

M U N I
S C I

Kam se ubírají genetické modifikace rostlin?

Naděje a realita

Jana Řepková

XXIII. ročník kurzu genetiky a molekulární biologie pro učitele středních škol

13. 9. 2023

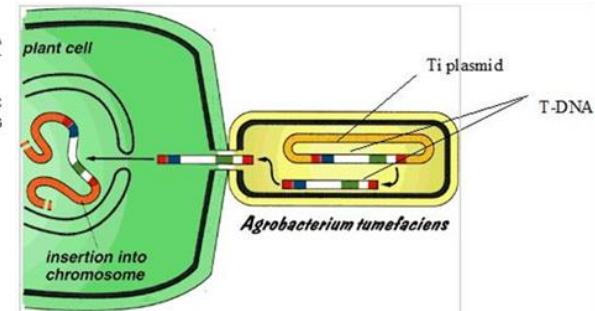
Osnova

- Historie
- Cíle GM rostlin
- Komerční využití a současnost
- Současné směřování, nové techniky
- Legislativa

1 Historie



A
T
C
G



Od klasické genetiky k DNA a rDNA

- **1866 Mendel** formuloval zákony dědičnosti a objevil jednotky dědičnosti – geny
- **1944 Avery, MacLeod a McCarty** DNA je podstatou dědičnosti
- **1953 Watson, Crick a Wilkins** model struktury DNA

- **1972 Boyer, Cohen** metoda rekombinantní DNA
- **1980** Legislativa **Postoj USA a EU ke GMO**
- **1994** Rajče **FlavrSavr®** GM potravina určená pro trh
- **1995** Vytvořena Bt-kukuřice

- **1996** Začátek komerčního pěstování GM plodin

Historie transformace rostlin

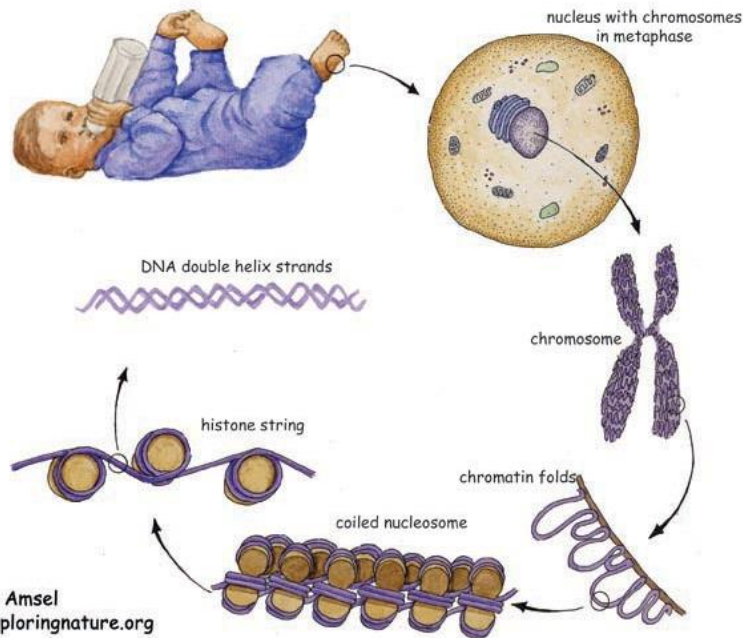
- **1983** tabák
- **1984** mrkev, štírovník
- **1985** řepka olejka, petúnie
- **1986** vojtěška, huseníček, rajče, tykev
- **1987** chřest, bavlník, len, ředkvička, salát, brambor, žito, slunečnice
- **1989** jabloň
- **1990** chryzantéma, citrus, jetel, papája, jahodník
- **1991** karafiát, kiwi, meloun, švestka
- **1992** cukrovka, pšenice
- **1993** hrách, ječmen

Dědičnost znaků po transformaci

Jaderná DNA

Chloroplastová DNA

Looking Closer at DNA



Dědičnost mendelistická

nemendelistická - maternální

MINI
SCI

2 Cíle genetických modifikací

GM 1. generace

Rezistence k herbicidům

Rezistence vůči hmyzím škůdcům, virům a bakteriím

GM 2. generace

Zvýšení nutriční hodnoty – kvalita olejů, škrobu, aminokyselin

Odstranění antinutričních látek

Modifikace organismů pro přežití v extrémních podmínkách

Modifikace rostlin pro získání obnovitelných a ekologických zdrojů pro chemickou výrobu

Zvýšení mechanické stability proti škodám při transportu a skladování

Cíle genetických modifikací

GM 3. generace

Rostliny jako producenti farmakologických látek – vakcíny, pankreatická lipáza, produkce vitamínů (beta-karoten)

