

Epigenetická paměť v ekologii a evoluci rostlin

Jarní přednáškový cyklus
ČBS a PřF UK 2019



Vítek Latzel

Jarní přednáškový cyklus
ČBS a PřF UK 2019

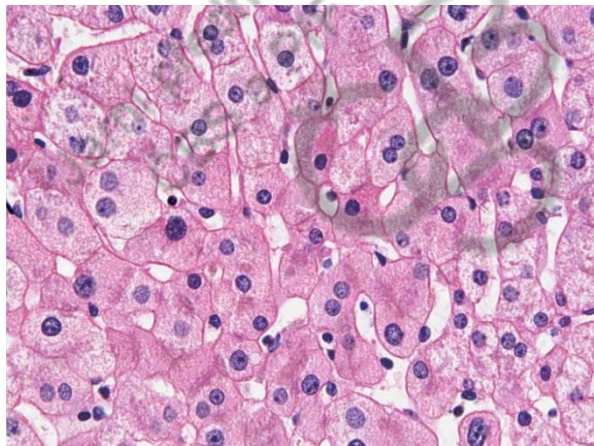


**BOTANICKÝ
ÚSTAV AV ČR**
v.v.i.

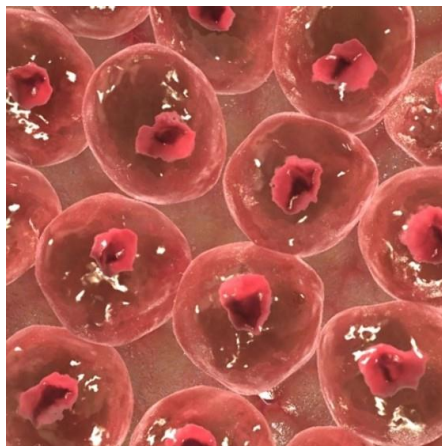
Epigenetika

Věda zabývající se změnami v expresi genů.

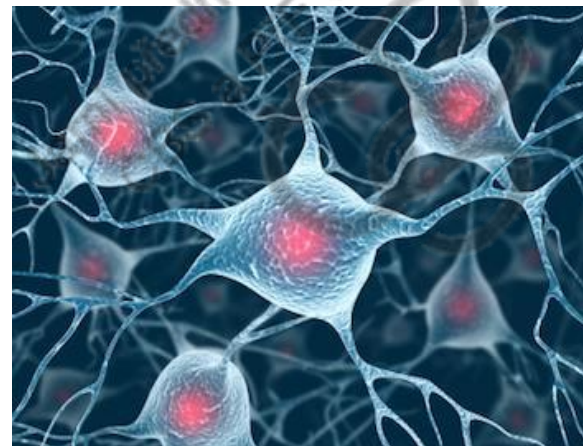
Lidské tělo – jedna DNA, ale buňky velmi rozdílné



Jaterní buňky



Kožní buňky



Nervové buňky

Včely – identická DNA, ale odlišný osud

honeybee
(*Apis mellifera*)



worker



queen



drone

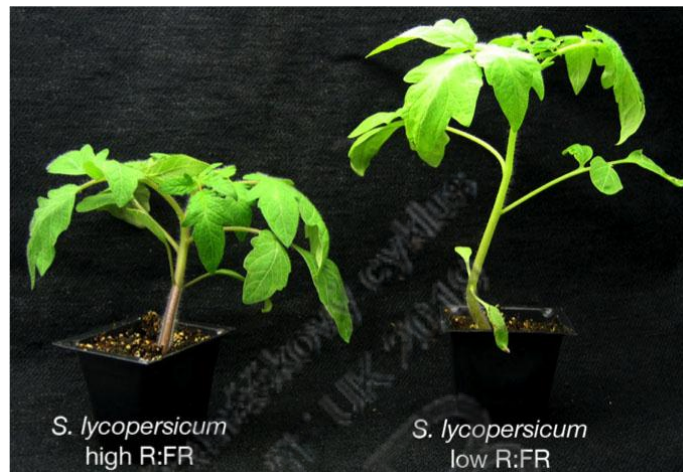
Epigenetika – fenotypová plasticita

Genotyp (soubor všech genů) může mít širokou škálu **fenotypů** – tedy jak jedinec vlastně vypadá,
Jedna DNA – mnoho podob

