



Genetické modifikace: Ze zkumavky na pole?



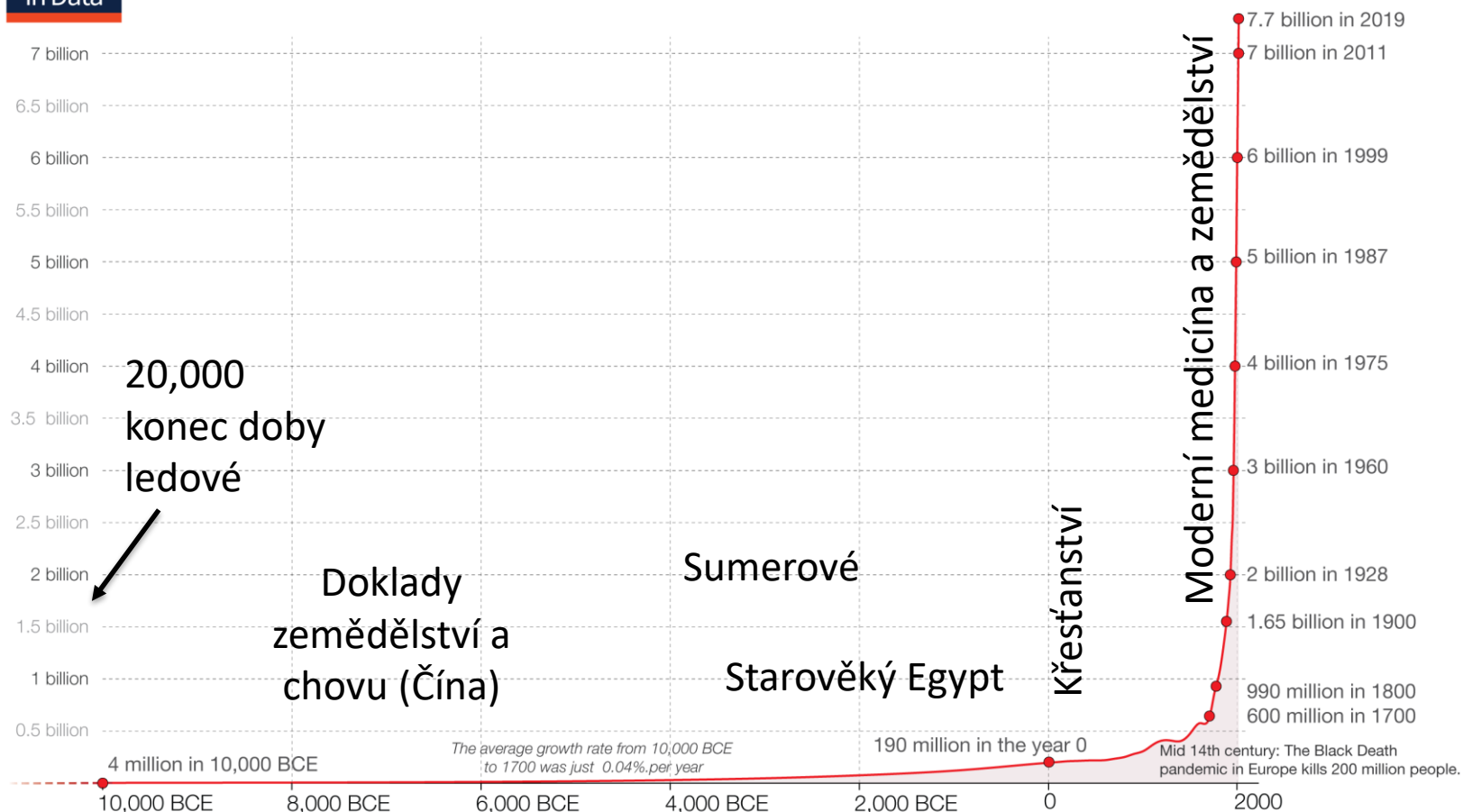
Dr. Aleš Pečinka

Ústav experimentální botaniky AV ČR
Centrum regionu Haná pro biotechnologický a zemědělský výzkum
Olomouc

Jak zajistit lidstu dostatek potravin?

Our World
in Data

Růst světové populace během posledních 12000 let



Based on estimates by the *History Database of the Global Environment* (HYDE) and the United Nations. On OurWorldinData.org you can download the annual data.

This is a visualization from OurWorldinData.org, where you find data and research on how the world is changing.

Licensed under [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) by the author Max Roser.



Jak zajistit lidstu dostatek potravin?

Our World
in Data

Rostliny jsou klíčové pro zajištění dostatku potravy



Based on estimates by the *History Database of the Global Environment* (HYDE) and the United Nations. On OurWorldinData.org you can download the annual data.

This is a visualization from OurWorldinData.org, where you find data and research on how the world is changing.

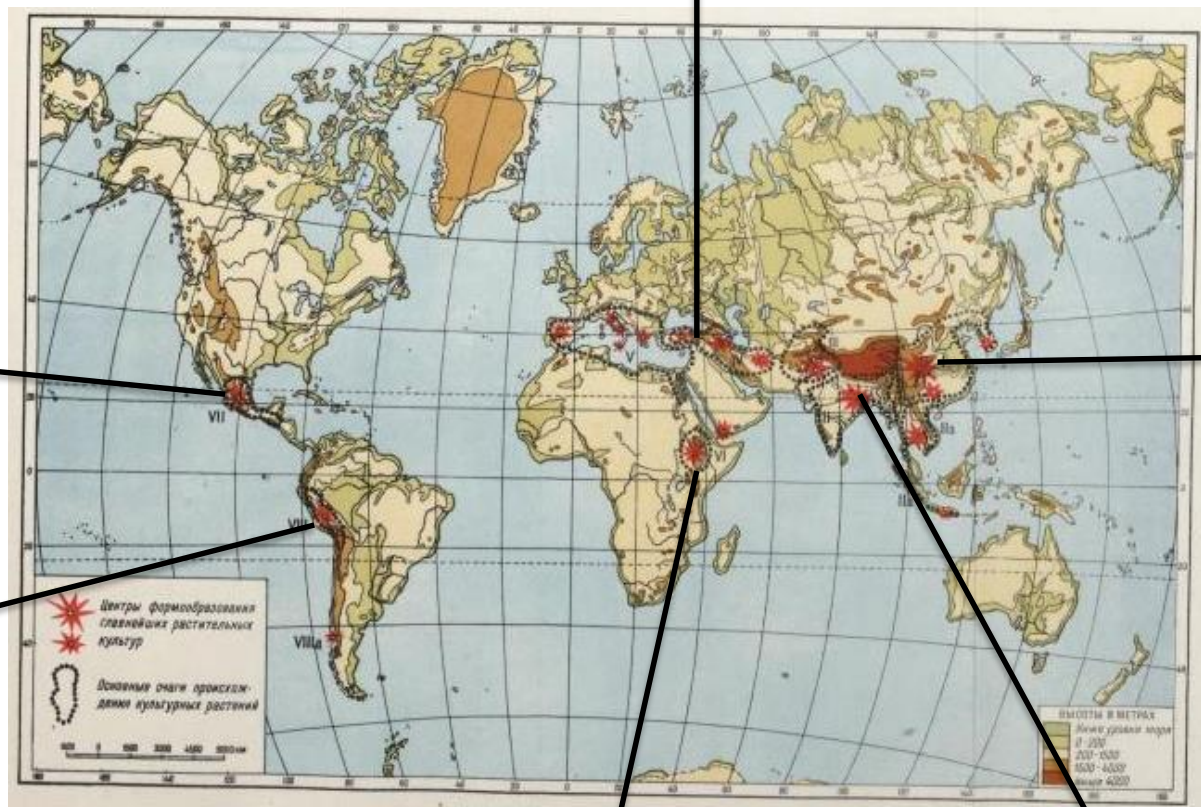
Licensed under [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) by the author Max Roser.



