

***Genové zdroje a původ
kulturních rostlin.***





Některé přirozené procesy mohou u rostlin způsobit stálé genetické změny

1. Evoluce – ovlivňuje celé populace, které se vyvíjí
2. Domestikace
3. Šlechtění rostlin

rozmanitost

dědičnost

přírodní selekce vs. selekce řízená člověkem

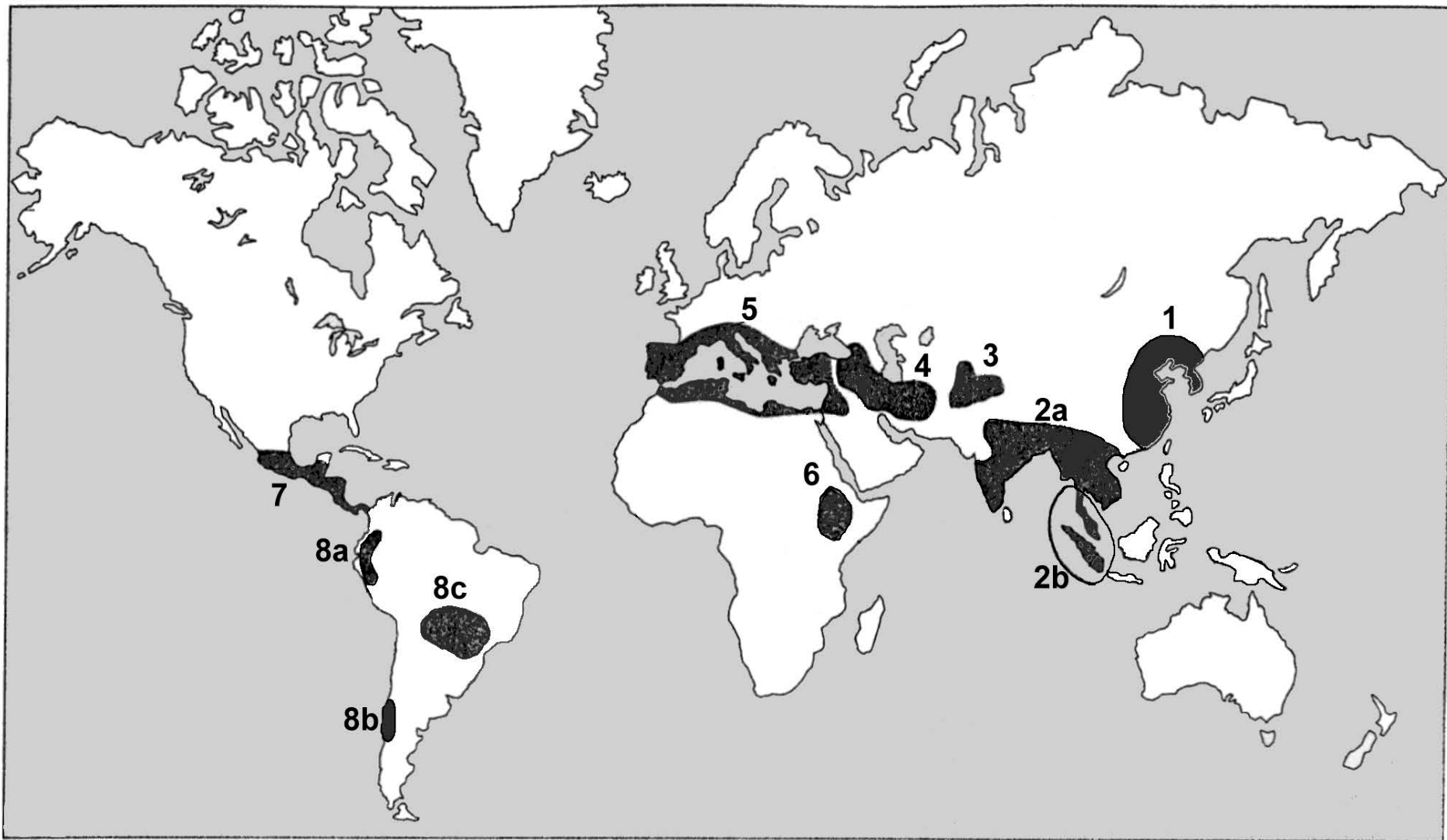
Klíčový faktor je čas



Centra původu kulturních druhů

1. **Východoasijské**
2. **A/ Indické B/ Indočína**
3. **Středoasijské**
4. **Předoasijské**
5. **Mediterránní (středomořské)**
6. **Etiopské**
7. **Jihomexické a středoamerické**
8. **Jihoamerické (Peru, Chile, Brazílie)**

Genová centra pôvodu kultúrnych rastlín



1. Východoasijské

obiloviny

ječmen čtyřřadý (*Hordeum vulgare*, subs. tetrastichon)

oves setý (*Avena sativa*, var. *dienensis*)

pohanka (*Fagopyrum esculentum*)

proso (*Panicum miliacenum*)

luštěniny

sója (*Glycine max*)

fazol zahradní (*Phaseolus vulgaris*)

ovocné dřeviny - rody *Pyrus*, *Malus* a *Prunus*
pomarančovník síťkovaný (mandarinka - *Citrus reticulata*)

pomarančovník královský (*Citrus nobilis*)

čajovník čínský (*Thea chinensis*)

mák snodárný (*Papaver somniferum*)

některé druhy **zeleniny** např. cibule hlíznatá (*Allium tuberosum*), česnek čínský (*Allium macrostemon*)

čínské zelí (*Brassica chinensis*) a další druhy rodu *Brassica*

2. A/ Indické

rýže (*Oryza sativa*), čirok (*Sorghum bicolor*)

zelenina

okurka (*Cucumis sativus*), ředkev setá (*Raphanus sativus* var. mongri), salát indický (*Lactuca indica*)

mangovník (*Magnifera indica*), citroník (*Citrus limon*), datlovník (*Phoenix sylvestris*), cukrová třtina (*Saccharum officinarum*)

hořčice (*Brassica juncea*)

bavlník (*Gossypium arboreum*)

konopí indické (*Cannapis indica*)

B/ Indočina

zázvor (*Zingiber officinale*)

banánovník (*Musa x sapientum*, *Musa x paradisiaca*, *Musa x cavendishii*)

mangovník (*Mangifera caesia*, *M. odorata*, *M. foetida*)

kokosovník (*Cocos nucifera*)

cukrová třtina (*Saccharum officinarum*)

pepřovník černý (*Piper nigrum*)

3. Středoasijské

obiloviny, luštěniny a různé druhy zeleniny

pšenice měkká (*Triticum aestivum*), pšenice okrouhlá (*Triticum sphaerococcum*), žito (*Secale cereale*)

hrách setý (*Pisum sativum*), čočka setá (*Lens esculenta*), bob obecný (*Faba vulgaris*)

meloun (*Cucumis melo*), vodnice (*Brassica rapa*, var. *rapa*), mrkev (*Daucus carota*), cibule kuchyňská (*Allium cepa*), česnek (*Allium sativum*), špenát (*Spinacea oleracea*)

z ovocných dřevin meruňka (*Armeniaca vulgaris*)

réva vinná (*Vitis vinifera*), ořešák vlašský (*Juglans regia*)

4. Předoasijské

obiloviny, píceiny a zelenina

pšenice jednozrnka (*Triticum monococcum*), pšenice tvrdá (*Triticum durum*), pšenice naduřelá (*Triticum turgidum*), pšenice špalda (*Triticum spelta*), pšenice měkká (*Triticum sativum*) a další polokulturní a kulturní druhy pšenic jako *T. turanicum*, *T. carthlicum*, *T. timopheevi*, *T. macha*, *T. vavilovii*, ječmen dvouřadý (*Hordeum vulgare* conv. *distichon*), žito (*Secale cereale*), oves setý (*Avena sativa*), oves byzantský (*Avena byzantina*)

čočka (*Lens culinaris*), hrách setý (*Pisum sativum*)

vojtěška (*Medicago sativa*), vikev setá (*Vicia sativa*)

vikev panonská (*Vicia pannonica*)

okurka (*Cucumis sativus*), tykev (*Cucurbita pepo*), mrkev (*Daucus carota*), cibule kuchyňská (*Allium cepa*), pór (*Allium porrum*), petržel (*Petroselinum crispum*), salát (*Lactuca sativa*), hrušeň (*Pyrus communis*), jabloň (*Malus pumila*), meruňka (*Armeniaca vulgaris*), réva vinná (*Vitis vinifera*)

5. Mediteránní (středomořské)

luštěniny, zelenina a píceiny

čočka (*Lens culinaris*), hrách setý (*Pisum sativum*)
brukev zelná (*Brassica oleracea*), petržel (*Petroselinum crispum*), tuřín (*Brassica napus*), salát zahradní (*Lactuca sativa*), celer (*Apium graveolens*), chřest (*Asparagus officinalis*), jetel plazivý (*Trifolium repens*), jetel inkarnát (*Trifolium incarnatum*), vikev setá (*Vicia sativa*), hořčice bílá (*Sinapis alba*), řepka olejná (*Brassica napus* var. *napus*), rostliny používané jako koření, především kmín (*Carum carvi*), anýz (*Pimpinella anisum*), fenykl (*Foeniculum vulgare*), šalvěj lékařská (*Salvia officinalis*), máta peprná (*Mentha piperita*), aj.