Okrasné druhy – karafiát

Fytoremediace

Nové techniky



Největší světové firmy - GM plodiny

Monsanto

Syngenta

Pioneer High-Bred Agro

BASF

DuPont

Přehled GM plodin

<https://isaaa.org/gmapprovaldatabase/cropstlist/default.asp>

Evropská komise - Registr povolených GM plodin, potravin a krmiv

http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm

3 Komerční využití GM plodin a současnost

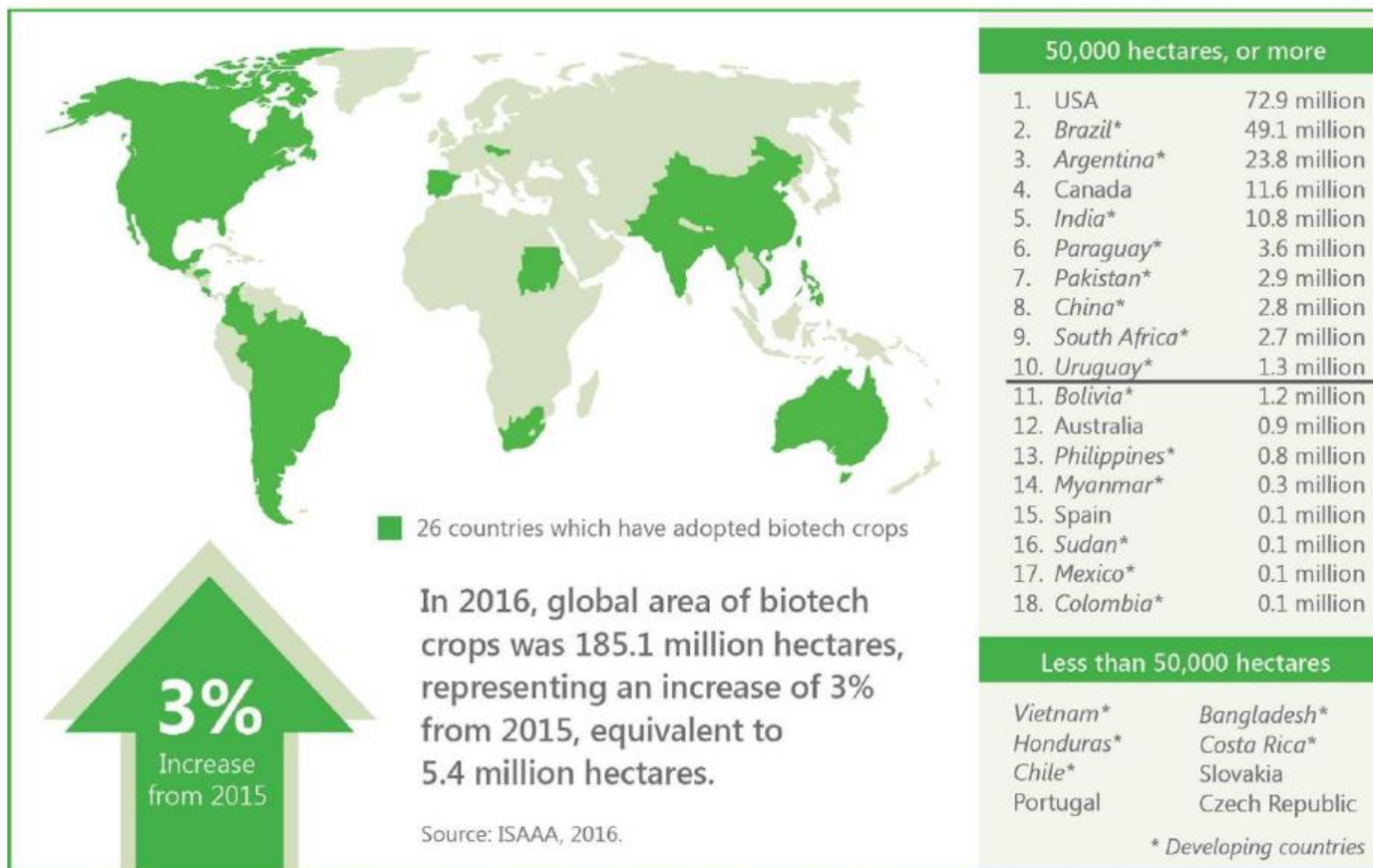
Celosvětové výsledky vs. Evropa
od r. 1996

Celková plocha GM plodin (mil. ha) 1996–2019



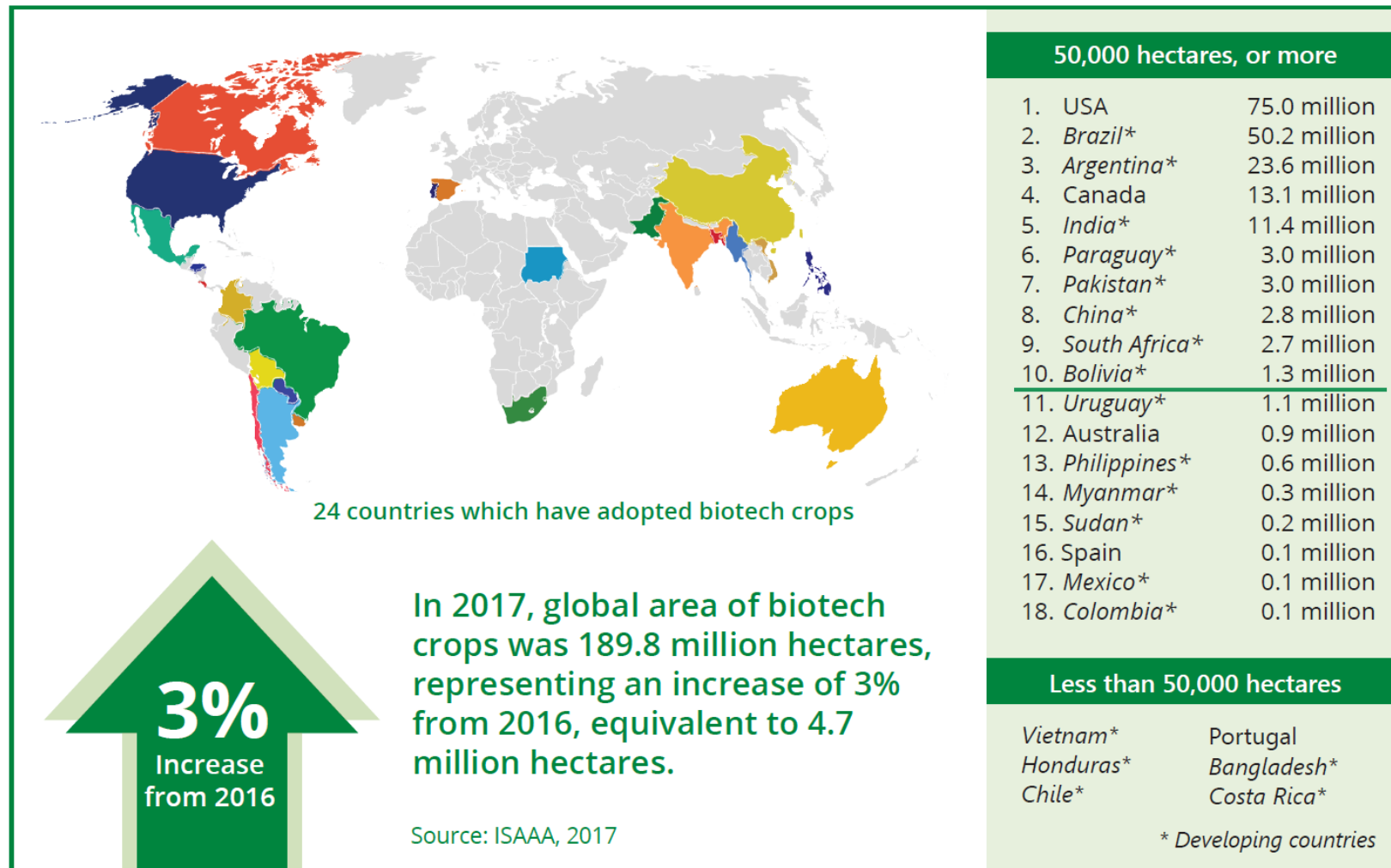
2017 2019
189.8 **192** ha
17 mil. farmářů
95% z rozvoj. zemí

Celková plocha GM plodin r. 2016



- Top five countries: 3 Developing countries (Brazil, Argentina, & India) and 2 Industrial countries (USA & Canada) grew 91% of biotech crops

