

Nové šlechtitelské techniky pro udržitelné zemědělství

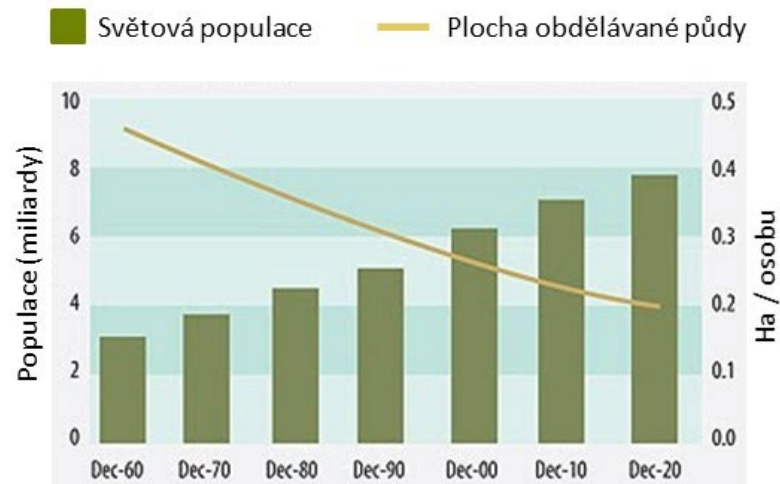
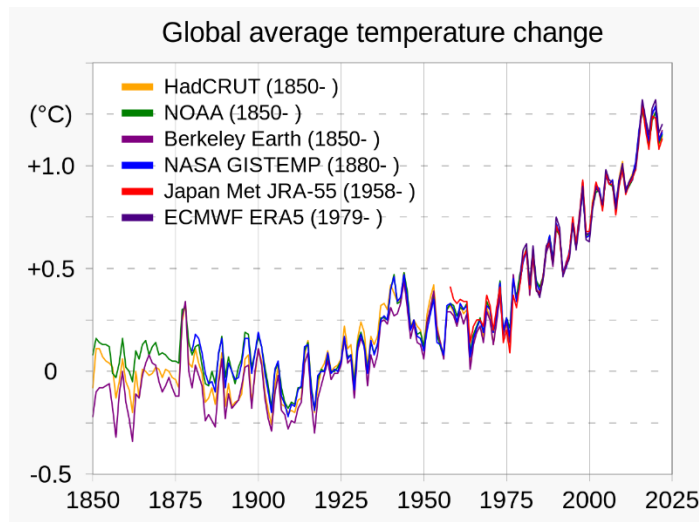
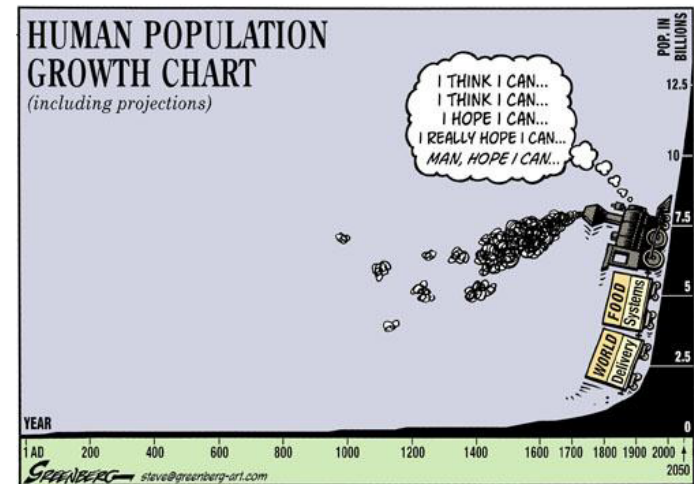


Jaroslav Doležel

**Ústav experimentální botaniky AV ČR,
Centrum strukturní a funkční genomiky
Olomouc**

Udržitelné zemědělství

- Zajišťuje produkci potravin a dalších komodit v dostatečném množství a kvalitě pro rostoucí lidskou populaci
- Nepoškozuje životní prostředí a chrání biodiverzitu pro budoucí generace