obiloviny jako pšenice dvouzrnka (*Triticum dicoccum*)

hlavní centrum původu řepy (*Beta vulgaris*)

6. Etiopské

obiloviny, zejména různé barevné formy ječmene (*Hordeum vulgare*), čirok (*Sorghum bicolor*), různé druhy rodu *Triticum*

len setý (*Linum usitatissimum*), kávovník arabský (*Coffea arabica*)

7. Jihomexické a středoamerické

kukuřice (*Zea mays*)

různé druhy **paprik** (*Capsicum annuum*, *C. frutescens*, *C. pubescens*)

mnoho druhů fazolu (*Phaseolus vulgaris*, *P. coccineus*, *P. lutanus*, *P. acutifolius*)

kakaovník (*Theobroma cacao*)

tabáku setý (*Nicotiana rustica*)

8. Jihoamerické

rod *Solanum*, rod *Phaseolus*, rajče (*Lycopersicon esculentum*), tykev obrovská (*Cucurbita maxima*), tabák (*Nicotiana tabacum*), merlík čilský (*Chenopodium quinoa*)

čilská oblast - podzemnice olejná (*Arachis hypogea*)

brazilská část - kaučukovník (*Hevea brasiliensis*)



Shrnutí změn provádějících domestikaci

- 1. Zvyšování výnosu (hmotnost užitečných částí)**
- 2. Zvětšení důležitých orgánů – meloun, paprika, rajče, tykev, zelí, salát**
- 3. Zvětšení počtu užitečných orgánů – slunečnice, obiloviny, kukuřice, luskoviny**
- 4. Nerovnoměrný vývoj některých orgánů – *Malus*, *Pyrus*, paprika, *Brassica oleracea***
- 5. Ztráta mechanických ochranných zařízení – přirostlé pluchy, trichomy, trny**
- 6. Změny v chemickém složení a kvalitě užitečných orgánů – řepa (saponin, betain), locika, cukrovka, cukrová třtina, tabák (nikotin)**

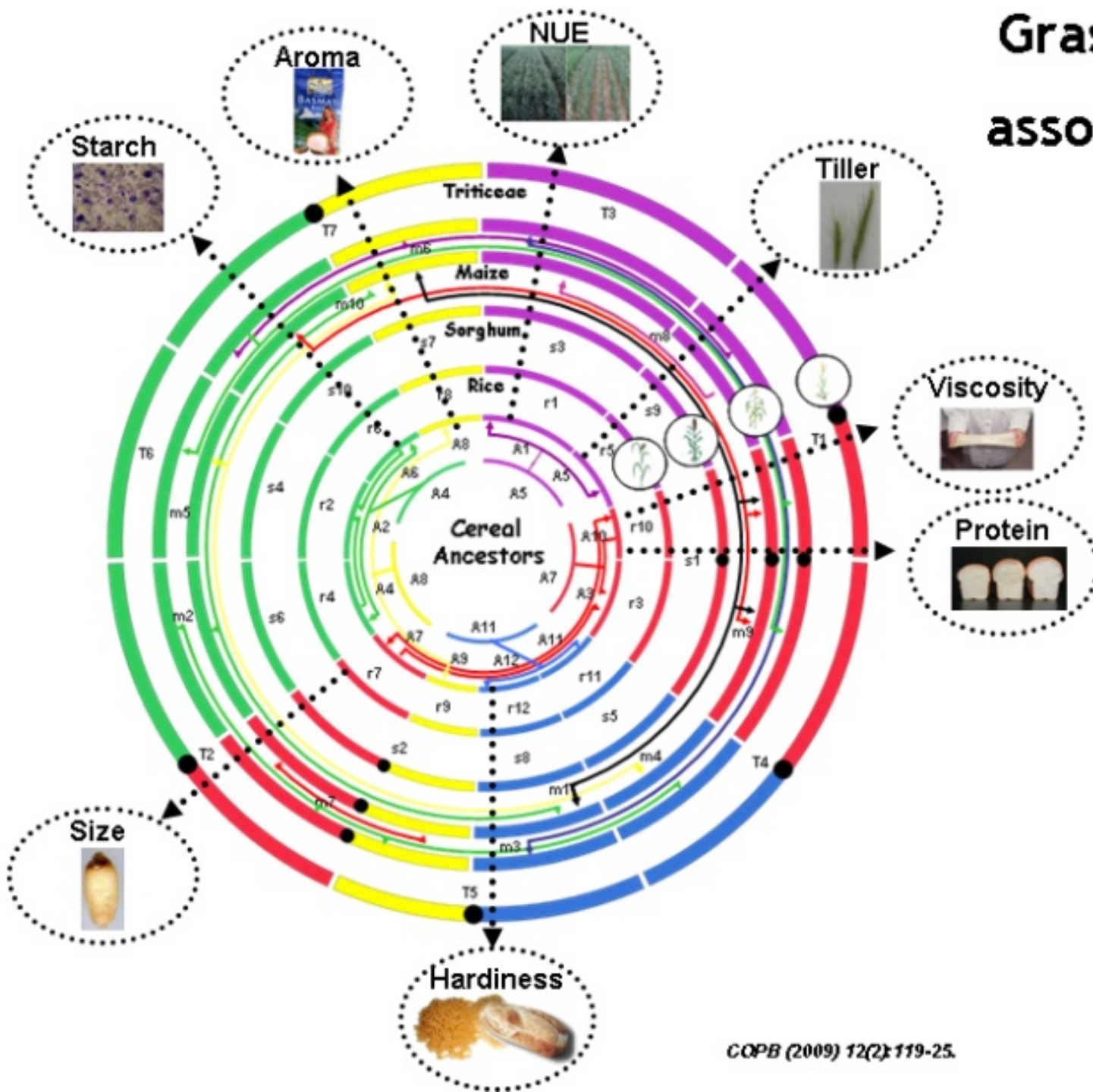
7. **Ztráta přirozených rozšiřovacích zařízení:**
rozpadavá vřetena klasu, pukavost lusků
8. **Změny ve fyziologických a ekologických vlastnostech:**
délka vegetační doby, citlivost k fotoperiodě,
doba do kvetení, dormance
synchronizované dozrávání
9. **Změny v rozmnožování - ztráta alogamie**

Odhad

Bylo domestikováno 230 plodin ze 180 rodů a 64 čeledí.

Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae, Solanaceae

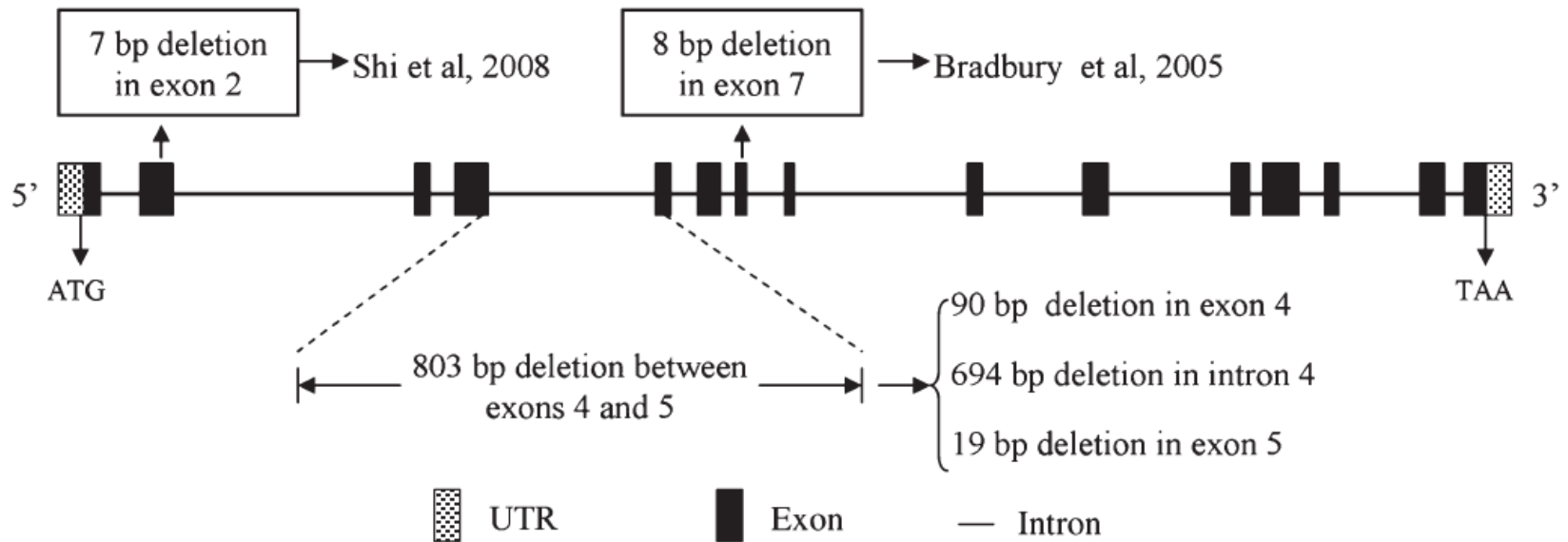
Grass genomes and associated traits



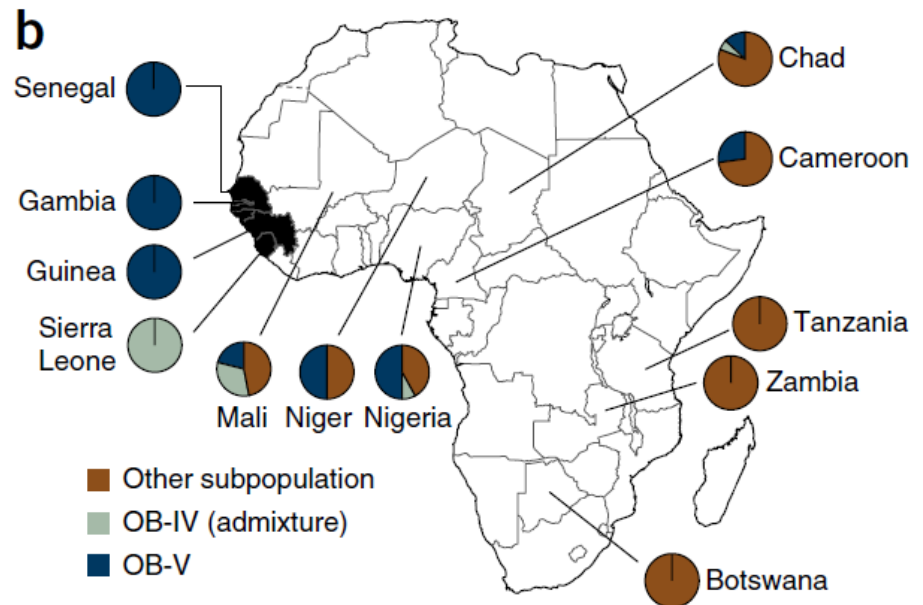
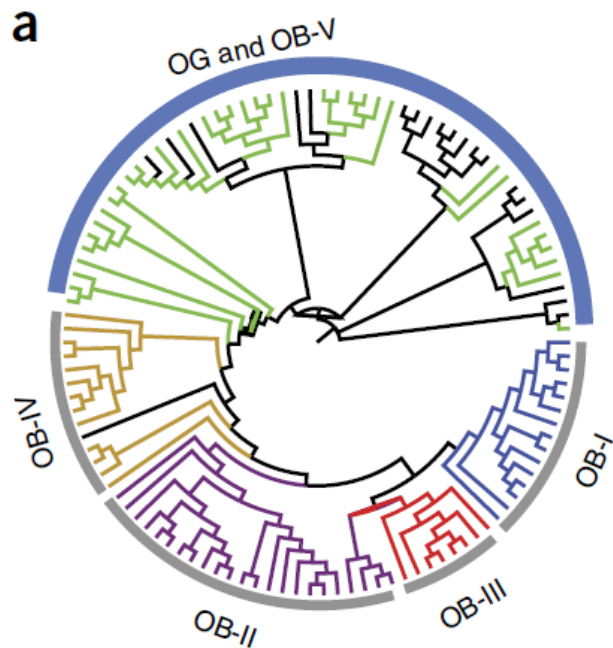
Gen *BADH2* (betain aldehyd dehydrogenáza) rýže *Oryza sativa*

funkční změny ve srovnání s předkem u aromatických rýží

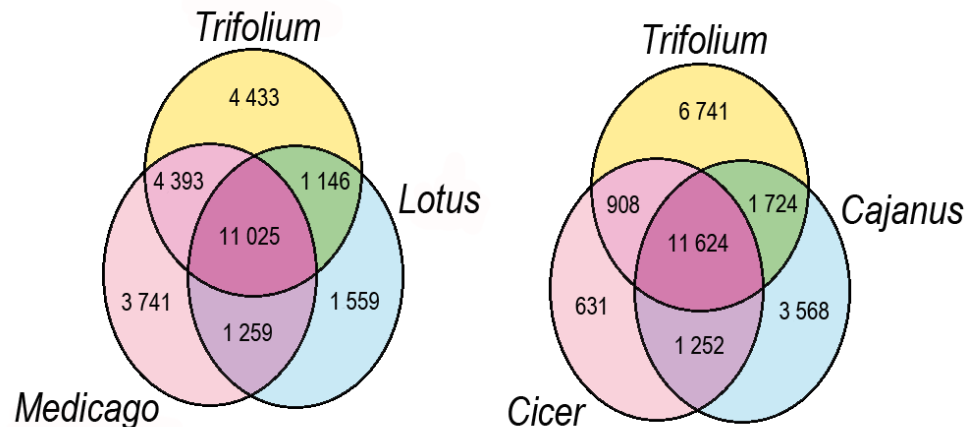
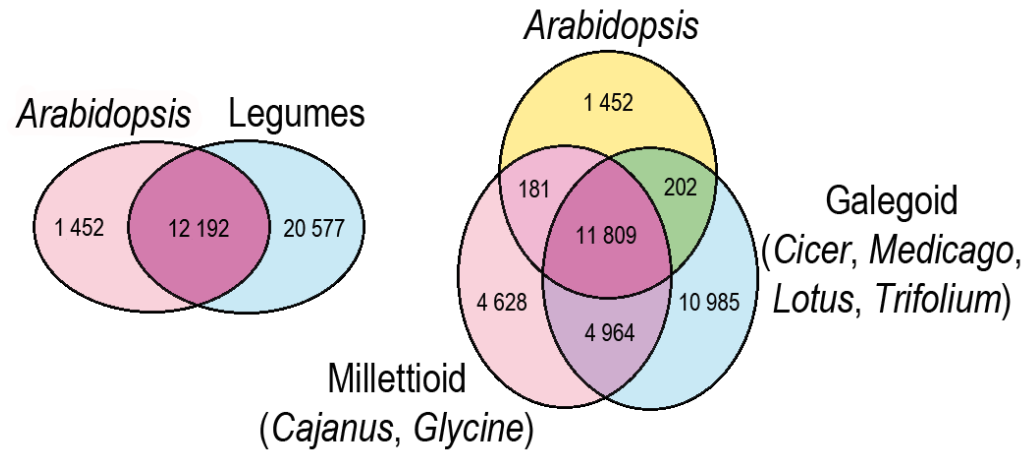
Rýže basmati a jasmínová



Identifikace domestikálních subcenter africké rýže *Oryza glaberrima*



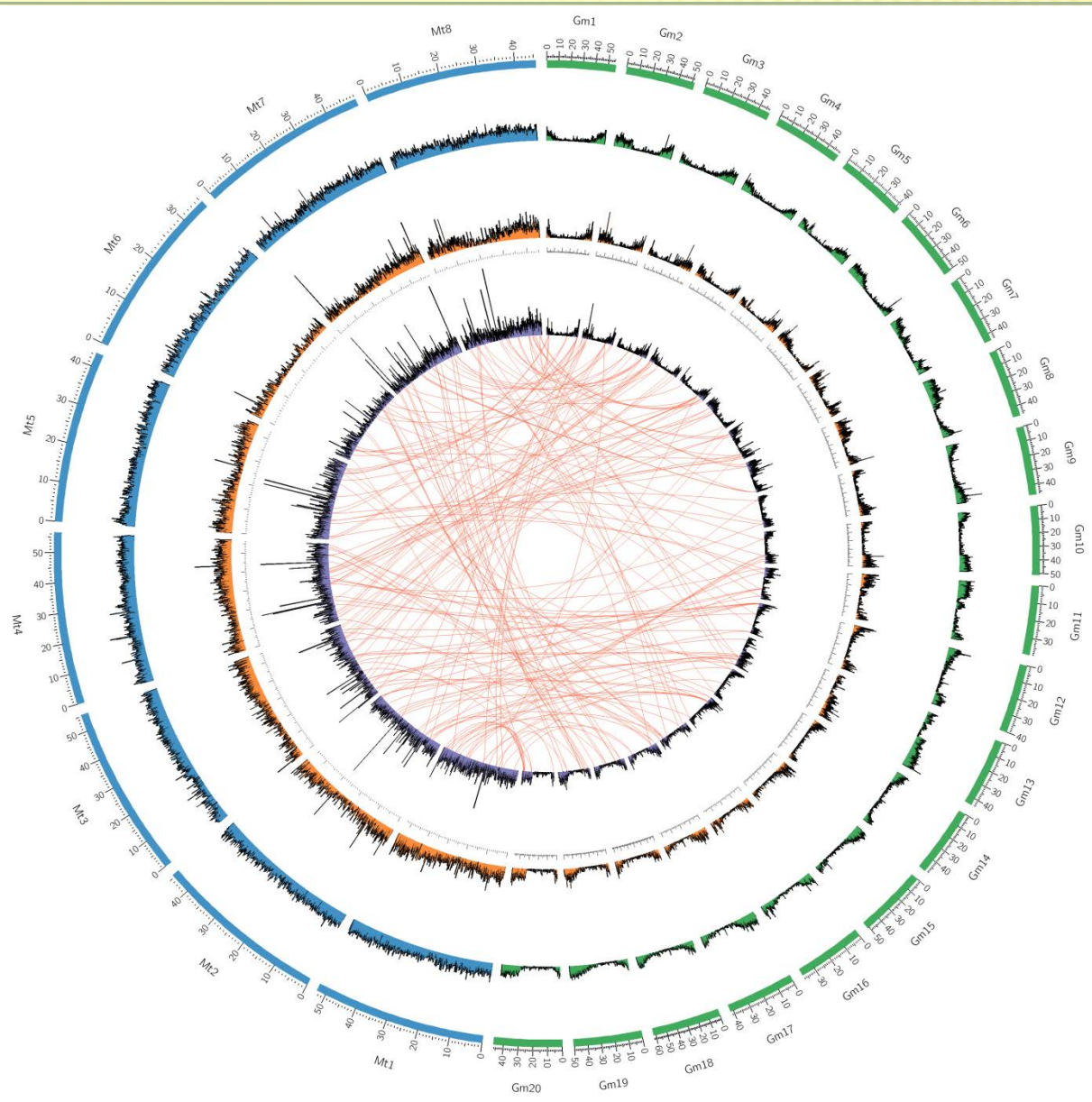
Ortologní a specifické geny při srovnání *Trifolium pratense*, *Medicago truncatula*, *Lotus japonicus*, *Cicer arietinum*, *Cajanus cajan*, *Glycine max* a *Arabidopsis thaliana*.