Celková plocha GM plodin v 18 zemích r. 2017



2019 – 29 zemí pěstuje GM plodiny
43 zemí dováží GM produkty

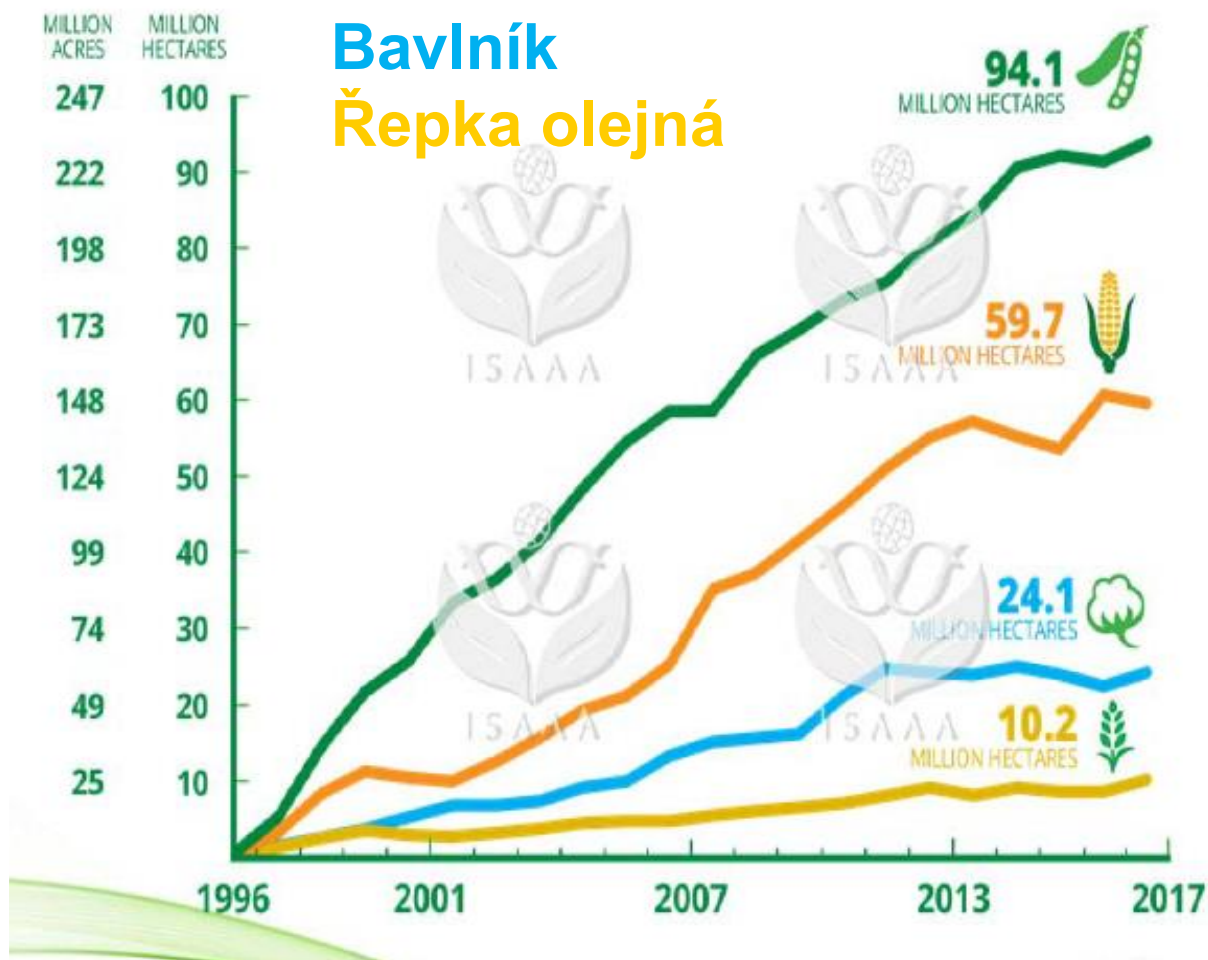
Celková plocha hlavních GM plodin 1996–2017 (mil. ha)