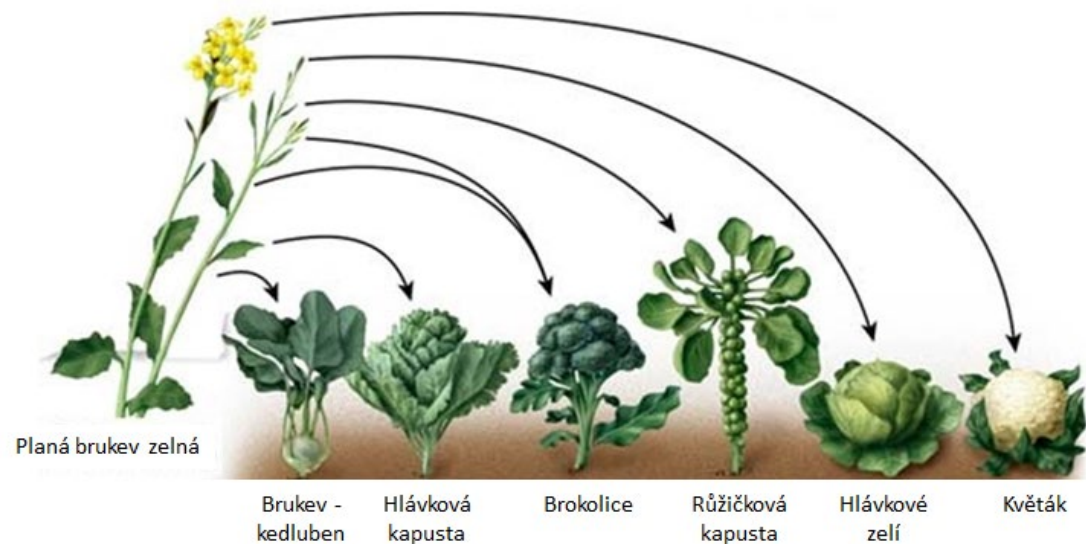
Plodiny pro udržitelné zemědělství

Nové vlastnosti

- Schopnost zachovat, nebo zvýšit výnosy v podmínkách abiotického stresu
 - Sucho, zaplavení, extrémní teploty
- Odolnost vůči chorobám a škůdcům
- Lepší využití vody a živin v půdě

Náročný úkol

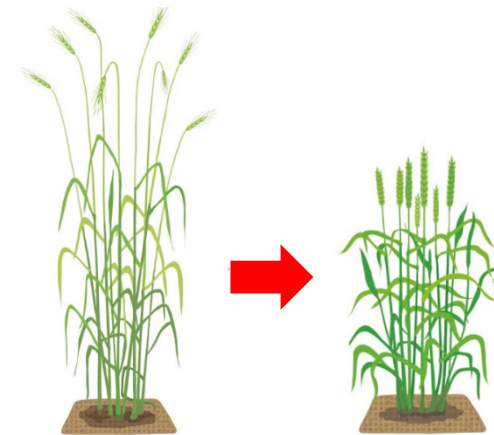
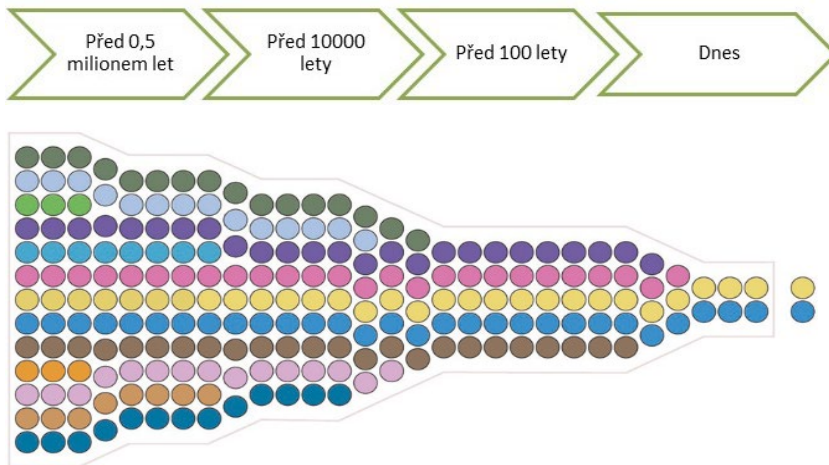
- Dramatické změny vlastností rostlin
- Rozsah potřebných změn je srovnatelný pouze s domestikací planých rostlin na počátku zemědělství