Centra původu kulturních rostlin

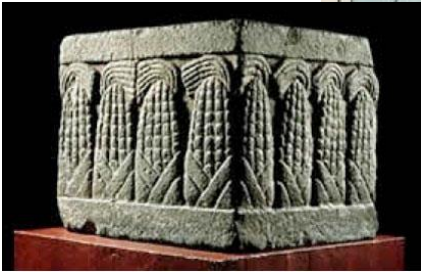


N.I. Vavilov

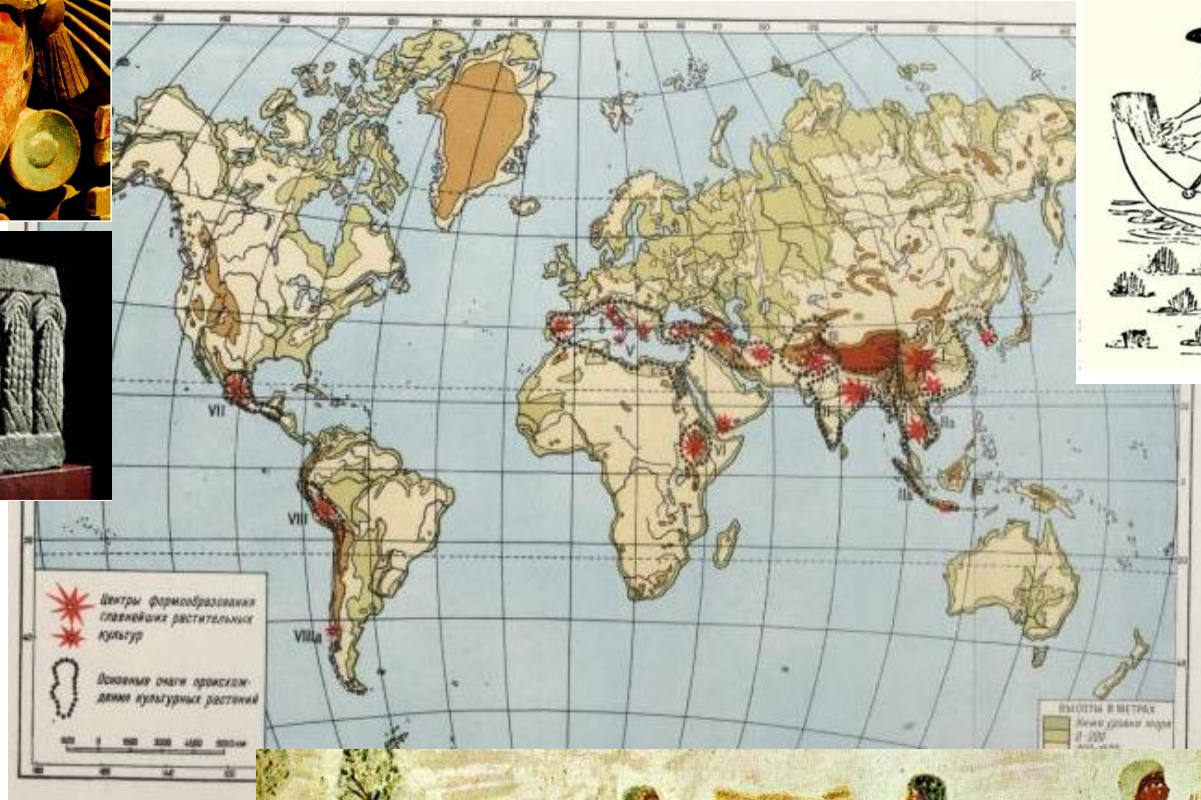


Domestikace probíhala v ranných civilizačních centrech

Indiánské kultury



Dálněvýchodní kultury

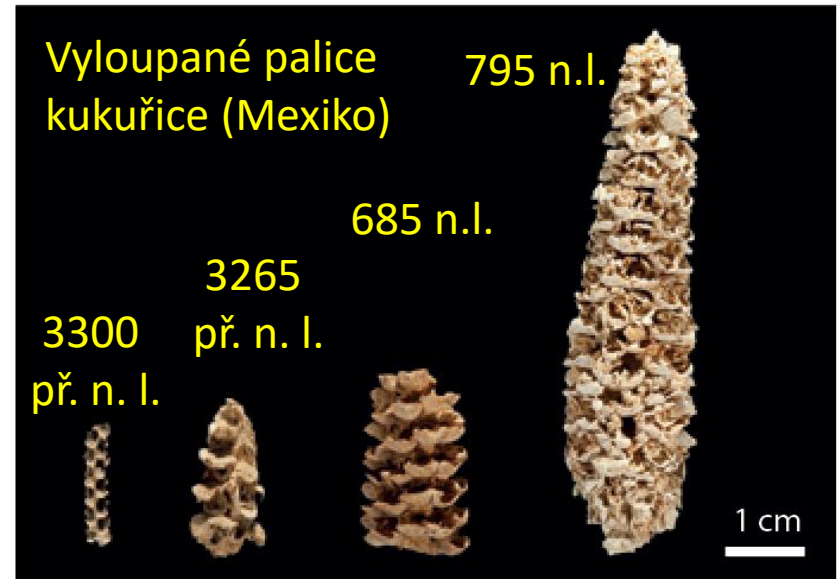
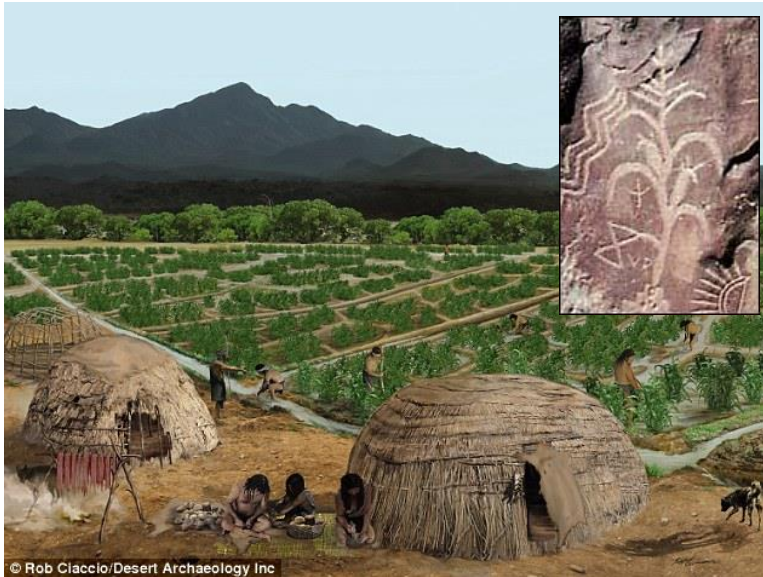


Středozevní a
blízkovýchodní kultury



Jak probíhalo dávné šlechtění?