HOMOLOGNÍ GENY A HUSTOTY GENŮ

1. kruh: hustota genů na chr. *M. truncatula* a *G. max*
2. kruh: relativní hustota genů *T. pratense*
3. kruh: relativní hustota genů *T. medium*
4. spojnice: homologní sekvence v rámci všech čtyř druhů

tblastx porovnání genů a namapování na chr. *M. truncatula* a *G. max*, identita sekvencí > 70%, hustota genů vypočítána v 100 kbp intervalech, graficky znázorněno pomocí Circos



Obiloviny

- čeleď Poaceae
- 1/3 až 1/2 plodin patří k obilovinám
- 1/2 lidí na Zemi se živí rýží

- Květenství obilovin



Rýže

Oves

Žito

Pšenice Ječmen

Ječmen *Hordeum vulgare*

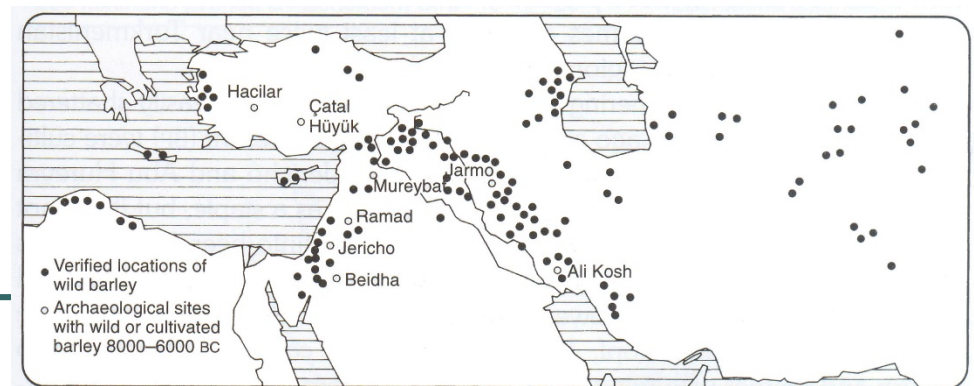
- Jednoduchá evoluční historie
- Předek *Hordeum spontaneum*
- $2n = 14$
- kulturní x plané ječmeny

nerozpadavost mutace v genech *Bt1*, *Bt2*

pluchatost recesivní alela *n* jednoho genu

víceřadost dvě recesivní alely lokusu *vrs1*

- Blízký Východ
- 19 tisíc let





Využití

slad k výrobě piva

krmivo pro dobytek

výživa člověka

vitamíny (skupina B – niacin, thiamin)

minerály (selen, železo, hořčík, zinek, fosfor, měď)

zdroj rozpustné a nerozpustné vlákniny, antioxidantů

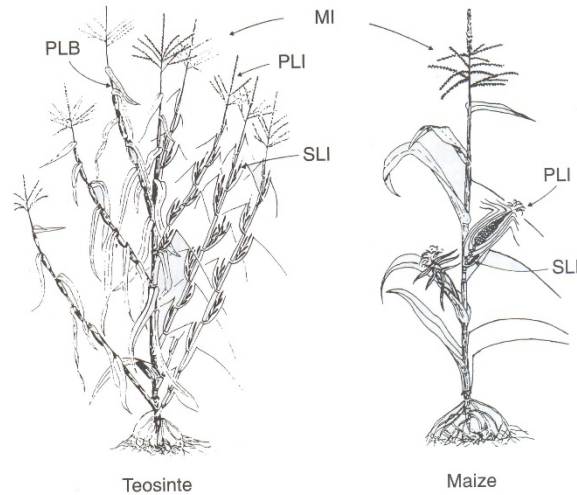
nízký obsah tuků

významné látky rostlinného původu, pomáhají
snižovat riziko srdečních chorob, tvorby
zhoubných nádorů a cukrovky

Kukuřice

Zea mays

- Historie neobjasněna
- Příbuzné druhy *Tripsacum teosinte*
- $2n = 20$
- Mexiko, Střední Amerika
- 9 tisíc let



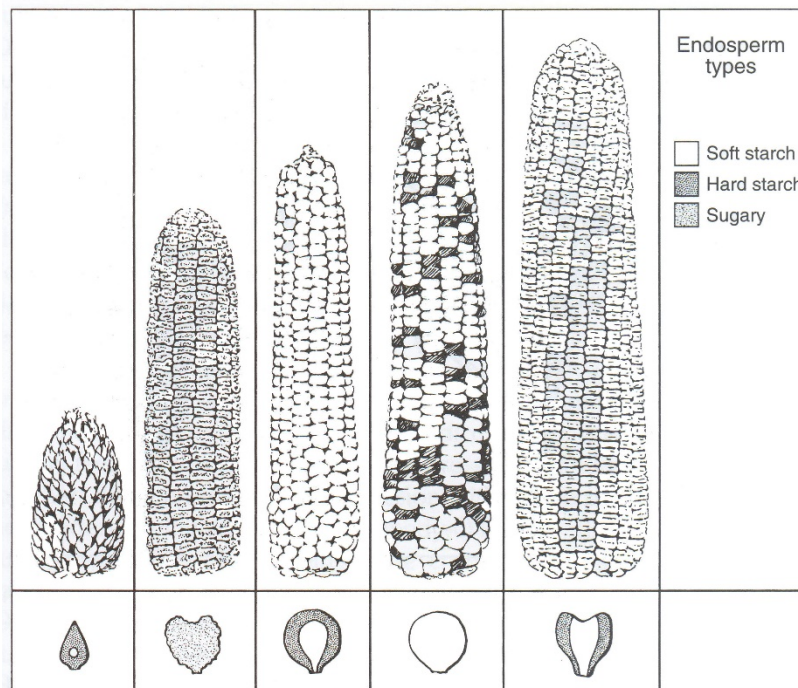
Z. mays

Z. mexicana

Tripsacum dactyloides



Typy endospermu kukuřice



Pukancová
 Cukrová
 Křemenná
 Škrobnatá
 Dentata koňský zub

Pšenice

Triticum aestivum

- Tři úrovně ploidie

Kulturní:

2x *T. monococcum*

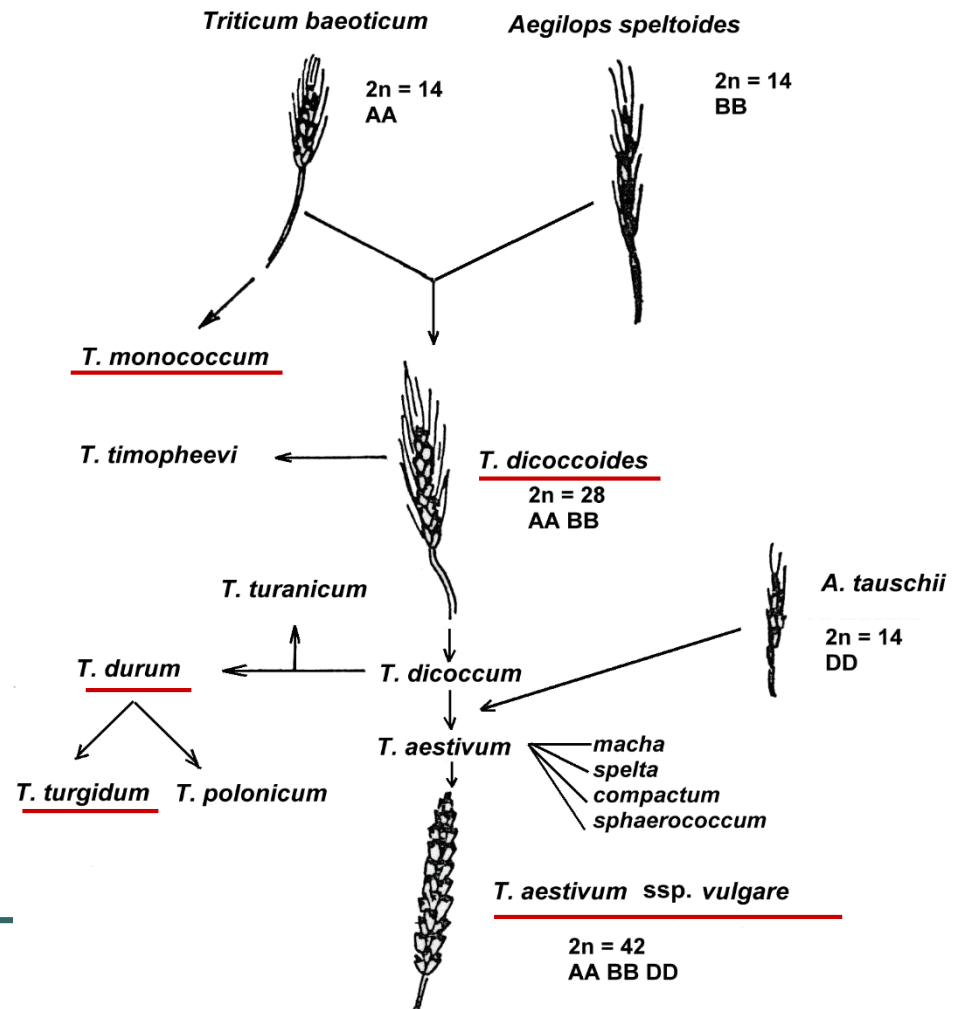
4x komplex poddruhů

T. turgidum ssp.
dicoccoides, *durum*

6x *T. aestivum*

ssp. *vulgare*, *spelta*
macha

Obsah glutenu



- 
- **Původ 6x pšenice: mezidruhová hybridizace**
T. urartu*, *Aegilops speltoides*, *A. tauschii

Genomy A, B, D

**Jednozrnka: Sýrie, jižní Turecko, severní Irán,
Irák - 10 000 let**

**Dvouzrnka: jordánské údolí – 19 000 let, mladší
formy Sýrie, šíření po Blízkém Východě**

Pšenice 7 000 př.n.l.

bezpluchatost genotyp *tg tg qq*

Žito *Secale cereale*

- *Secale cereale* kulturní i divoký – Irán, Afghánistán
- *Secale montanum* cizosprašný, vytrvalý, Maroko
- *Secale sylvestre* jednoletý, autogamní, Maďarsko, jih Ruska
- *Secale vavilovii*
- Předek: *S. montanum*
- Původ: Turecko, Irán, Arménie 6 000 př.n.l.
Evropa 4 000 př.n.l.

Oves Avena sativa

- **$2n = 2x = 14$**
- **$2n = 4x = 28$**
- **$2n = 6x = 42$**
- **genomy A, B, C, D**
- **Mediterránní oblast, Střední Východ**

Rýže *Oryza sativa*

- **Tropy, subtropy, zaplavené oblasti**
- **menší význam *O. glaberrima* (africká rýže)**
- **$2n = 24$**
- **Předek: *O. rufipogon* a *O. glaberrima***
- **Původ: Čína a JV Asie**
10 000 tisíc let př.n.l. Korea
Japonsko 3000 př.n.l.
Afrika 2 000 př.n.l.
Nový svět r. 1647

Proso

- *Panicum miliaceum*

Setaria italica

*Echinochloa
frumentacea*

*Pennisetum
americanum*

Eleusine coracana

$2n = 4x = 36$

Předek *Echinochloa crus-
galli*

$2n = 6x = 56$

E. colonum, *E. utilis*

- Typy květenství



P. miliaceum

- **Původ: Čína 6 000 př.n.l., jižní Evropa 3 000 př.n.l.**
- **Západní Afrika 4 000 př.n.l., Východní Afrika 3 000 př.n.l., odtud Indie**

Čirok *Sorghum bicolor*

- Morfologická rozmanitost

- Hlavní druhy:

***S. bicolor* ssp.
*arundinaceum***

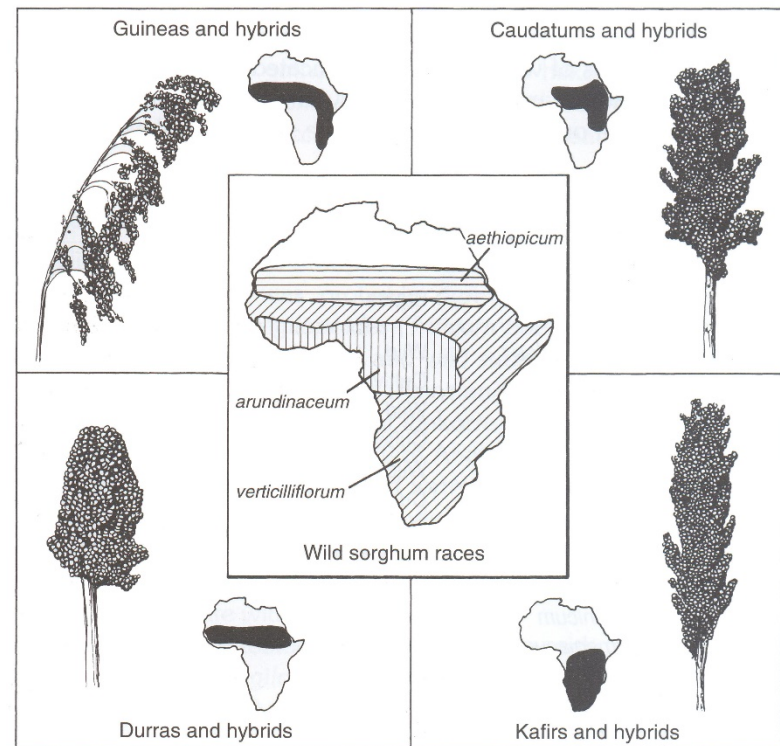
$2n=20$


východní Afrika

***S. propinquum* $2n=20$**

Asie, Indie, Filipíny

***S. halepense* $2n=40$**



- 
- Kulturní druh *S. bicolor* ssp. *bicolor* vznikl z *S. bicolor* ssp. *arundinaceum* – selekce na nepukavost, velikost semen.
 - Původ domestikace: Indie, také Etiopie, západní a střední Afrika
 - Šíření: Afrika – Indie - Čína

Luskoviny

- **Cizrna beranní**
Cicer arietinum

$2n=2x=16$

Původ: Turecko, Sýrie

9 až 10 tisíc let

Domestikované formy:

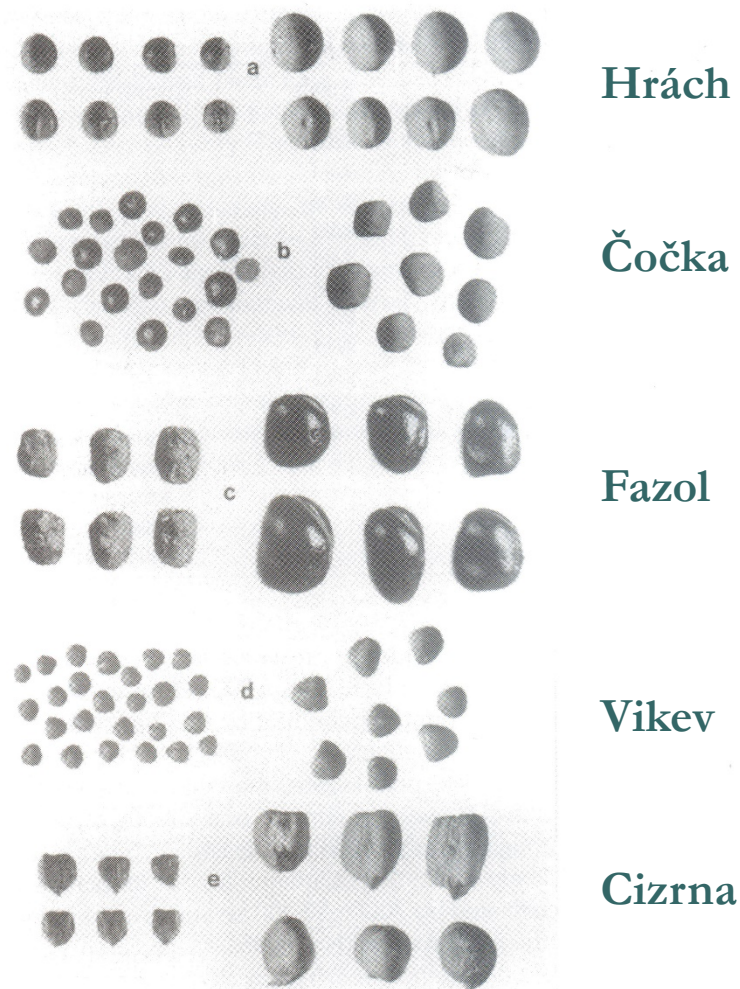
Jordán, Jericho

Evropa – Řecko 8 000 př.n.l.