Cesta k plodinám s novými vlastnostmi

Klasické šlechtění kombinuje existující geny a jejich varianty

- Problém: omezené spektrum genů
 - Výběr několika vhodných mutantů v průběhu domestikace
 - Vytlačení krajových odrůd moderními odrůdami
 - Omezení počtu odrůd pěstiteli a zpracovateli

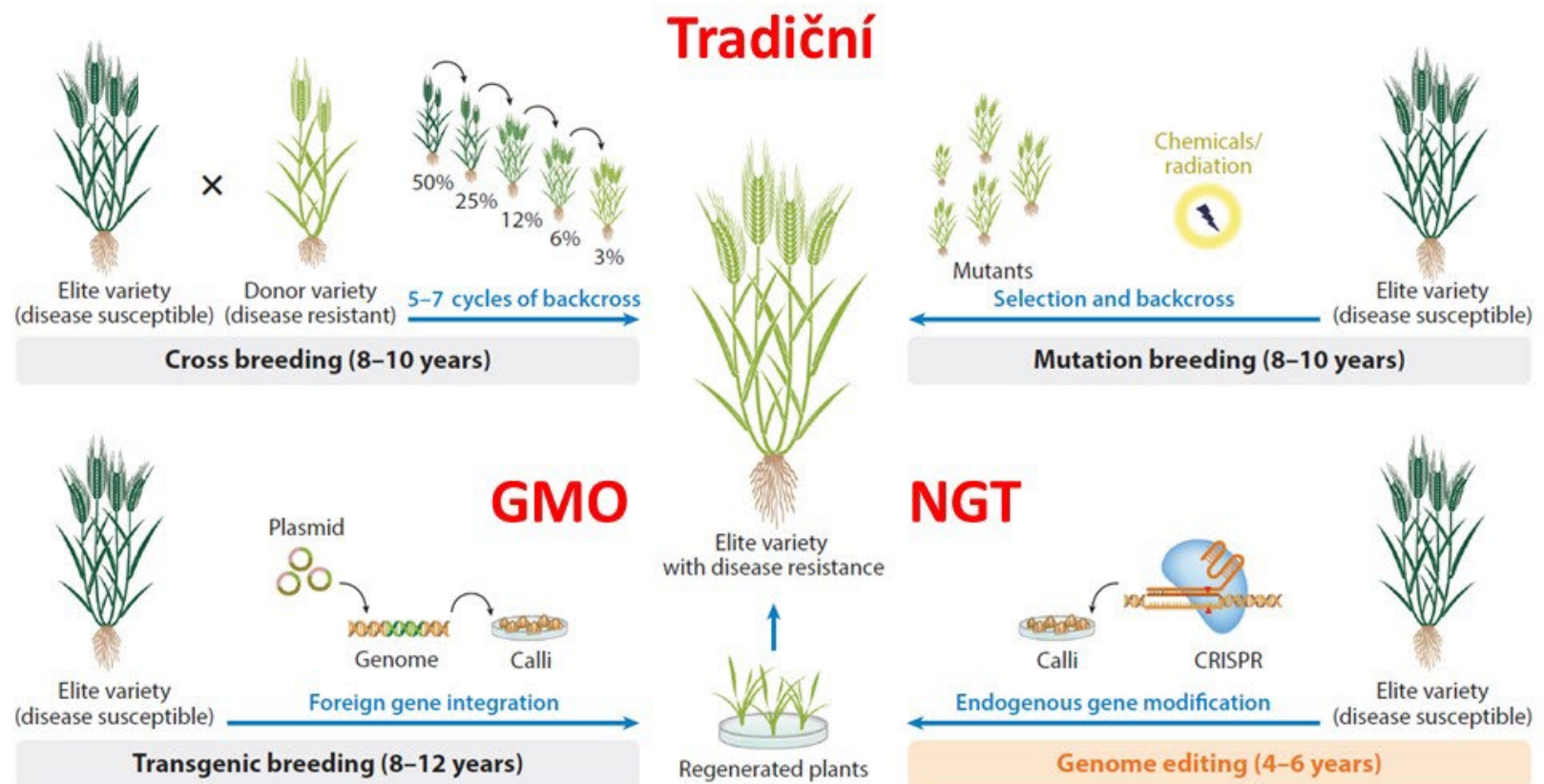


- Genetická výbava plodin nové generace bude zahrnovat geny, které byly ztraceny, nebo je dané druhy nikdy neměly

Nové šlechtitelské techniky

Integrace metod modifikace dědičné informace do šlechtitelských postupů: GMO a NGT

- Odrůdy s novými vlastnostmi a zkrácení šlechtitelského cyklu