- Nenáhodný výběr jedinců s žádanými vlastnostmi



Larson, 2015

- Náhodný a zdlouhavý proces

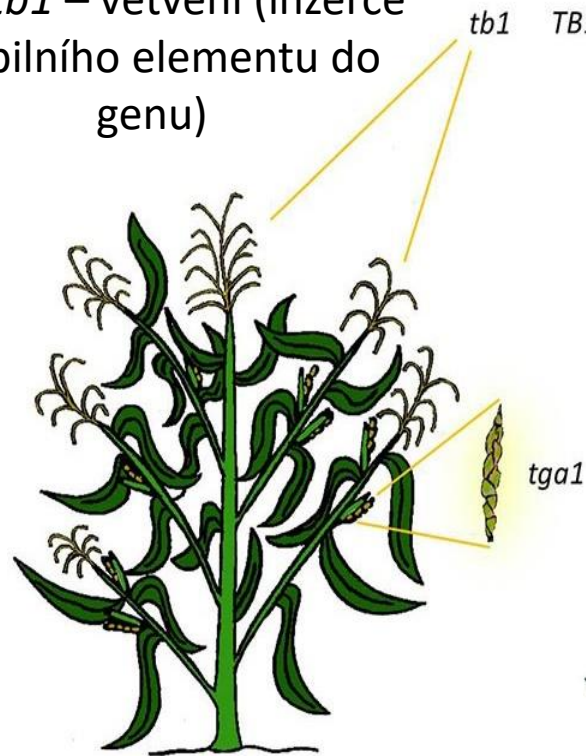


- Provázený změnami dědičné informace (= genetickými modifikacemi)

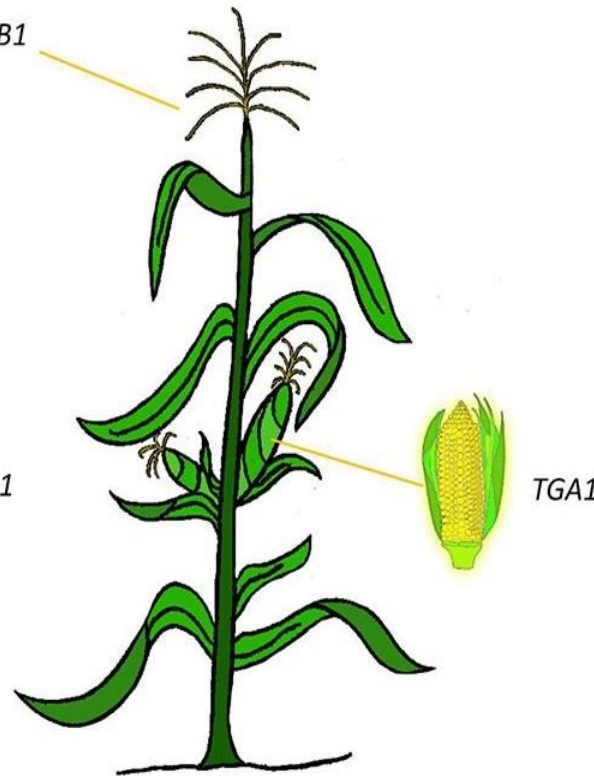
Vznik moderní kukuřice mutací dvou genů

- Domestikace zahájena před asi 9000 lety v údolí řeky Balsas (Mexiko)

Gen *tb1* – větvení (inzerce mobilního elementu do genu)



teosinte



kukuřice

teosinte kukuřice

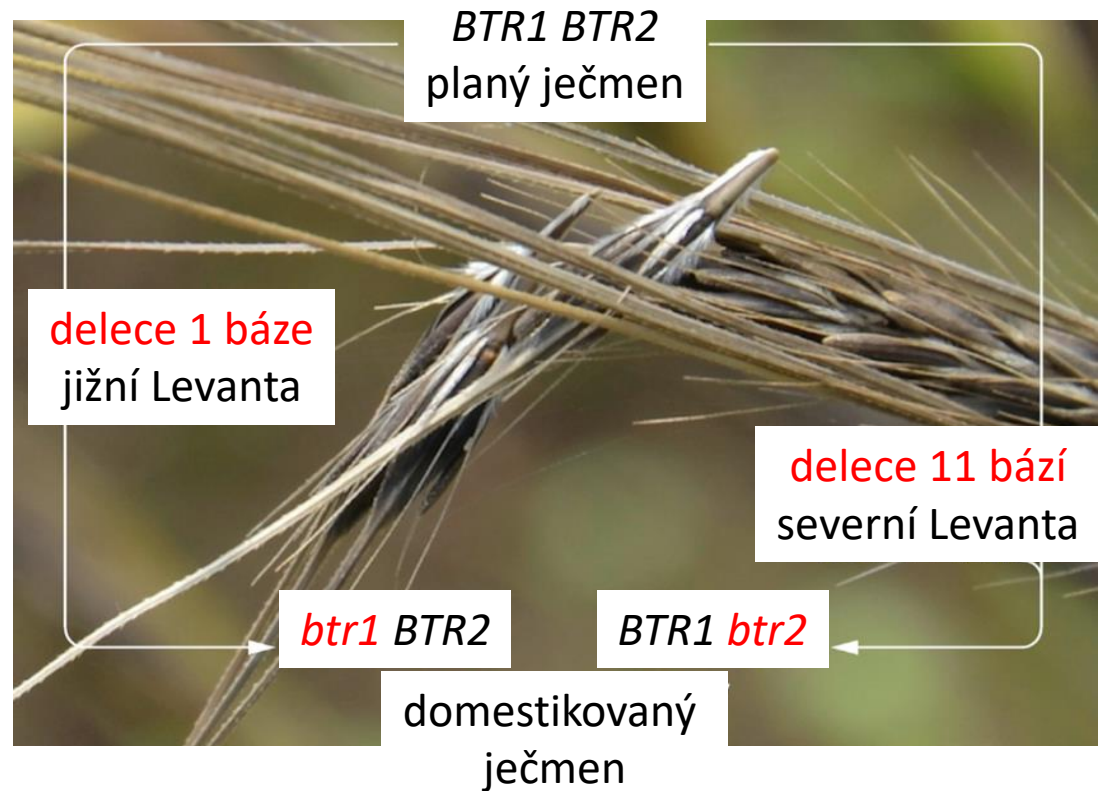


Gen *tga-1* – pevné osemení (změna 1 báze DNA v genu)

Vznik ječmene mutacemi v genech způsobujících rozpadavost klasu



- Lá mavost klasu ječmene (geny *Btr1* a *Btr2*)