Sója

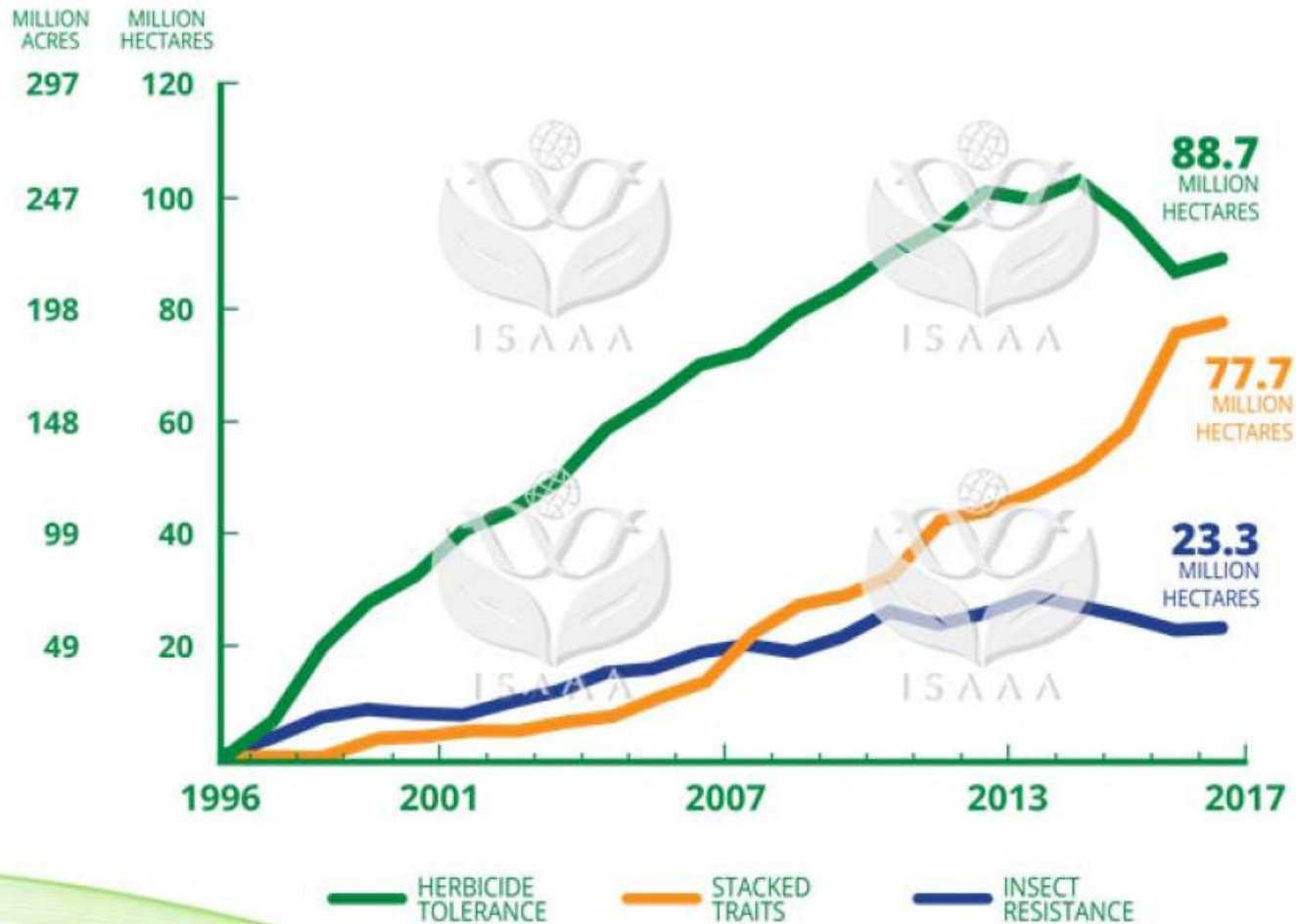
Kukuřice

Bavlník

Řepka olejná

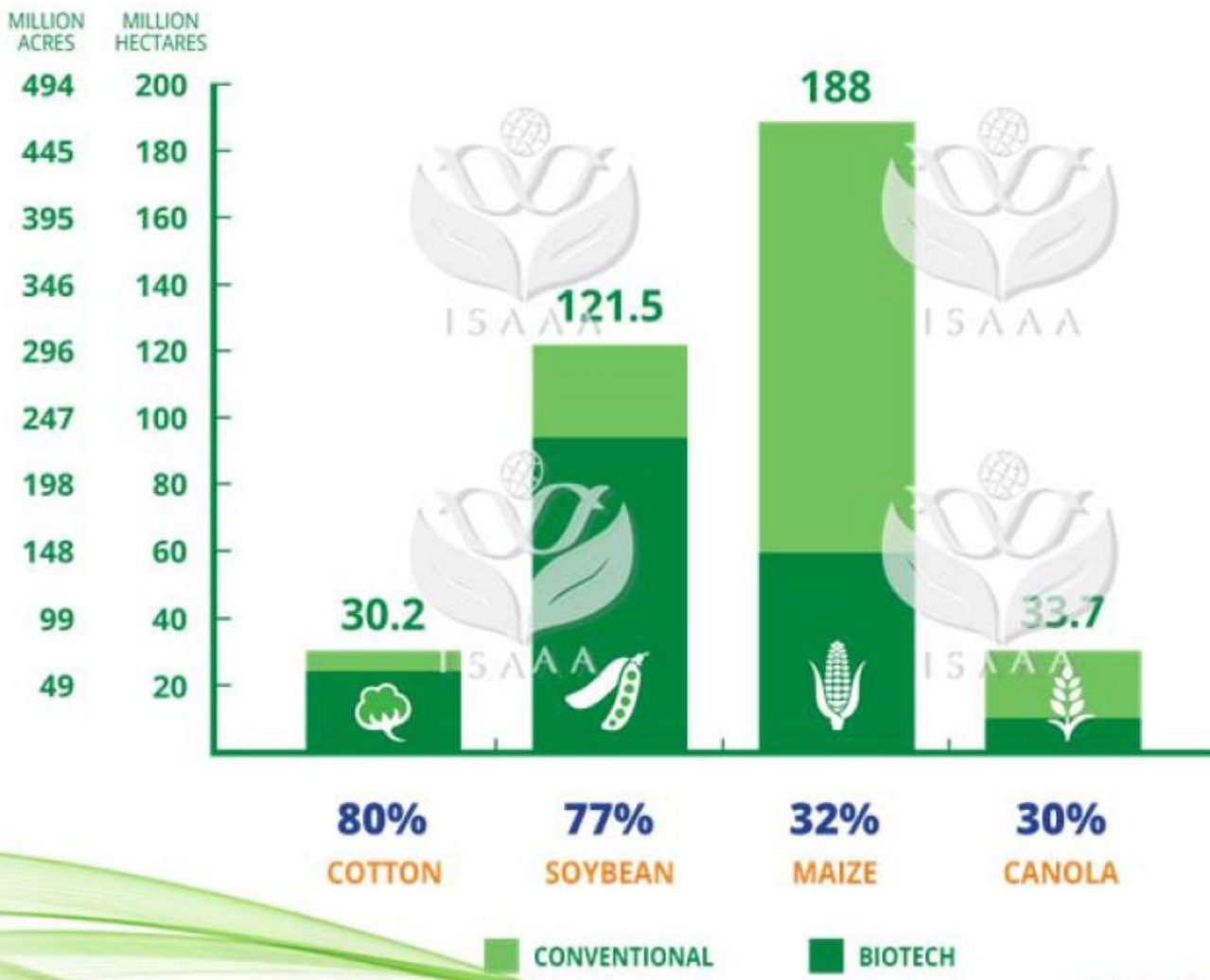


Celková plocha GM plodin podle znaku 1996–2017 (mil. ha)