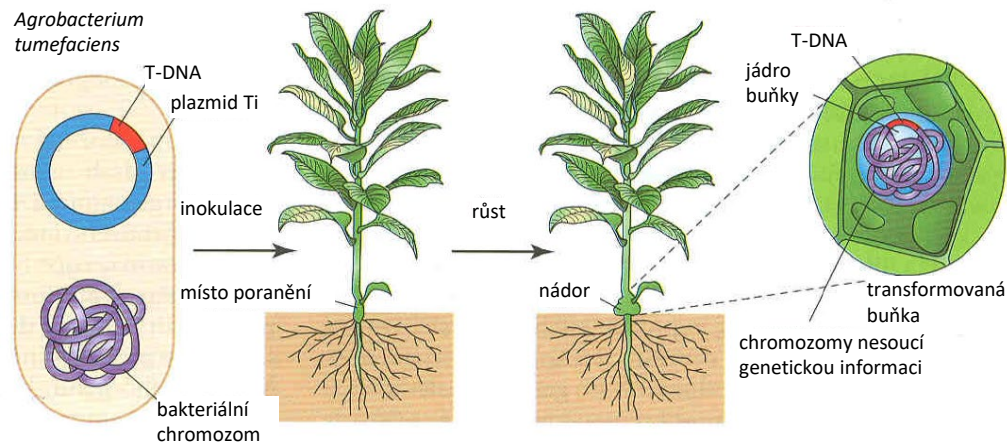


Genetická transformace (GMO)

Vkládání potřebných genů do genomu

- Přenos cizorodé DNA buď pomocí přirozené schopnosti bakterií, nebo přímo nastřelováním DNA do buněk
- Půdní bakterie *Agrobacterium tumefaciens*

Transformace pomocí Ti plazmidu *A. tumefaciens*



Nádor vzniklý po infekci bakterií *A. tumefaciens*

- Oproti mutagenезi je tento postup efektivnější, nejsou zasaženy jiné oblasti dědičné informace a lze testovat vliv vložené DNA

Plodiny získané přenosem DNA

Dosud více než 500 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 (pšenice, kukuřice a sója)