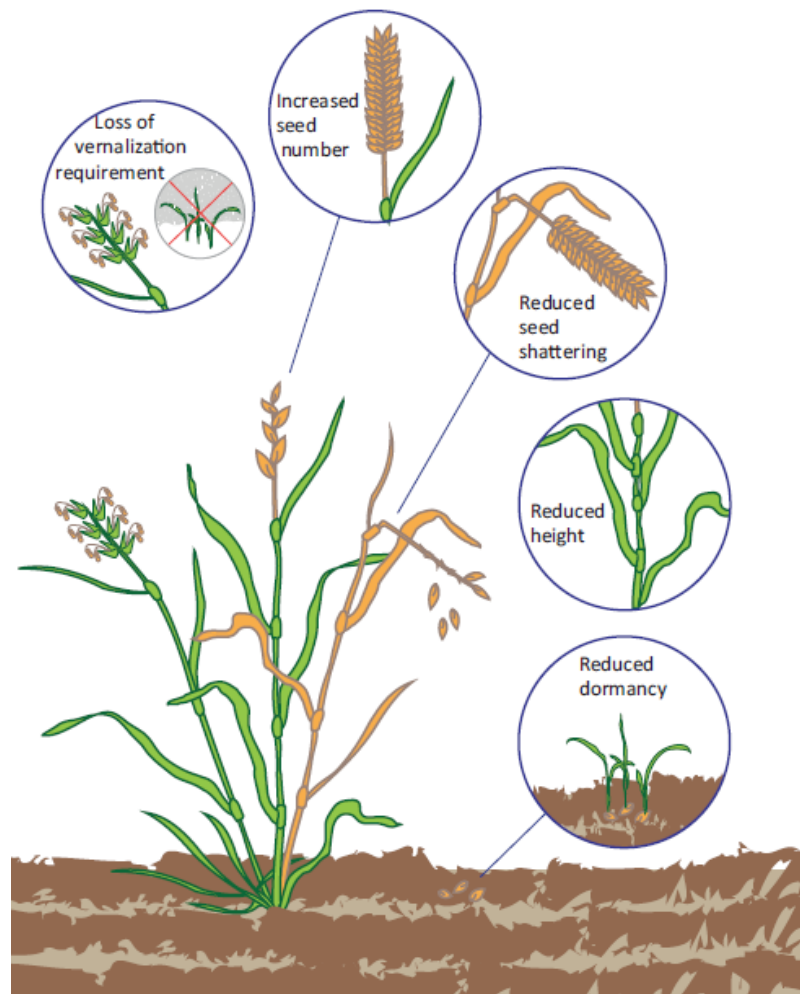
- Obdobné mutace u rýže a pšenice



Odlišnosti od planých forem

Znaky typické pro domestikované formy:

- Změna architektury rostlin
- Změna rozmnožování (samosprašnost)
- Jednoletost
- Více a větší semena
- Synchronizované dozrávání
- Omezené vypadávání semen
- Zkrácení dormance
- Tvorba bezsemenných plodů (banán)
- Změněné chemické složení a kvalita užitečných orgánů



TRENDS in Plant Science

- Pro plané rostliny jsou tyto změny nevýhodné, přežívají díky člověku



Které rostliny nás živí?

Asi 50 tisíc druhů rostlin je použitelných pro naši výživu

- Člověk jich využívá méně než 300
- 30 druhů rostlin uspokojuje potravinové potřeby lidstva z 90%



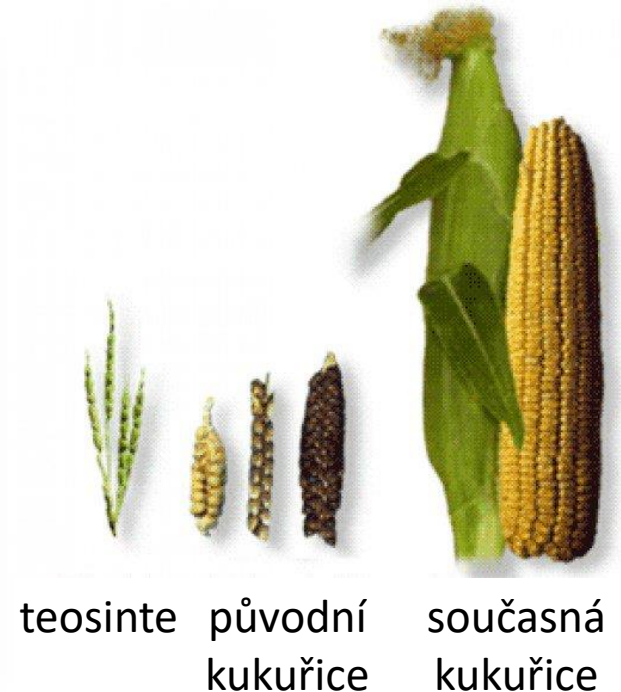
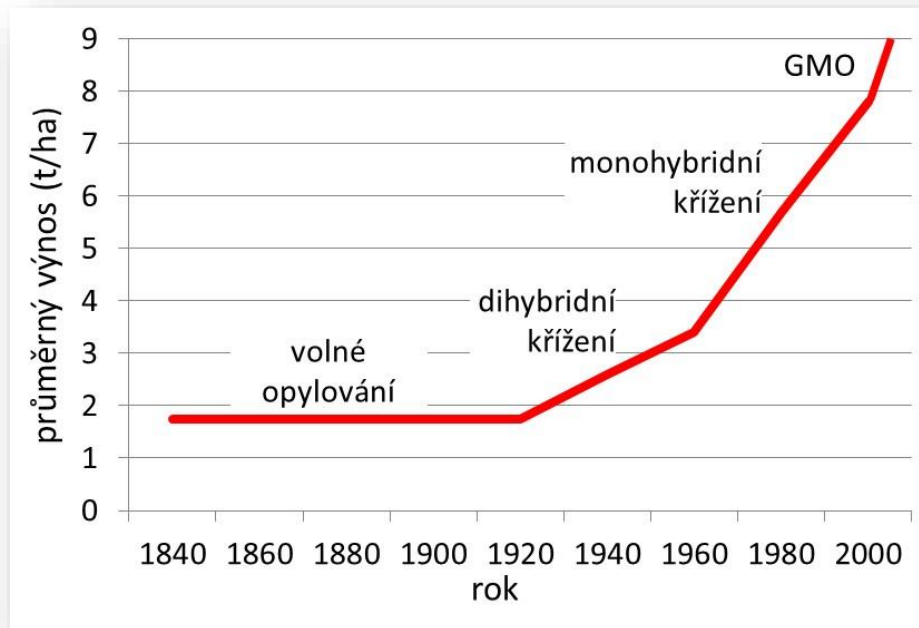
- 2/3 energie má lidstvo ze čtyř plodin: **kukuřice, pšenice, rýže a sóji**



Novodobé klasické šlechtění kukuřice

Vliv zavádění nových metod šlechtění na výnos kukuřice v USA

- První hybridní odrůdy měly výnos až o 30% vyšší
- V roce 1990 byl výnos téměř 8 tun / hektar – nárůst o 430%!