Jižní Francie 5 000 př.n.l.

Indie 4 000 př.n.l.

Etiopie 3 000 př.n.l.



Divoké Kulturní typy

- **Vigna**

Jednoleté i vytrvalé
druhy

$2n=22$

Původ: Afrika

Začátek domestikace

7 000 až 6 000 př.n.l.

Indie 4 000 př.n.l.

Využití: pícnina pro
dobytek, výživa
člověka

- **Hrách *Pisum* $2n=14$**

- Dva autogamní druhy:

1. ***P. fulvum*** planý

východ mediteránní
oblast

2. ***P. sativum*** plané i
kulturní formy

střed mediteránní
oblasti, Blízký Východ

Nekřížitelnost

Začátek domestikace:

Blízký Východ

Německo 6 000 př.n.l.

Indie 4 000 př.n.l.

Fazol *Phaseolus*

Původ: Amerika

5 kulturních druhů $2n=22$

***P. vulgaris*, *P. coccineus*,
P. lunatus, *P.*
polyanthus, *P.*
*acutifolius***

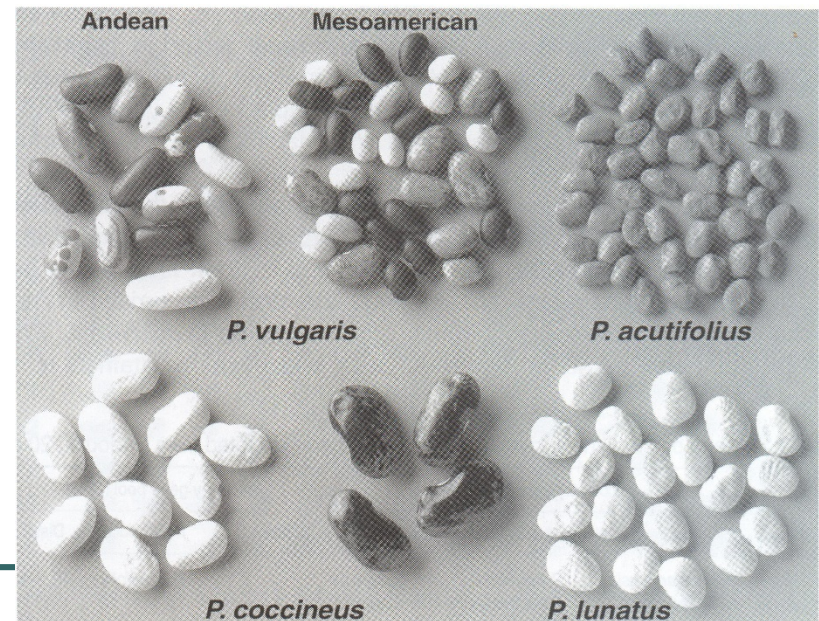
Vysoká kompatibilita

**Guatemala, Arizona,
Mexiko**

**Domestikace *P. vulgaris*:
Střední a Jižní Amerika**

**Nálezy: Mexiko 2 300
př.n.l.**

**Znaky: jednoletost, větší
a jemnější semena,
neutrální fotoperioda,
vytrvalejší semena**



- **Čočka *Lens***
- **Šest jednoletých druhů**
2n=14

Původ: mediteránní oblast
JZ Asie

Kulturní druh

L. culinaris* ssp. *culinaris

Předek: *L. culinaris* ssp.
orientalis

Španělsko, Německo 6 až 7
000 př.n.l.

Indie 4 500 př.n.l.

- **Bob *Vicia faba***
- 2n=12, cizosprašnost**
Předek vyhynulý

Další druhy 2n=14

V. narbonensis

V. galililea

nekřížitelnost

Původ: Blízký Východ

Nálezy: Izrael 8 000 až 8 500
př.n.l.

Španělsko 5 000 až 4 000 př.n.l.

Čína 3 000 př.n.l.

Střední Amerika – před několika
sty lety

Sója rod *Glycine*

- **Podrody *Soya* a *Glycine***

**15 planých a vytrvalých druhů *Glycine* $2n=40$, 80
i aneuploidi**

Původ: Austrálie

Podrod *Soya*:

Planý druh *G. soya* $2n=40$

Rozšíření: Čína, Japonsko, Korea, Taiwan

Kulturní druh *G. max* $2n=40$

Vznik: z *G. soya*

**Domestikace: východní část severní Číny 3 000 až 4000 př.n.l.,
odsud do Korei, Japonska, JV Asie**

Evropa 1712, Amerika 1765, pěstování až v 19. století, 1882 Brazílie

Banánovník

- Čeleď Musaceae
- Původ kulturních banánovníků $2n=22$

Musa acuminata genom A

Musa balbisiana genom B

JV Asie a Pacifik, Afrika

Kulturní – AAA, AAB, ABB

(i AB, AABB)

Mezidruhová hybridizace

Somatické mutace



- AAA nejsladší plody
- AB škrobnaté – vaření, pivo

Partenokarpie –
komplementarita genů

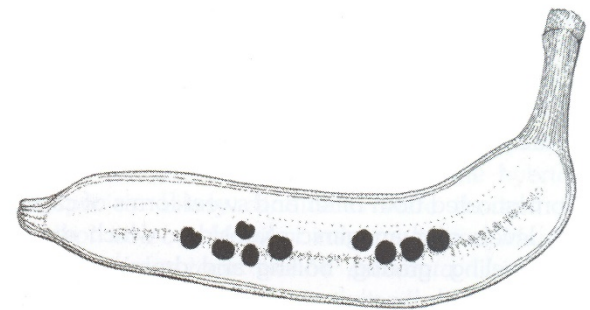
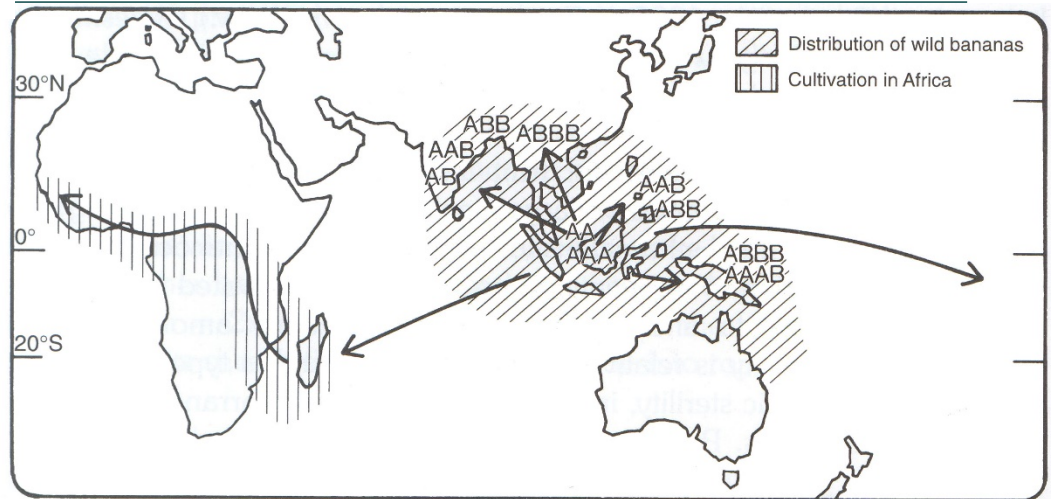
Bezsemenné plody

Domestikace: JV Asie -

Afrika, Indie, Polynézie

Kanárské ostrovy 15. st.

USA 20. st. ze Stř. Ameriky



Kasava

Manihot esculentum =
maniok, yuka

- čeleď Euphorbiaceae
- Tropy Jižní Ameriky, Afriky, Asie

Předek: *M. esculentum* ssp.
flabellifolia

Domestikace: SV Brazílie,
Kolumbie, Venezuela,
deštní pralesy Amazonky,
nížiny Mexika

Peru, Chile 4 000 př.n.l.

Indie 18. st.



Brambor *Solanum*

- *Solanum tuberosum*
ssp. tuberosum
 $2n=4x=48$

Původ: Chile

Evropa až 19. st.