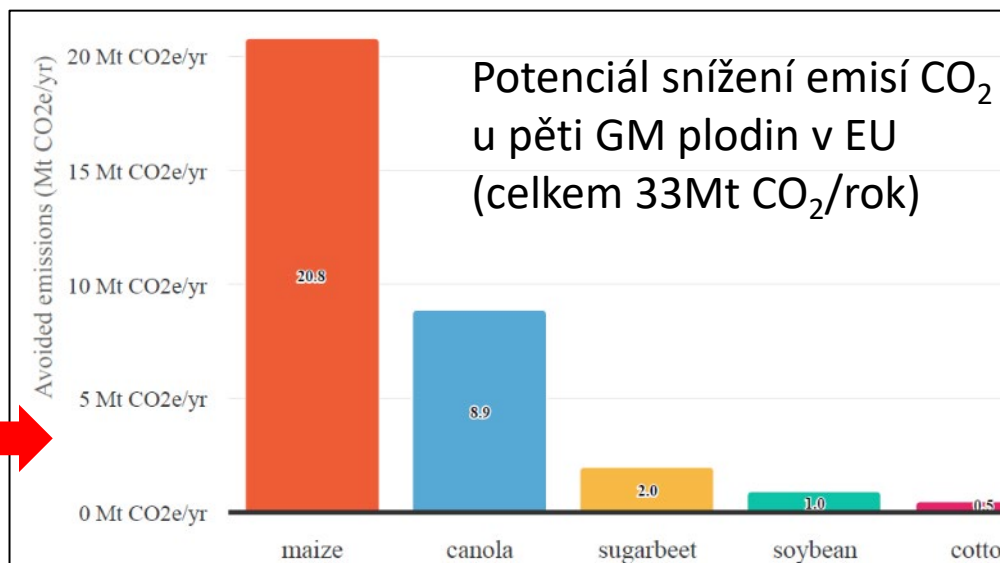


- Zlatá rýže, nehnědnoucí jablka, lepší složení řepkového oleje, ...

Pěstování GMO plodin

Výhody GM plodin

- Zvýšení výnosu (globálně o 22%)
- Zlepšení kvality produktů a nové vlastnosti
- Vyšší zisk pěstitelů (1996 - 2020: 261 miliard US\$)
- Úspora půdy (GM kukuřice a sója: 23,4 milionů ha)
- Omezení spotřeby agrochemikálií (celosvětově o 8,6%)
- Snížení emise skleníkových plynů (bezorebné obdělávání: 2020 - 24Mt CO₂)
- Organické zemědělství v EU: zvýšení emisí CO₂ o 46 Mt CO₂/rok



Zdravotní riziko GMO plodin?

GM plodiny se pěstují na ~15% obdělávané půdy (202 mil. ha)

- Vložená DNA, její poloha a funkce v genomu je známa
- Největší biologický experiment (29 států)

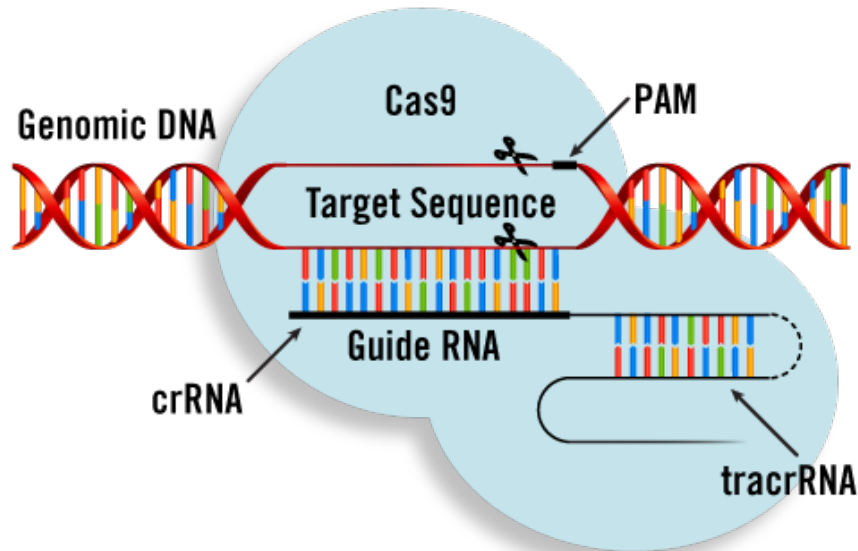


- Nebyl zaznamenán jediný případ poškození zdraví člověka!