- Další zvýšení výnosu umožňují cílené modifikace dědičné informace

Klasické (empirické) šlechtění přineslo plody

„**Zelená revoluce** nese **zlatou žeň**“ (1969):

- Během 50 let lidstvo vyprodukuje takové množství potravin, jaké spotřebovalo za celou dobu své existence



„Mírový svět nelze
postavit na hladu a
lidské bídě.“

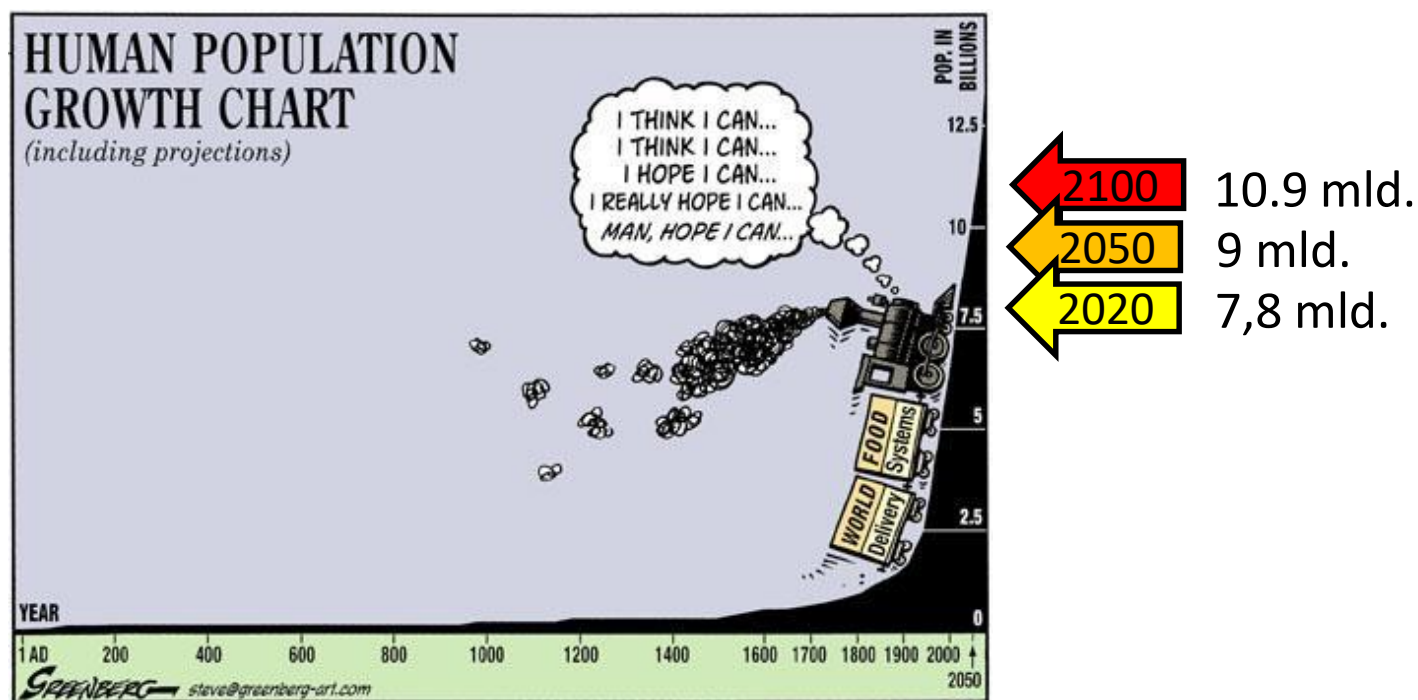
Norman Borlaug
Americký šlechtitel

Norman Borlaug
Plant Scientist, Super Hero.



Bude zemědělská produkce stačit pro nasycení lidstva?

- V průběhu let 2000 - 2050 bude nutné zdvojnásobit produkci potravin



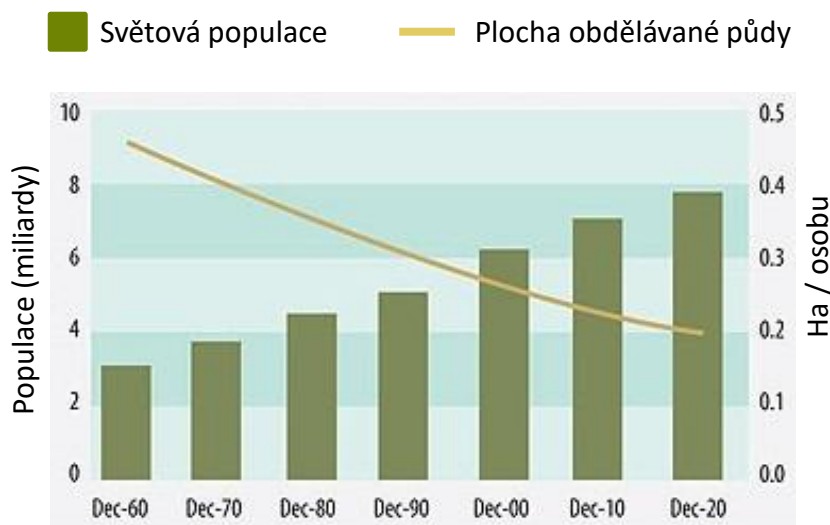
- Asi 800 milionů lidí trpí chronickou podvýživou



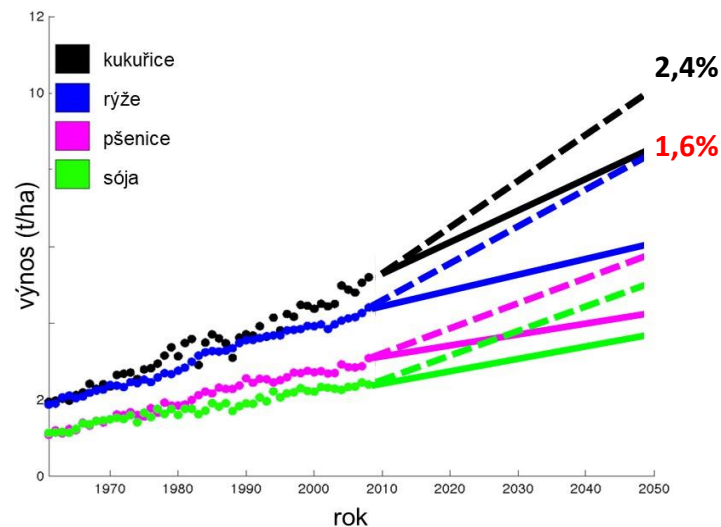
Zajištění dostatku potravin ve 21. století

- Růst výnosů nových odrůd nestačí **tempu růstu světové populace**
- **Plocha obdělávané půdy** na Zemi **se zmenšuje a mění se klima**

Světová populace a obdělávaná půda



Současný vs. potřebný růst výnosů



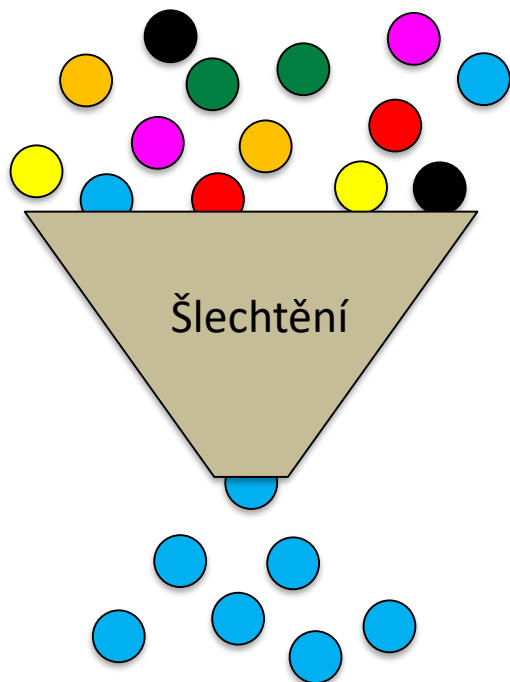
Jak dál?