Jižní Amerika i 2x, 3x, 5x

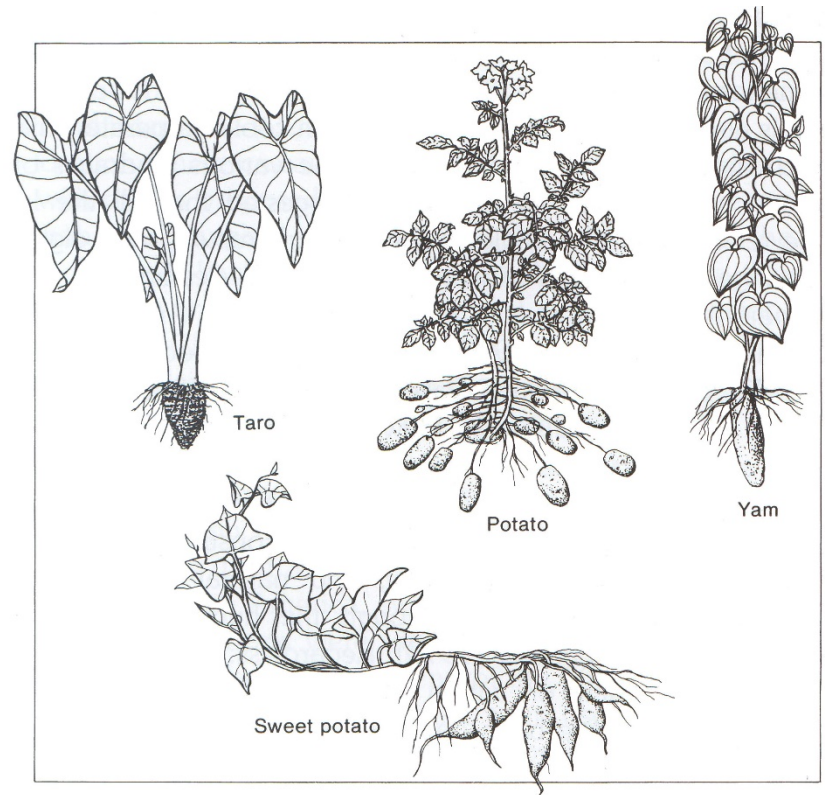
Předek:

S. tuberosum ssp. andigena

a další neznámé druhy

Do Severní Ameriky až z

Evropy r. 1621



- **Taro *Colocasia esculenta***

Čeľad' Araceae

Zdroj škrobu ve výživě lidí v tropech – Pacifik, Karibské moře, Z Afrika

Původ: Jižní a střední Asie

$2n=26, 42$

Domestikace: 4 000 až 7 000 př.n.l. v indomalajské oblasti – V Asie, ostrovy Pacifiku, Arábie



- **Yam rod *Dioscorea***

Čeľad' Dioscoreaceae

Důležitá plodina v Z Africe a Nigérii

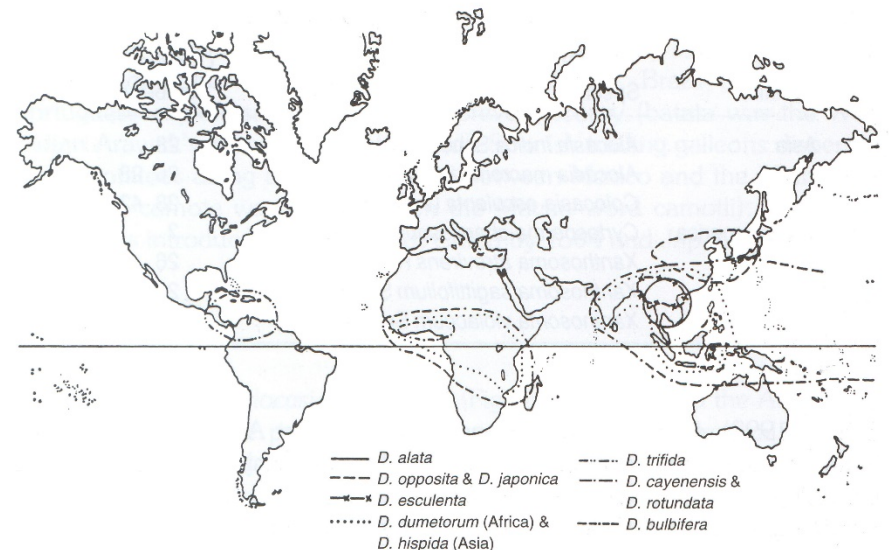
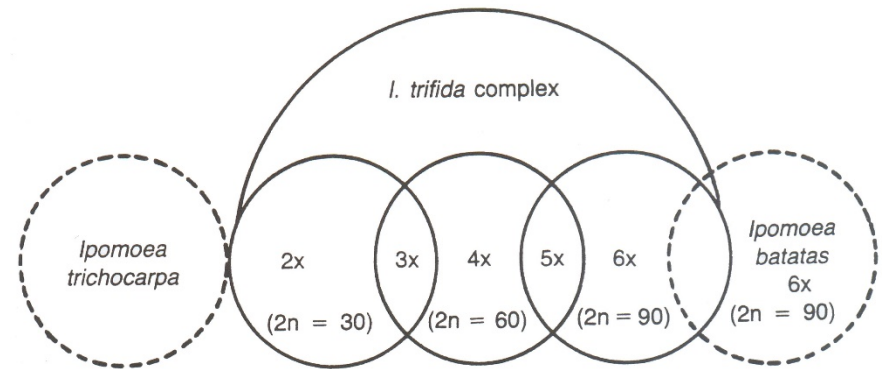
Obsahuje steroidní saponiny – syntéza kortikoidů

Polyploidie $2n$ až 100

Domestikace: JV Asie, Japonsko, Afrika, tropy Ameriky
až před 10 000 lety

Sladké brambory *Ipomoea*

- Čeleď Convolvulaceae
- Polyploidní řada $2n=30, 60, 90$
- Domestikované: *I. batata* 6x
- Neznámý předek
- Původ: Střední Amerika
- Začátek domestikace: Peru
10 000 až 8 000 př.n.l.
- Kolumbus je objevil v Z
Indii, odtud do Evropy



Cukrová řepa *Beta vulgaris*

- Čeleď Chenopodiaceae

Předek: *B. vulgaris* ssp.
maritima $2n=18$

Domestikace: JV
mediteránní oblasti

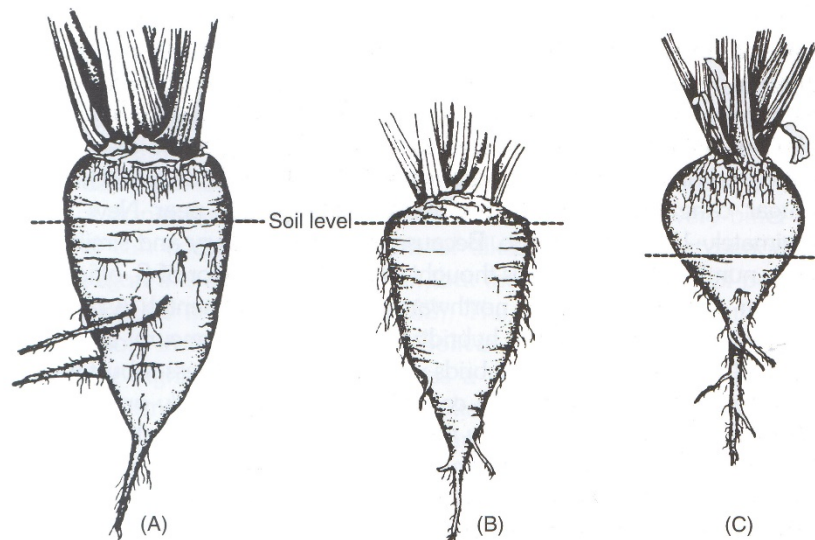
z Itálie do Evropy

USA 19. st.

Obsah cukru – od 17. st.