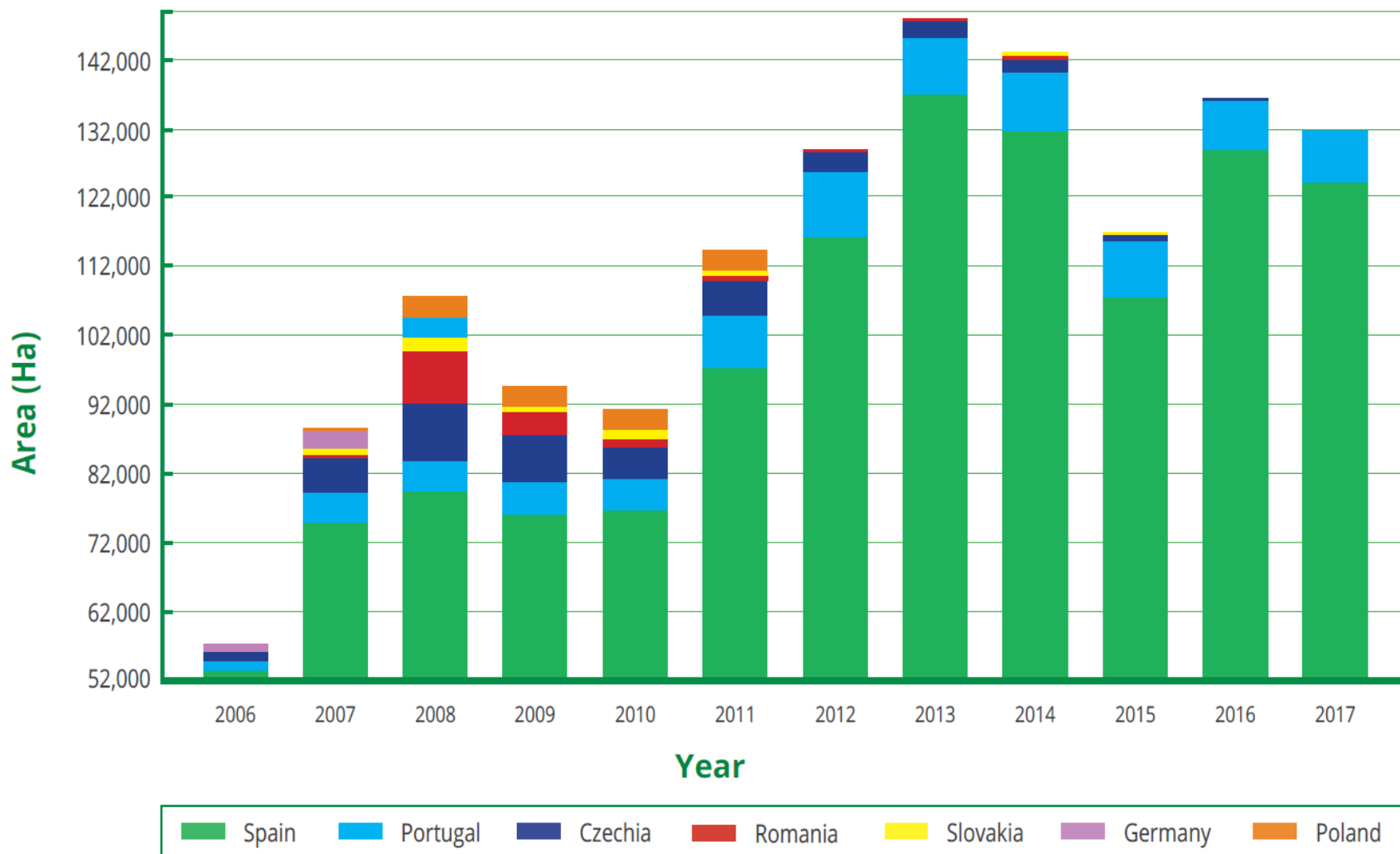


USA 2010 Kukuřice Smartstax 8 genů

Podíl GM čtyř hlavních plodin na celkové produkci r. 2017



Celková plocha GM plodin v EU 2006–2017 (ha)



EU – povolení k pěstování

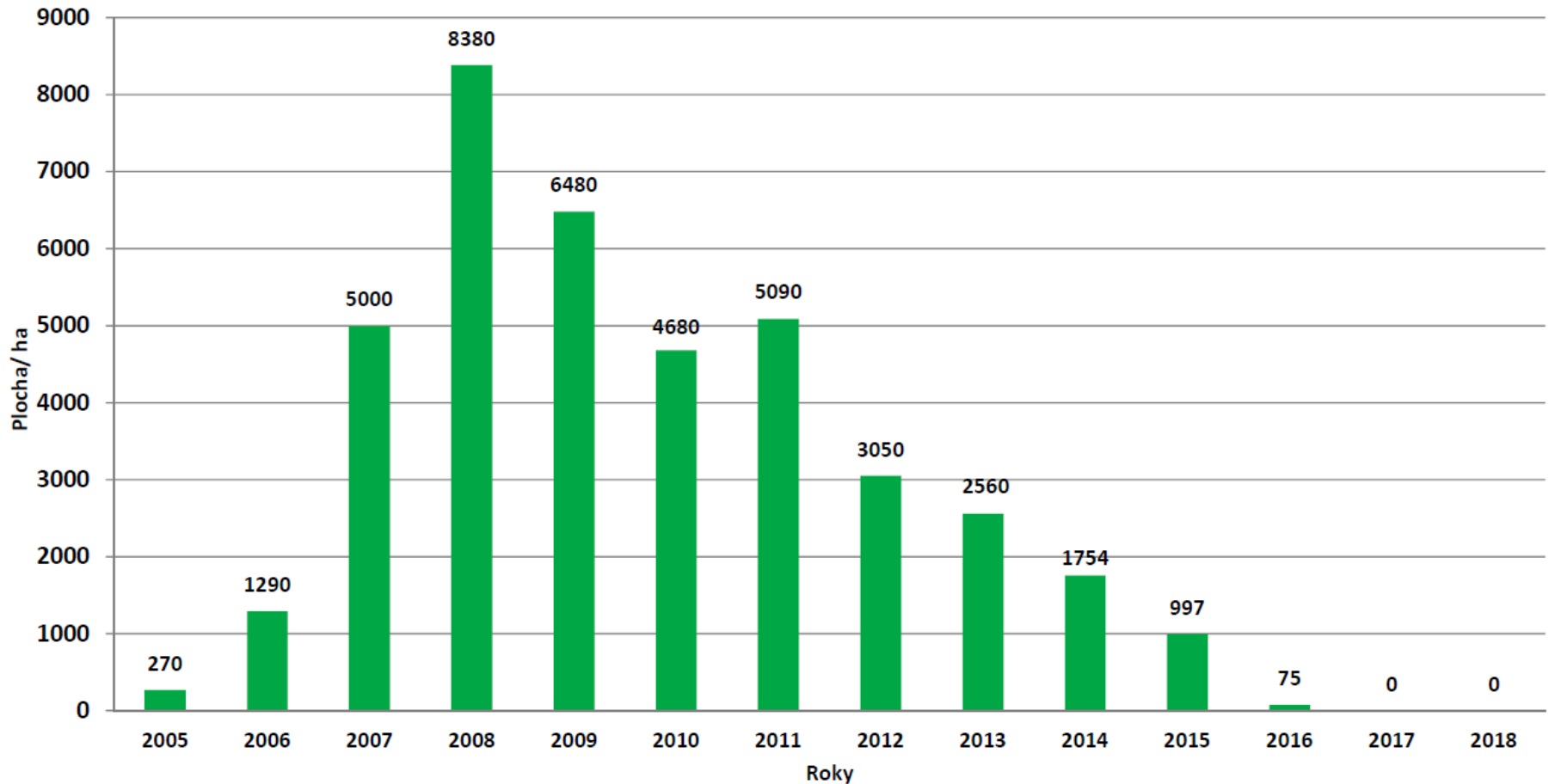
- **Kukuřice** MON810 odolnost k hmyzímu škůdci zavíječi kukuřičnému
- **Brambory** Amflora, změna obsahu škrobu (Amflora bez amylozy) zpracovatelský průmysl, 2012 firma BASF pěstování v EU ukončila
- **Cukrová řepa** tolerantní k herbicidu a s odolností k patogenu rhizománii, 2010 pokusy zastaveny