- **Zvyšování výnosů** nových odrůd
- Snižování **posklizňových ztrát**, šetření potravinami a méně živočišných produktů



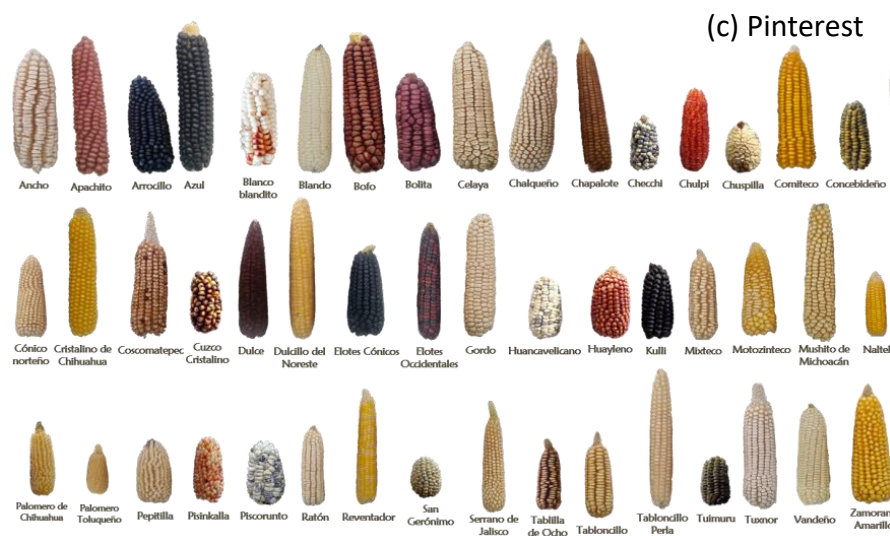
Klasické šlechtění výrazně zredukovalo genetickou variabilitu

- Rozmanitost dědičné informace
- Planý druh (s nízkým výnosem)



- Elitní odrůda (s vysokým výnosem)

- Snížená rezistence (houby, viry)
- Snížená odolnost vůči stresům
- Uniformní chuť, vůně vzhled



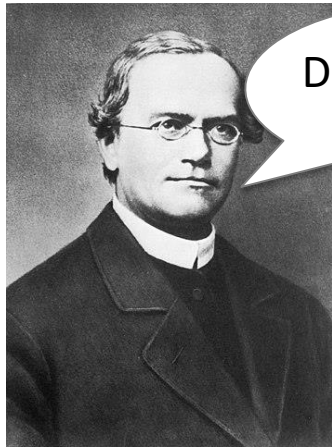
Lokální odrůdy kukuřic (Mexiko)



Jak nastartovat zelenou revoluci v2?

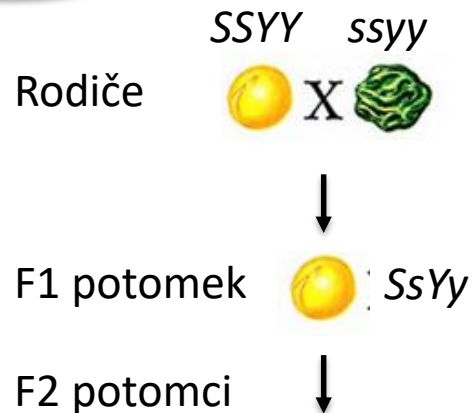


Může pomoci GENetika?



J.G. Mendel

Dědičnost lze spočítat



S = kulatý
s = svraštělý
Y = žlutý
y = zelený

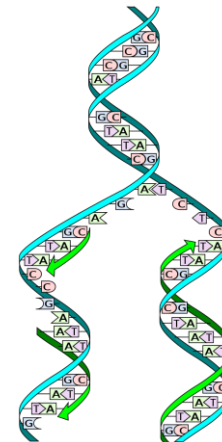
Kulatý > svraštělý
Žlutý > zelený

 $SSYY$	 $SSYy$	 $SsYY$	 $SsYy$
 $SSyY$	 $SSyy$	 $SsyY$	 $Ssyy$
 $sSYY$	 $sSYy$	 $ssYY$	 $ssYy$
 $sSyY$	 $sSyy$	 $ssyY$	 $ssyy$

Dědičná informace je tvořena dvoušroubovicí DNA z A, T, C a G bazí



J. Watson F. Crick

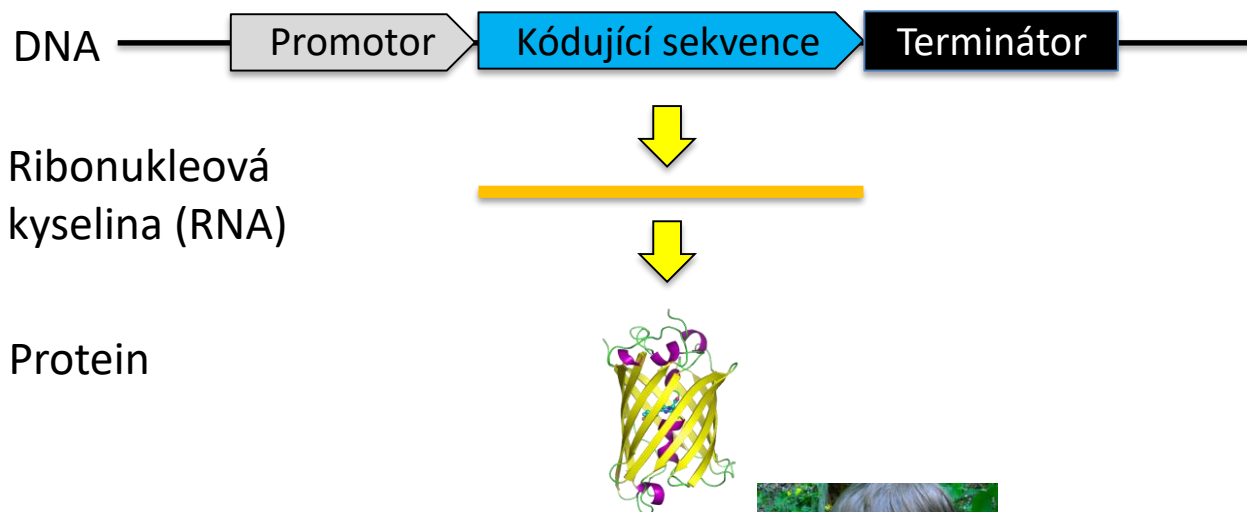


Co je to GEN?