Nové genomické techniky (NGT)

Metody genetické transformace mají omezený potenciál

- Systém CRISPR/Cas: součást „imunitního“ systému bakterií
- Umožňuje editaci - cílené změny dědičné informace
 - Vypnutí genu
 - Změnu sekvence DNA genu
 - Změnu regulace genu
 - Vložení sekvence DNA nového genu



Nobelova cena 2020 za chemii:
Emmanuelle Charpentier
a Jennifer A. Doudna

CRISPR: Clustered Regularly
Interspaced Short Palindromic
Repeats

Cas: CRISPR-associated genes

Návrh definice NGT rostlin



Dvě kategorie

- NGT1 rostliny (nevztahuje se na ně legislativa GMO)
 - Modifikované rostliny rovnocenné rostlinám konvenčním
 - Definovaný počet a typ mutací
 - Genetická modifikace nemá za následek protein, který není přítomen v genovém rezervoáru dané plodiny
- NGT2 rostliny
 - Musí splňovat přísné předpisy o GMO
 - Genetická modifikace vede k produkci proteinu, který není přítomen v genovém rezervoáru dané plodiny
- Obě kategorie NGT rostlin
 - Povinné označování produktů
 - Zákaz obou kategorií rostlin budou v ekologickém zemědělství
 - Zákaz patentů na NGT rostliny, rostlinný materiál, jeho části, genetické informace a procesní vlastnosti, které obsahují

Co je třeba pro editaci?

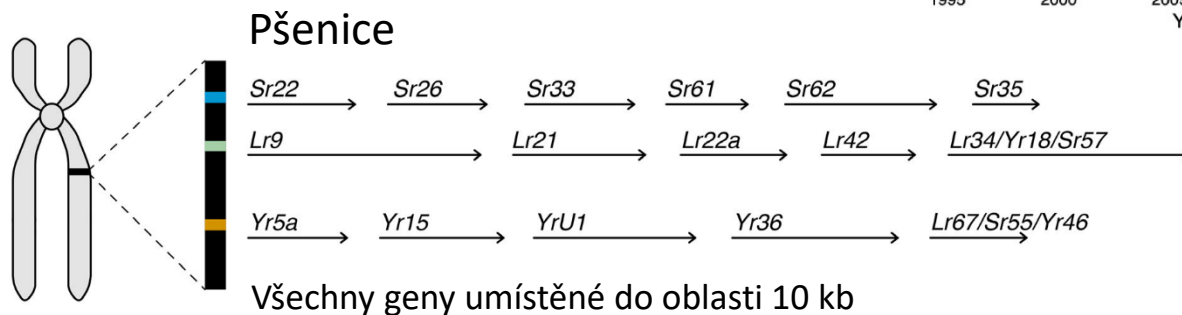
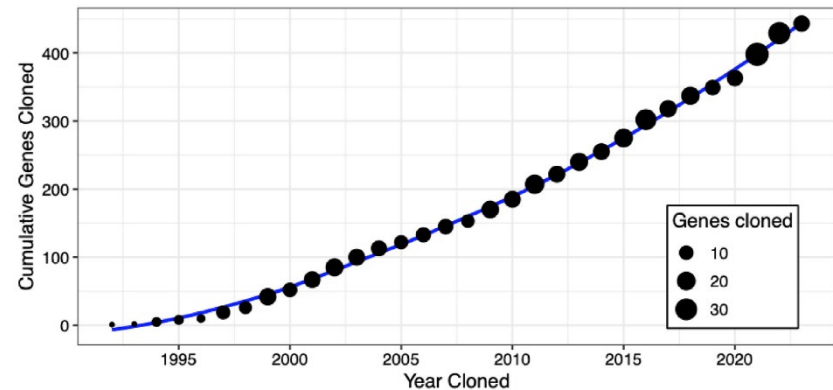
Znalost genomu a jeho funkce

- Izolace genů a regulačních sekvencí DNA
 - Geny dané plodiny
 - Geny jiných druhů



Rezistence vůči chorobám a škůdcům

- Globální ztráty na výnosu plodin 20-30%
- Dosud izolováno >450 genů
- Nové genomické techniky umožňují pyramidování genů



Sr: rez travní
Lr: rez pšeničná
Yr: rez plevelová

Odrůdy získané editací genomu

Dosud více než 750 úspěšných aplikací systému CRISPR/Cas

- Zabránění předčasnému klíčení obilek v klasech pšenice (inaktivace genu *Qsd1*, který reguluje dormanci semen)
- Pšenice odolná vůči padlí travní (napadení houbou *Blumeria graminis*) - (inaktivace genu *Mlo*, který kóduje transmembránový protein)
- Pšenice se sníženou imunotoxicitou (editace alfa-gliadinových genů)

