BIOTECH MAIZE IN
VIETNAM

MAJOR BIOTECH CROPS



HERBICIDE TOLERANCE is the dominant trait deployed in SOYBEAN, MAIZE, CANOLA, COTTON, SUGAR BEET & ALFALFA

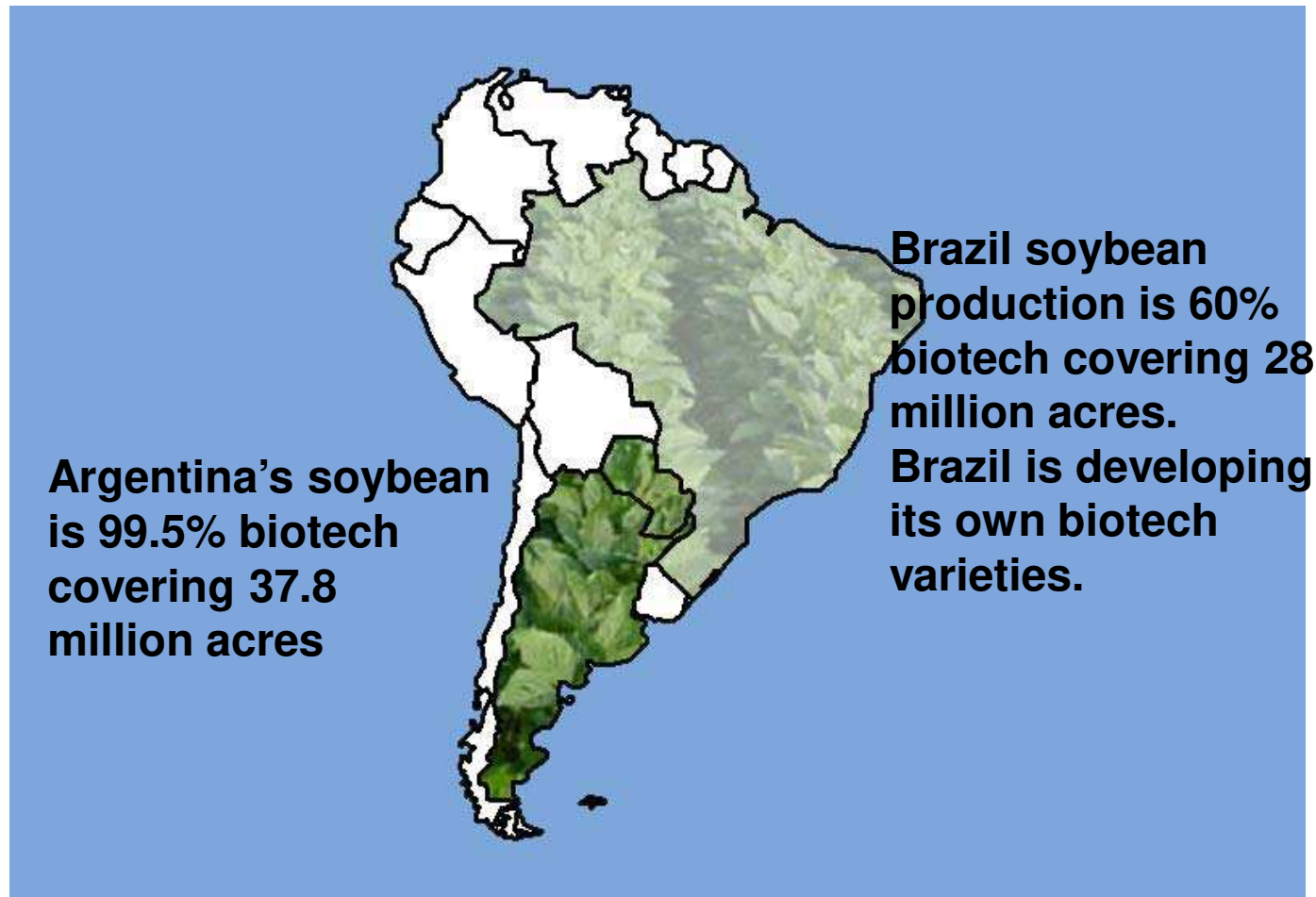
Percentages of U.S. acres planted to biotech varieties



Gyomirtás Glyphosattal



Brazilia & Argentina



A transzgénikus kukorica jövője

- Szárazságtűrés
- Nitrogen hatékonyság
- Nagy Lysine tartalmú kukorica
- Nagy olajtartalmú kukorica
- Anthrachnose Tolerancia
- Steril alapú vetőmag előállítás

Magyarország Alaptörvénye* (XX. cikk)

(2011. április 25.)

- (1) Mindenkinek joga van a testi és lelki egészséghez.
- (2) Az (1) bekezdés szerinti jog érvényesülését Magyarország **genetikailag módosított élőlényektől mentes**
- **mezőgazdasággal, az egészséges élelmiszerekhez és az ivóvízhez** való hozzáférés biztosításával, a munkavédelem
- és az egészségügyi ellátás megszervezésével, a sportolás és a rendszeres testedzés támogatásával, valamint
- a környezet védelmének biztosításával segíti elő.
- *10662 M A G Y A R K Ö Z L Ö N Y • 2011. évi 43. szám*

Genome editing technologies are a type of genetic engineering leading to the targeted modification of the genome of interest via the **insertion, deletion or replacement** of specific DNA sequences [1]. Amongst these, CRISPR/Cas9 is certainly the most promising and plant researchers have quickly realised its importance as its use is applied to several plant species [2, 3].



Köszönöm a figyelmet!

A kutatásainkat a KUKBOGMV-OM-00063/2008 NKTH
Jedlik Ányos pályázat támogatta