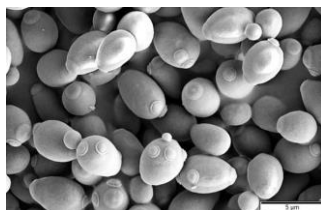


Geny určují
jednotlivé znaky

T.H. Morgan



střevní bakterie
4.288



kvasinka vinná
6.275



octomilka
15.682



člověk
22.000



ječmen
39.000

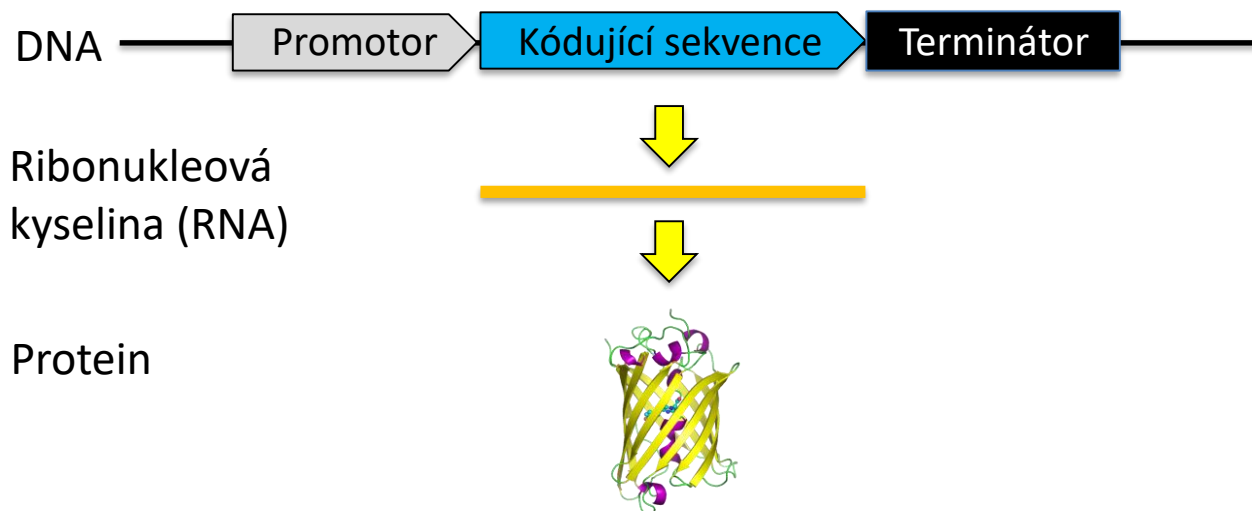


Co je to GEN?

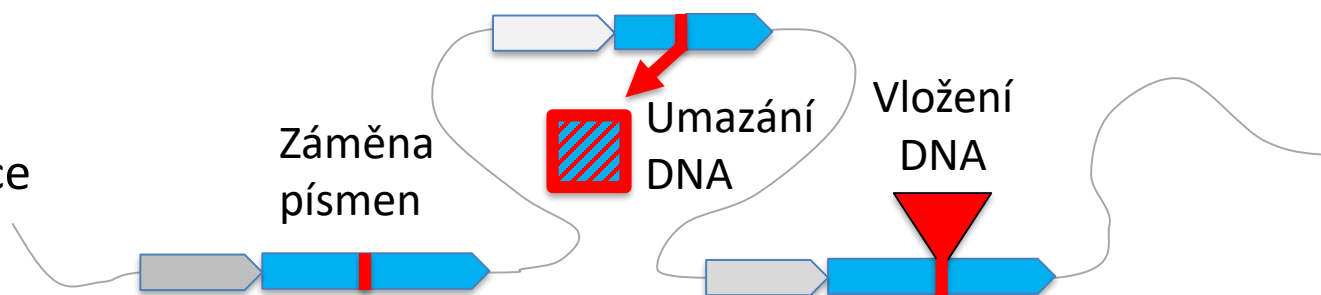


T.H. Morgan

Geny určují jednotlivé znaky



- Příklady změny dědičné informace



Mutační šlechtění

Získávání odrůd s novými znaky

- Chronické ozařování - gama pole, nebo krátkodobé ozáření semen
- Použití chemických sloučenin vyvolávajících mutace
- Vyšlechtěno >3000 odrůd u 210 druhů rostlin
- V Československu/ČR/SR např.
 - Ječmen cv. Diamant (1965)
 - Hořčice cv. Zlata (1995)
 - Jablko James Grieve Double Red (1995)
 - Fazol Alfa (1972)
 - Jetel inkarnát cv. Cardinal
- **Legislativně považováno za „bezpečné“ geneticky modifikované organismy (GMO).**

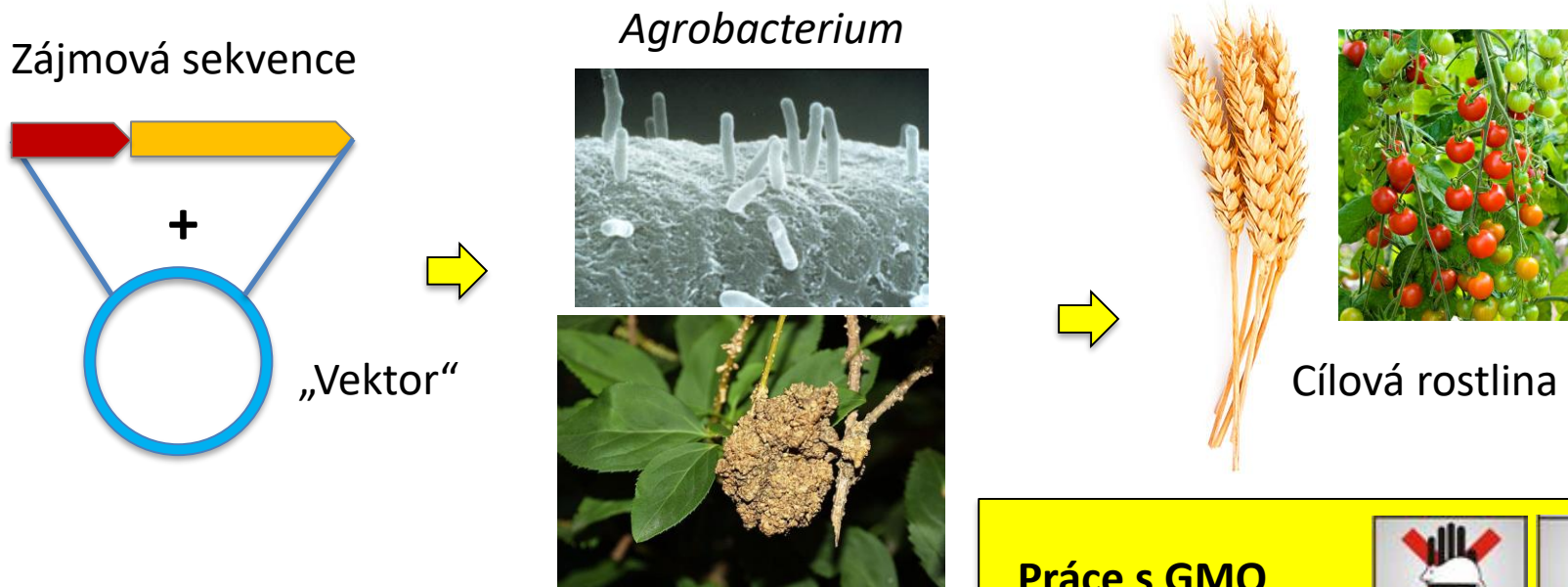


Japonský ústav radiačního šlechtění (gama pole, poloměr 100m, zářič 88.8 TBq ^{60}Co)



Šlechtění pomocí transgenose

- Vložením cizí DNA do genomu cílového organismu
- Nejčastěji pomocí infekčního systému bakterie *Agrobacterium*



- Legislativně je považováno za potenciálně nebezpečné GMO podléhající přísnější regulaci

Práce s GMO
probíhá v přísně
kontrolovaných
laboratorních
podmínkách!