Další povolení jen pro dovoz a zpracování – **kukuřice, sója, řepka, bavlník, cukrovka, karafiát**

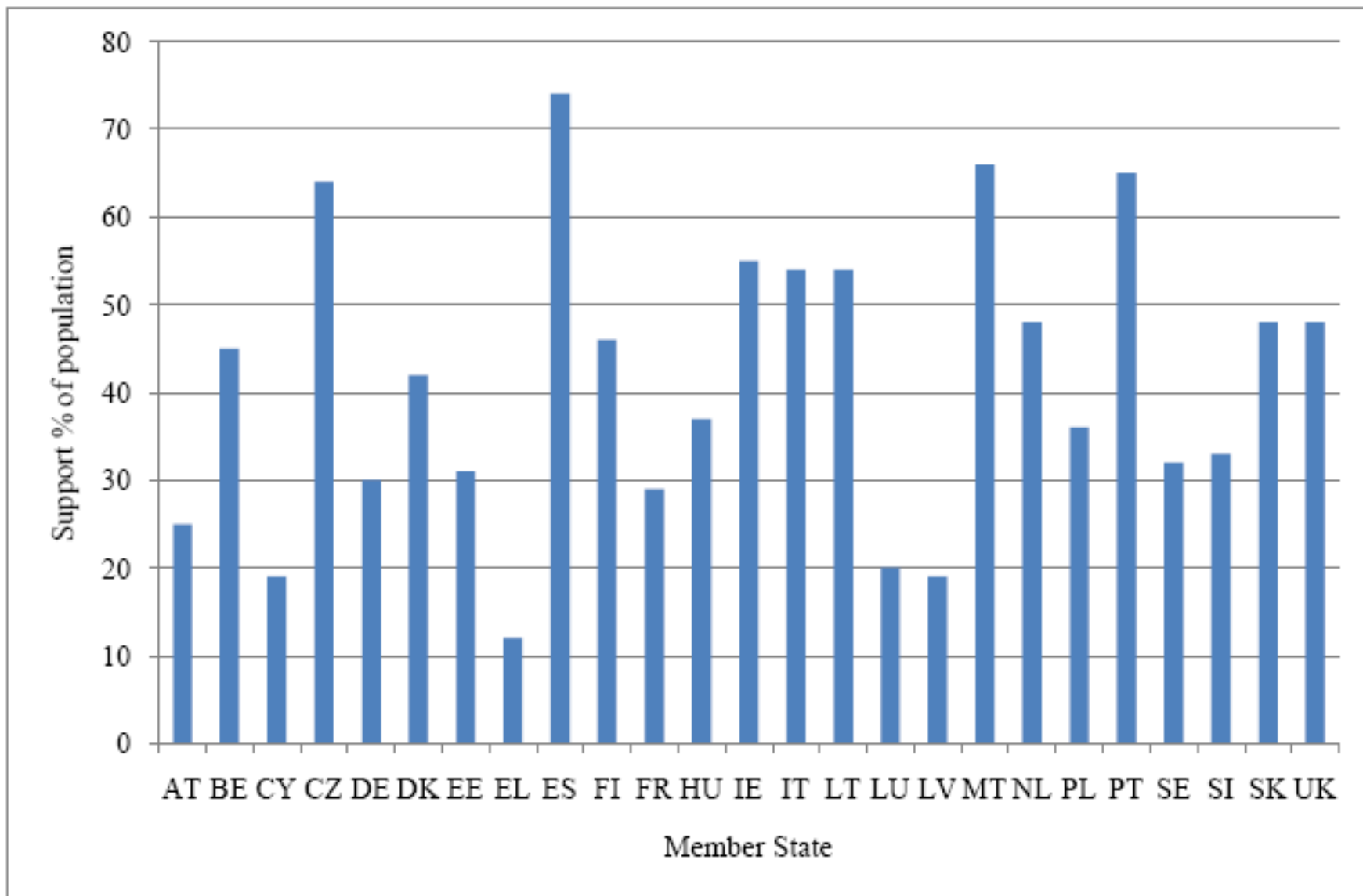
ČR

- Komerční plochy kukuřice MON810
- Výzkumné projekty: slivoně, len, hrách, tabák, ječmen, sója, cukrová řepa
- Uzavřené nakládání i polní pokusy
- Pracoviště: Biologické centrum AV České Budějovice
VÚRV Ruzyně, Praha
ÚEB Praha
Univerzita Palackého Olomouc
Agritec Šumperk
Karlova univerzita
Mendelova univerzita v Brně

Plochy kukuřice MON 810 v letech 2005-2018



Souhlasné stanovisko s genetickými modifikacemi v zemích EU



Současnost a praxe

Nutraceutika

Geneticky upravené potraviny s příznivým vlivem na zdraví lidí, slouží jako ochrana před nemocemi
rostlinné produkty pro přípravu vakcín či jiných látek k léčbě nemocí

GM rýže, která nahrazuje očkování proti choleře
GM banány produkující vakcínu proti hepatitidě typu B
GM tabák produkující vakcínu proti lidskému papilomaviru a rakovině děložního čípku
GM salát – produkce inzulinu; kapsle z celulózy rostl. původu, pomalý rozklad v trávicím traktu působením mikroflóry, uvolňování inzulinu do krve

Nové techniky ve šlechtění (NBT) Transgenoze vs. cisgenoze

Introdukce genů z příbuzných druhů, které jsou s recipientním druhem křížitelné

brambor *Solanum tuberosum*

Solanum bulbocastaneum donor rezistence k patogenu

Phytophthora infestans

brambor – méně toxického akrylamidu

Komercializace USA, firma Simplot

jabloň – odolnost ke strupovitosti

ječmen – vyšší aktivita fytázy

4 Kam směřují genetické modifikace?

Editace genomů

Geny se nevkládají, ale cíleně mění

Co na to legislativa EU?