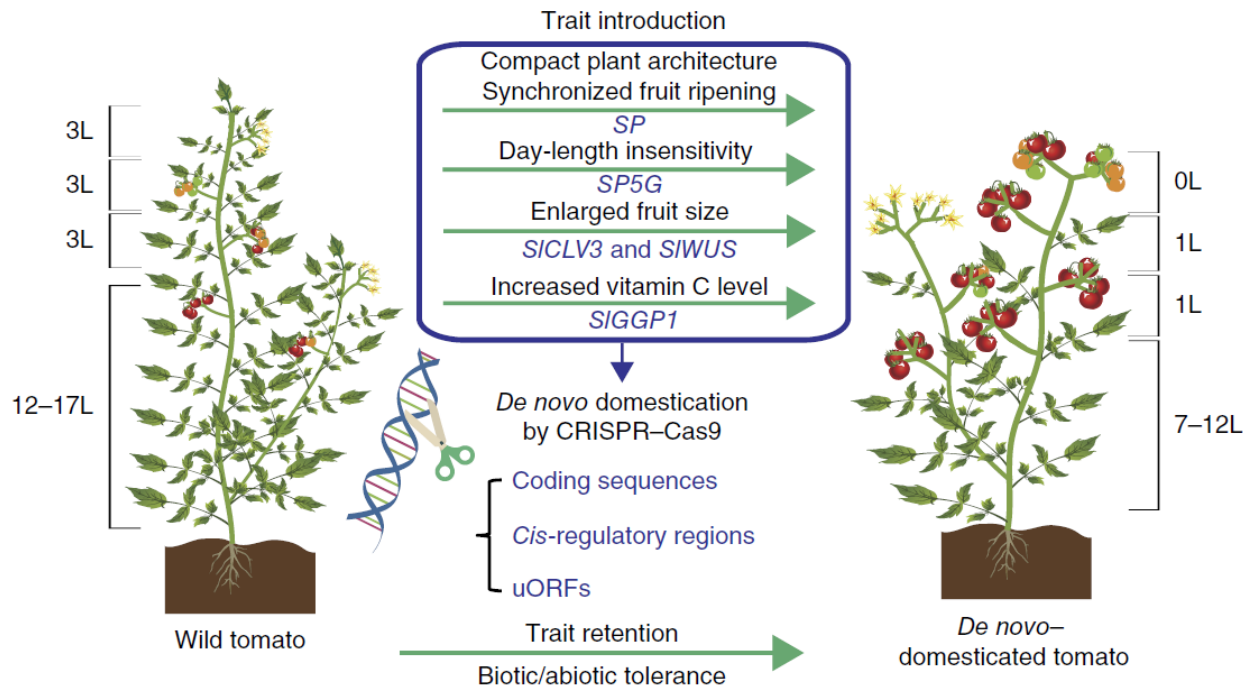


- Rajčata obsahující provitamín D3 (inaktivace genu *7-DR2*, který jinak mění provitamín D3 na jiné sloučeniny)