Plodiny získané cílenou modifikací DNA

Transgenozní plodiny se pěstují na 13% obdělávané půdy (185 mil. ha)

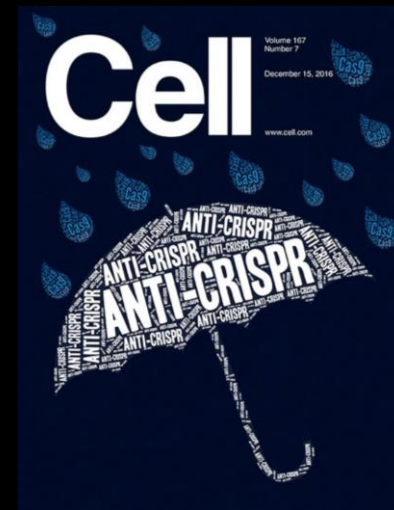
- Dosud získáno **490 odrůd**, převážně odolnost vůči:
 - Herbicidům (kukuřice, sója, řepka, cukrová řepa)
 - Hmyzím škůdcům (kukuřice, bavlník, lilek)
 - Houbovým chorobám (brambor + nižší obsah asparaginu)
 - Virovým chorobám (papája)
 - Suchu (kukuřice)



- Nehnědnoucí jablka, lepší složení řepkového oleje, ...

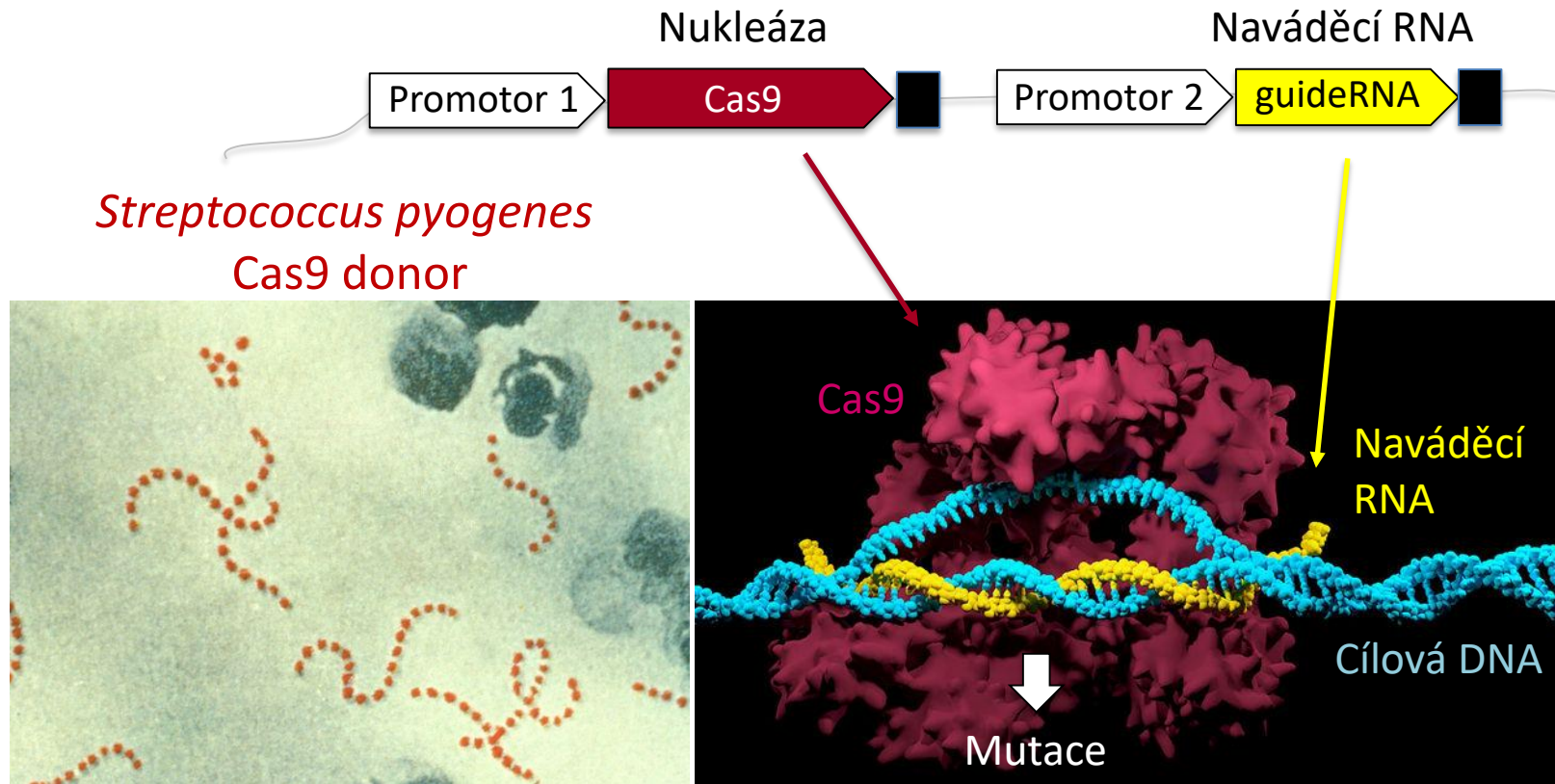


Nová GMO revoluce - Molekulární nůžky CRISPR



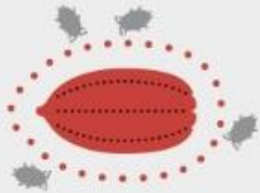
Co je to CRISPR/Cas systém?

- Clustered **R**egularly Interspaced **S**hort **P**alindromic **R**epeats
- Bakteriální imunitní systém, který brání buňku proti cizí DNA



(c) MELETIOS/SHUTTERSTOCK

Příklady použití genomových editací pro vylepšení vlastností plodin



- Kakaovník
resistentní vůči
virům



- Banány
resistentní vůči
houbovým
nemocem



- Hroznové víno
resistentní vůči
padlí



- Kukuřice –
odolná vůči
suchu



- Káva
bez kofeinu



- Rýže
vyšší výnosy



- Rajčata
chutnější
plody



- Pšenice
bez lepku



Jsou nastíněné přístupy rizikové?



Lesk a bída použití GMO ve šlechtitelství

Výhody

- Rychlejší, levnější, přesnější šlechtění
- Méně hnojiv a toxických postřiků
- Ochrana vod, krajiny, živočichů (ptáci, hmyz)
- Zdravější produkty na menší ploše



Omezení

- Nutné hi-tech technologie a know how.
- Použití je nejisté (legislativa)

Možná negativa

- Únik GMO do divokých populací (**DRUHOVĚ ZÁVISLÉ!**)
- Zdravotní rizika při konzumaci (**NEPOTVRZENO!**)



Přístup ke komerčnímu využití GMO



- Sev. Amerika, Austrálie, Čína
 - To u čeho není přímo prokázána škodlivost je povoleno
- Evropa, většina Asie, Afrika - Odmítají
 - EU - Princip tzv. předběžné opatrnosti
- Dynamický vývoj názorů
 - Japonsko zvažuje povolení
 - Tlak na změnu v EU - především Nizozemí, Dánsko, Belgie
 - PRO - Itálie diskutuje o povolení cis-genoze
 - PROTI - Podle Francouzského soudu by i tradiční GM měly podléhat přísné regulaci



Závěr

- V průběhu domestikace člověk využíval náhodných změn v dědičné informaci
- Revoluce v genovém inženýrství umožňuje měnit dědičnou informaci cíleně
- Budeme umět využít tuto příležitost pro nasycení lidstva a snížení negativních vlivů zemědělství na krajinu?



Děkuji za Vaši pozornost