1. továrna ve Slezsku

Moderní odrůdy až 20%
cukru



Krmná

Cukrová



Cukrová třtina *Saccharum officinarum*

- **Předek. *S. robustum***

Počátek domestikace: Nová Guinea před 10 000 lety

Zpracování cukru: Indie před 3 000 lety

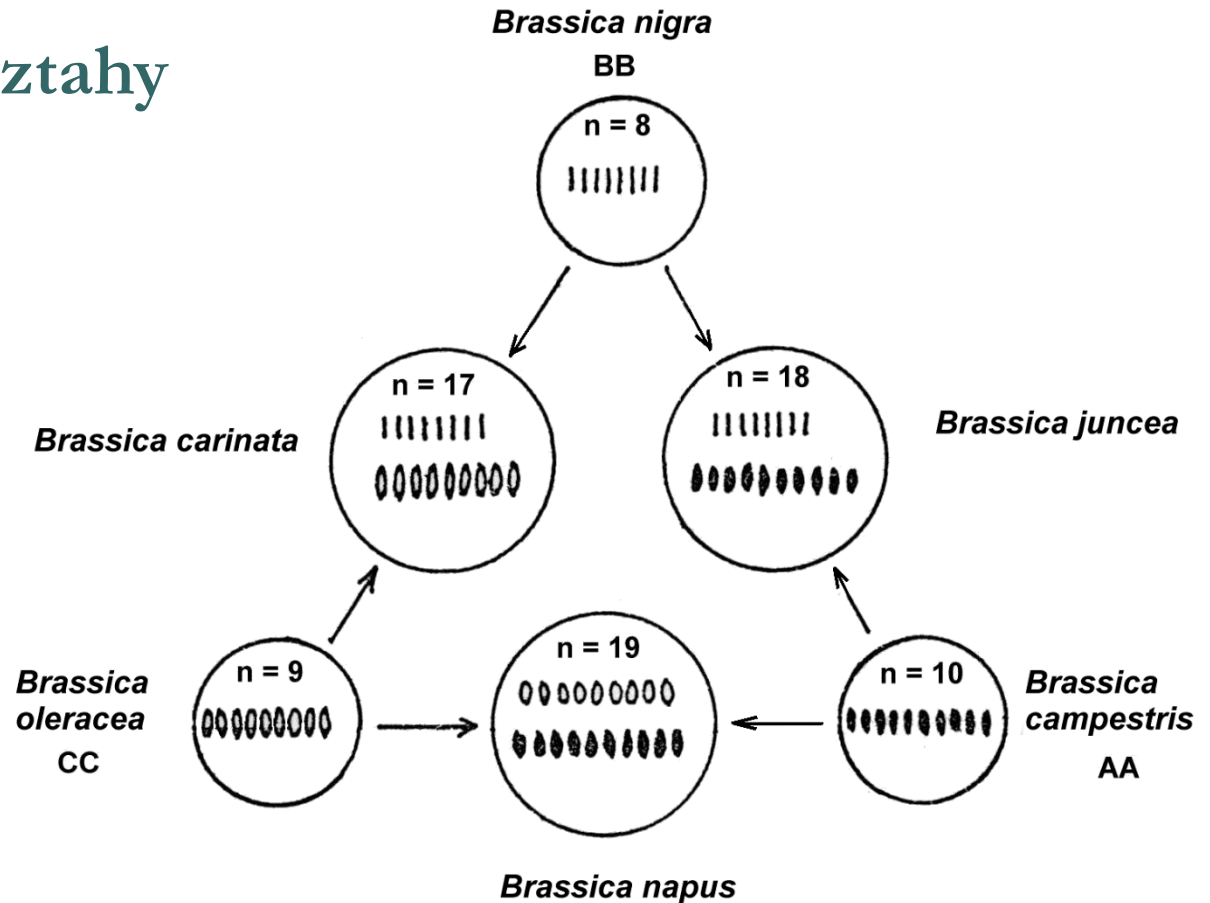
Evropa – z cest Alexandra Velikého do Asie

Amerika – konec 14. st.

Zdroj 50% světového cukru

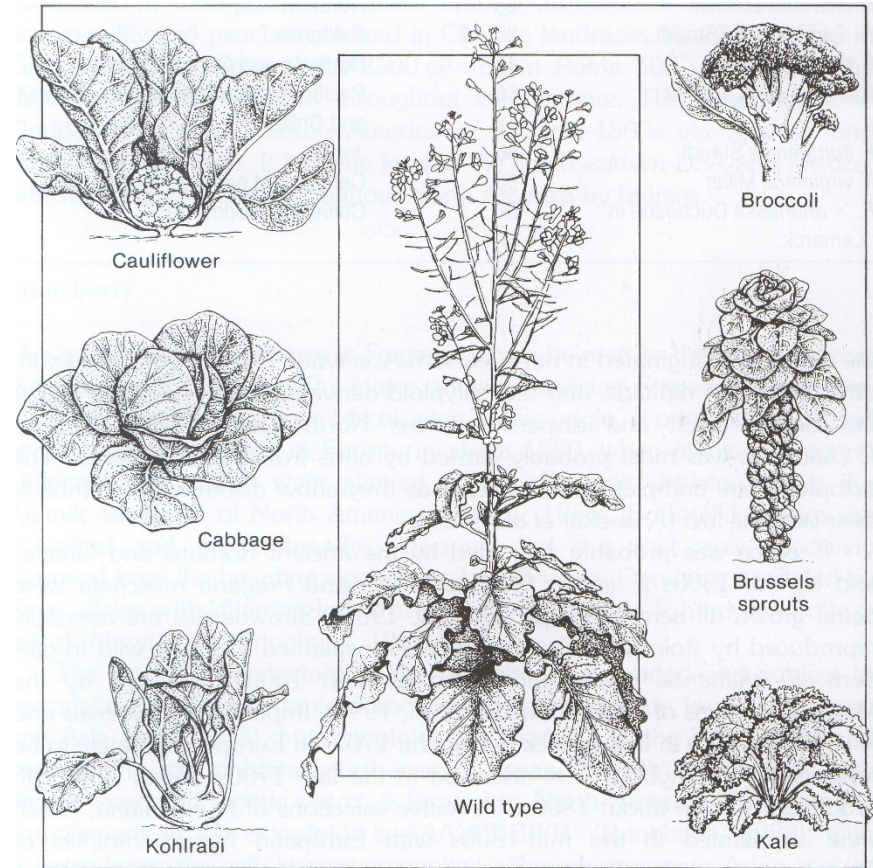
Rod *Brassica*

Genomové vztahy



Brassica oleracea

- Mediteránní oblast
Od Řecka po Anglii
Convariety:
zelí capitata
květák botrytis
brokolice italyca
kedlubna gongyloides
růžičková kapusta
 geminifera
kapusta sabauda



Paprika

Capsicum annuum

- Čeleď Solanaceae

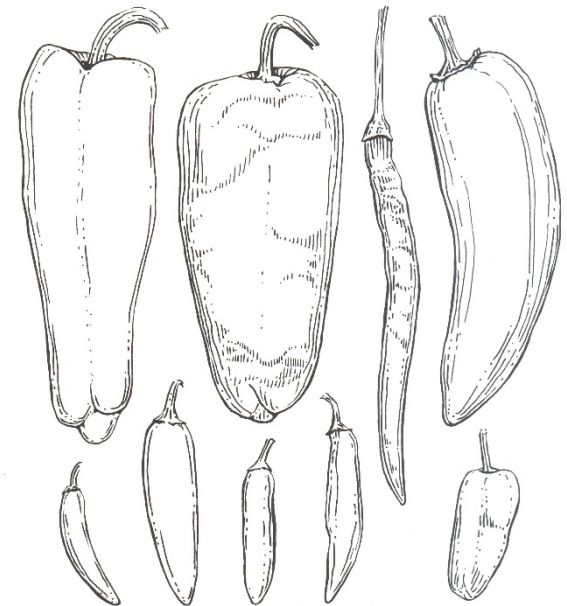
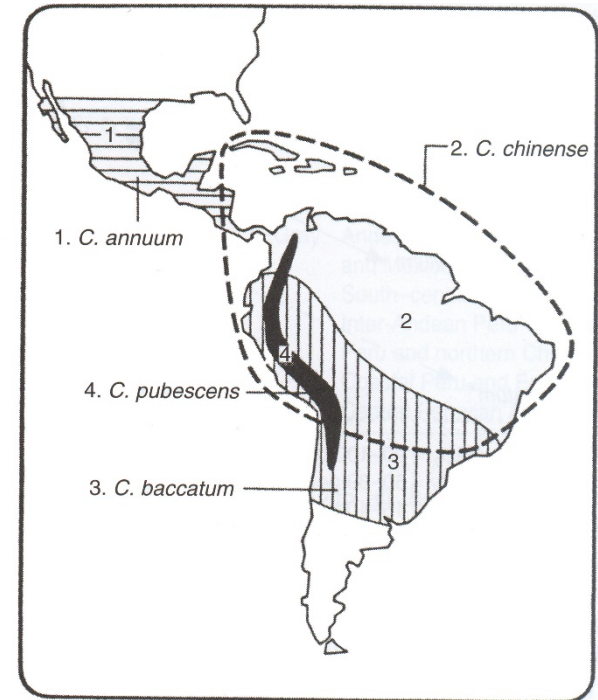
$2n=24$

5 kulturních druhů

Původ: Střední Amerika

Domestikace: Mexiko 4 000
let

Evropa – z Kolumbových cest



Rajče *Lycopersicon esculentum*

- **Čeled' Solanaceae**

Původ: Jižní Amerika, 9 planých druhů

Předek: *L. esculentum* var. *cesasiforme*

Autofertilní

Začátky domestikace: Mexiko

Evropa až začátek 19. st.

**Severní Amerika – několik desetiletí
později**

Domestikační znaky rostlin

- Omezení vypadávání semen
- Synchronizace dozrávání
- Minimalizace dormance (vegetační klid)
- Změna opylování na autogamii
- Jednoletý charakter růstu
- Ojediněle ztráta tvorby semen (banány)

Shrnutí genů pro domestikální znaky

Kukuřice

Tb-1 Teosinte branched – architektura
rostliny

Tga-1 Teosinte glume architecture – tvorba
pevného osemení

Ječmen

Šestiřadost klasu 5 genů *Vrs-1*

Bezpluchatost 1 gen

Rýže

Sh4 Shattering omezení vypadávání
semen

Sh1 lepší výmlat

Absence amylózy lepivost vařené rýže

Doba do kvetení krátký den

Zvládnutí poznatků v následujících oblastech

- Definovat pojmy evoluce, domestikace a šlechtění rostlin.
- Dopad domestikace na rostliny.
- Porovnat a najít rozdíly mezi domestikací a evolucí.
- Srovnat evoluci a šlechtění rostlin.
- Genová centra původu kulturních druhů.
- Šlechtění rostlin jako průmysl.