„Vysokorychlostní“ domestikace

De novo domestikace planého rajčete editací genů

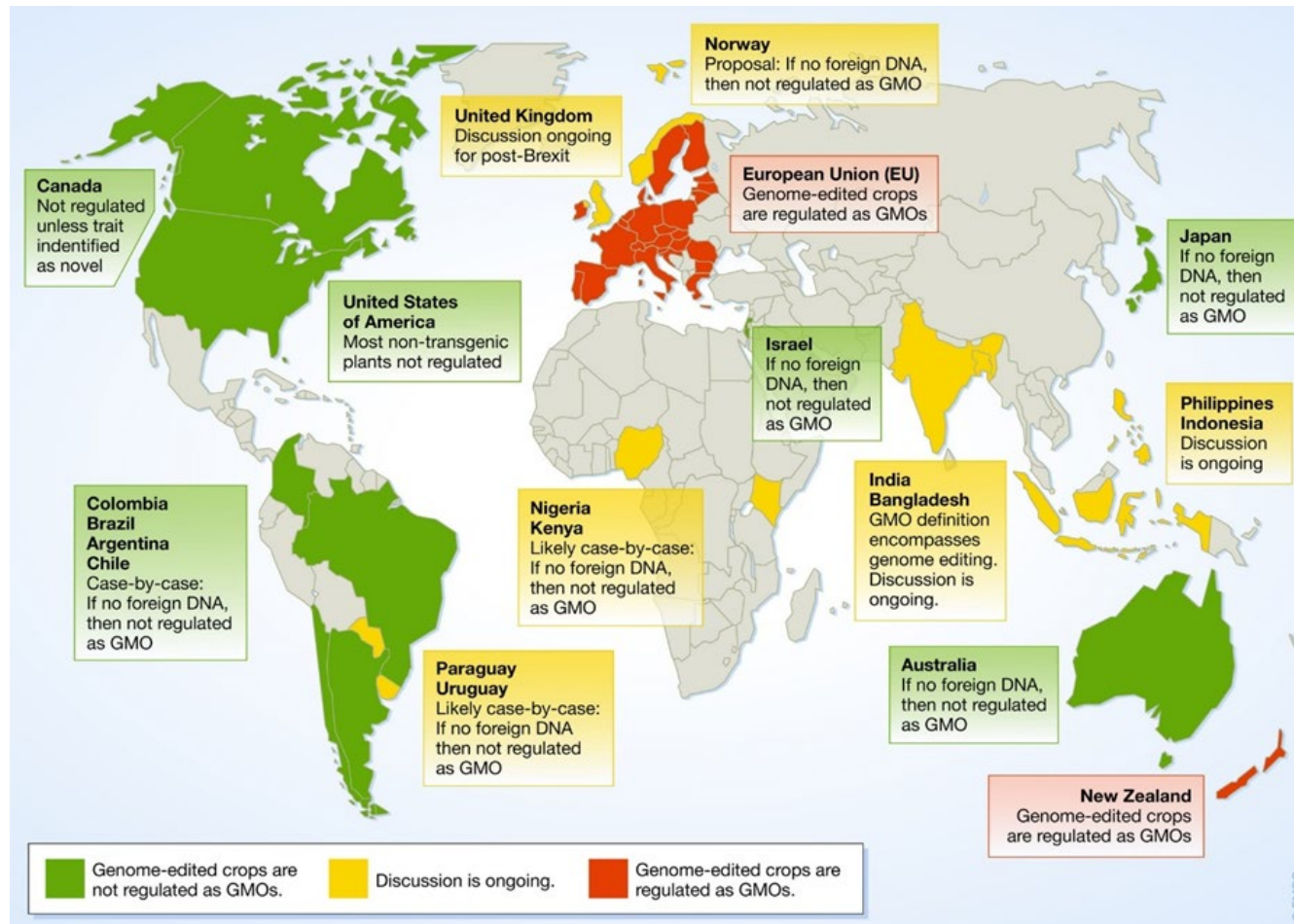
- *Solanum pimpinellifolium* (odolnost vůči zasolení a chorobám)



- Kompaktní habitus, fotoperiodicky neutrální, synchronizované dozrávání plodů, větší plody a vyšší obsah vitamínu C

Pěstování plodin s editovaným genomem

Evropa zaspala



Závěr

- Dosažení potravinové bezpečnosti udržitelným způsobem bude vyžadovat vývoj nové generace zemědělských plodin a odrůd
- Toto úsilí bude vyžadovat modifikaci vlastností rostlin v měřítku srovnatelném pouze s domestikací
- Výzvou je dosáhnout toho během desítek let ve srovnání s mnoha tisíci let domestikace
- Nejslibnější strategií je využít přirozené molekulární mechanismy, jako je bakteriální imunitní systém, pro přesné úpravy genomu
- Příroda dává lidstvu nástroje k usnadnění vývoje nových odrůd zemědělských plodin pro udržitelné zemědělství. Využijeme je?



Děkuji vám za pozornost!