Metody využívají cílené nukleázy

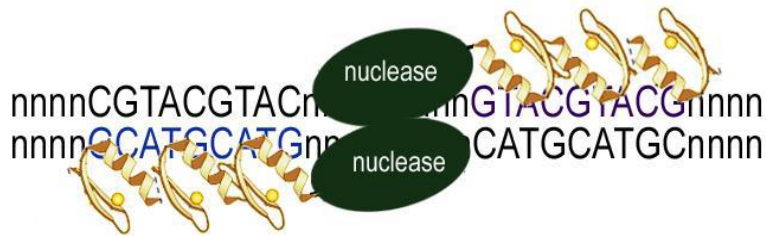
Tvorba inzerčních míst změny

v definovaných místech rostlinného genomu

Zinkové prsty ZFN-3 (Zinc Finger Nuclease-3 technique)

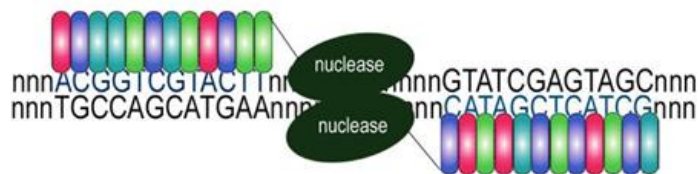
Trojice „zinkových prstů“ cílí nukleázu na určité místo v genomu s asi **40% přesností**

A



ZFN-3 cílené začlenění transgenů (inzercí) homologní rekombinací
Nukleáza - 2řetězcový zlom
Genová kazeta několik kbp
Vnesení transgenů, cisgenů

B



TALEN
Transaktivační nukleázy
Přesnost 75%

Introdukce do genomu

elektroporace protoplastů

biolostické metody

A. tumefaciens při kokultivaci v suspenzní kultuře, s protoplasty i listové disky

Výsledky

kukuřice – snížení obsahu kyseliny fytové vyšší aktivitou enzymu fytázy

Komericializace

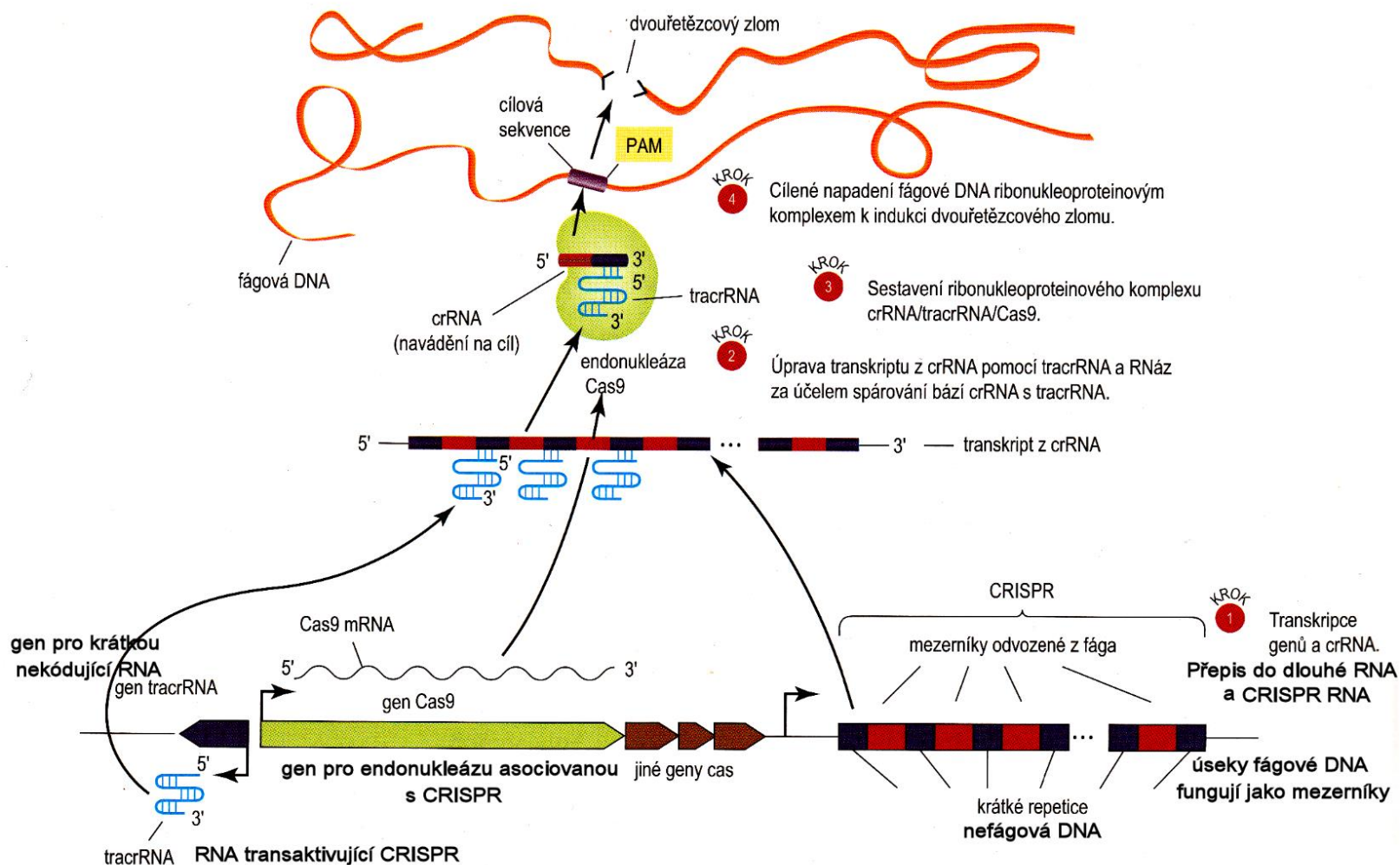
kukuřice, odolnost k herbicidu (Dow AgroSciences, 2013)

CRISPR/Cas9 (2012)

Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats

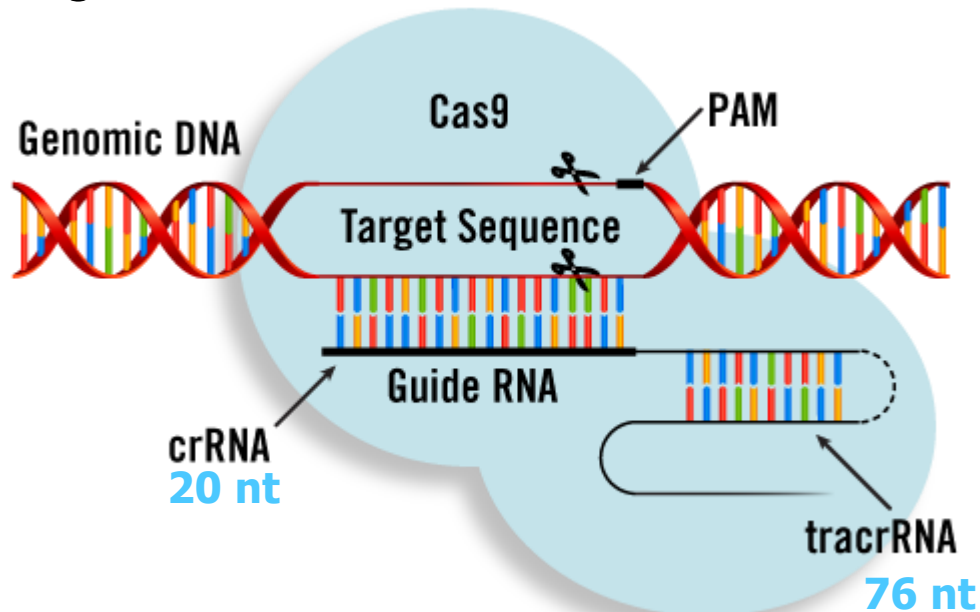
- postup odvozen od funkce prokaryotních imunitních (antivirových) mechanismů s přidavkem nukleázy Cas9
- až 90% účinnost
- úseky prokaryotické DNA obsahující krátké pravidelně rozmístěné palindromické repetice nukleotidů
- byla objevena řada genů, asociovaných s CRISPRovými repeticemi

System CRISPR/Cas9 bakterie *Streptococcus pyogenes* jako ochrana před infekcí bakteriofágy



Příprava v laboratoři

Single guide RNA



Enzymatický komplex CRISPR/Cas9 se naváže na vybrané místo v DNA, vystřihne kus sekvence a nahradí ji za jinou.

Široké využití

Výměna defektního genu za fungující

Výsledky

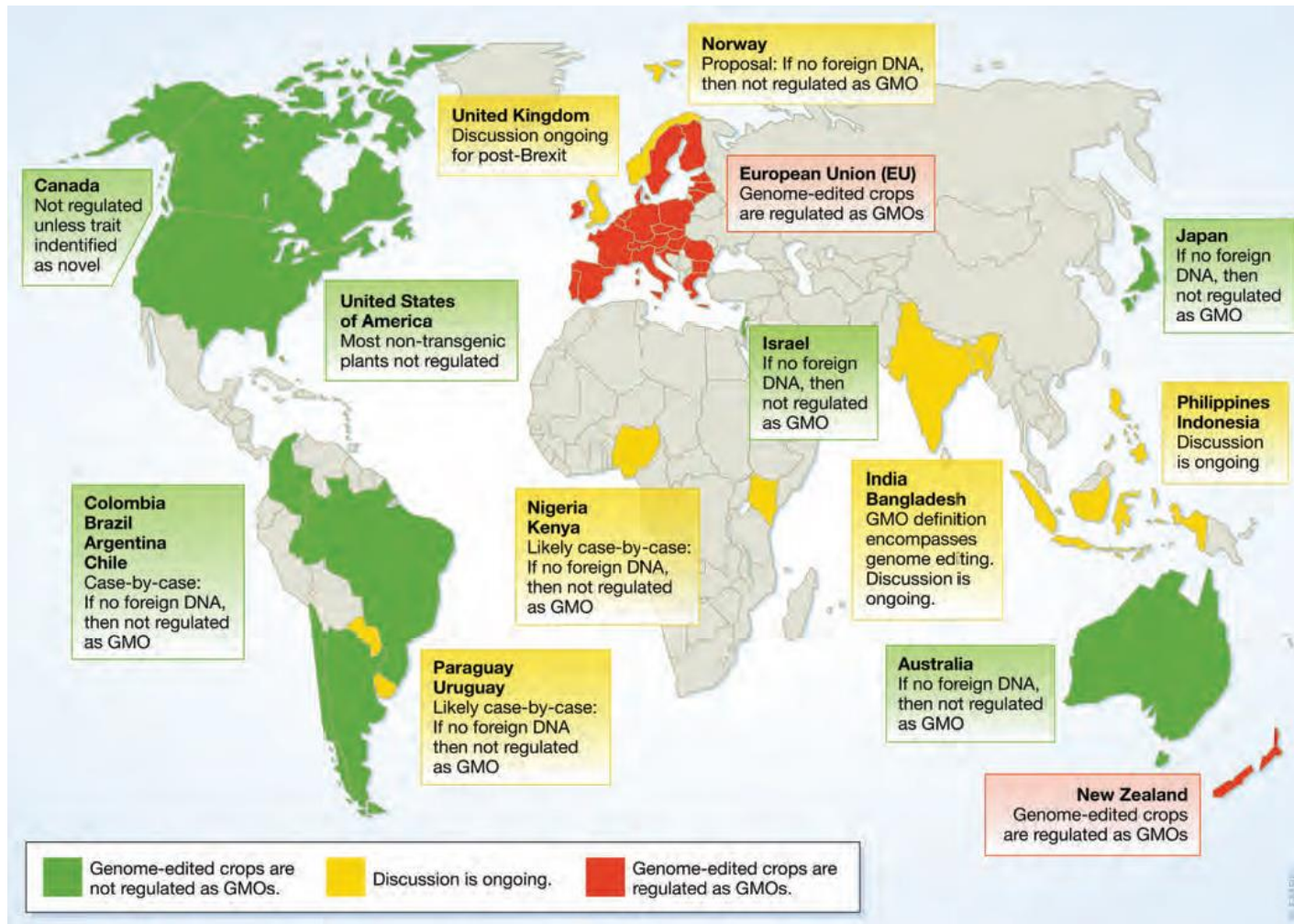
- **Rajčata** – odolnost k suchu, rezistence k padlí, typ větvení, rychlost dozrávání
- **Rýže** – vypnutí fakturů pro samčí sterilitu, odolnost k suchu zasolení
- **Řepka olejná** – i u polyploidů funguje
- **Tabák** – tvorba protilátek, vakcín
- **Pšenice** – odolnost k padlí
- **Maniot** – odolnost ke glyfosátu
- **Brambory** – nízký obsah solaninu
- **Vojtěška, sója**
- **Kiwi, mrkev, jahody**

5 Legislativa

- **Rozdílný postoj USA a EU k novým technikám**
- 25. 7. 2018 Rozhodnutí Soudního dvora EU: organismy získané mutagenezí jsou GMO
- 5.7. 2023 EK zveřejnila **Návrh nařízení EP a Rady o rostlinách získaných některými novými genomickými technikami (NGT) a o potravinách a krmivech z nich vyrobených** – požadavky při uvádění na trh, pravidla pro značení a sledování
dvě kategorie NGT rostlin, NGT1 a NGT2
NGT1 – rostliny získané cisgenezí a cílenou mutagenezí s vlastnostmi, jež mohou vzniknout přirozenou cestou nebo díky konvenčnímu šlechtění
kritéria, registr, zákaz v ekologickém zemědělství
NGT2 – pravidla jako GMO = nekonvenční

NADĚJE?

Země a jejich přístup k metodám editace genomů



M U N I
S C I

Děkuji za pozornost