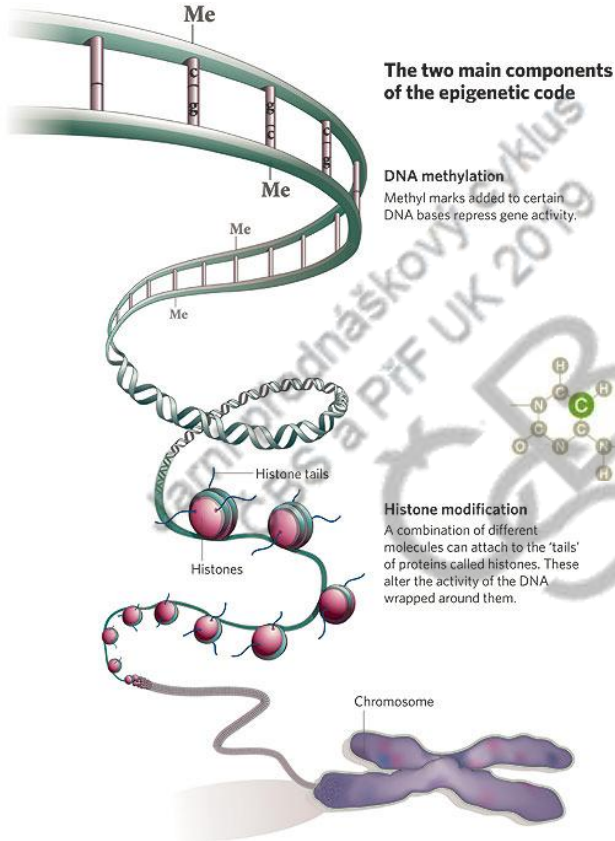
Rozdíly díky regulaci exprese genů –
tedy **epigenetickými procesy**

Jeden ze základních předpokladů – během
života získané epigenetické vlastnosti se
nepředávají do následných generací

Sexuální reprodukce jako bariéra



Epigenetická variabilita



Metylace DNA

Metylové skupiny navázány na cytosin většinou potlačují genovou aktivitu

Modifikace histonu

Kombinace odlišných molekul se může navázat na „ocásky“ histonů, což následně ovlivňuje aktivitu DNA

Hlavní složky epigenetického kódu:

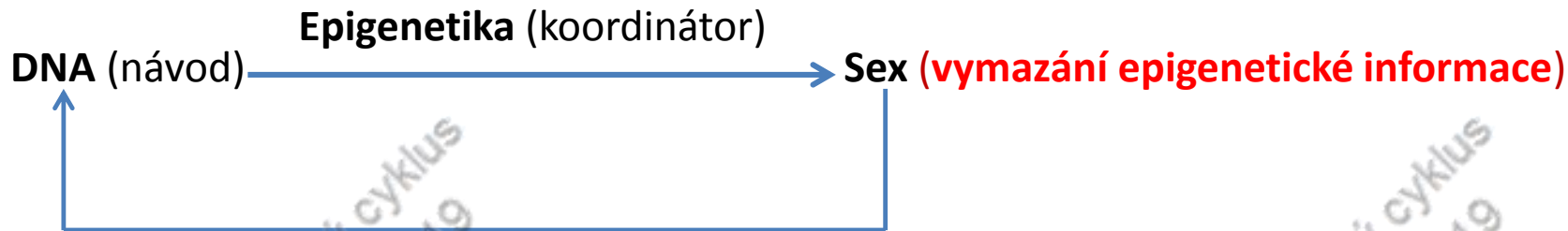
Acetylace

Ubiquitinace

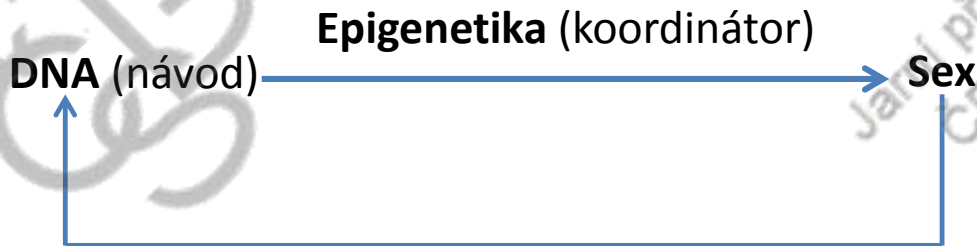
Metylace

Fosforylace

Epigenetika v evoluci



Přírodní variabilita řízena sledem bází DNA

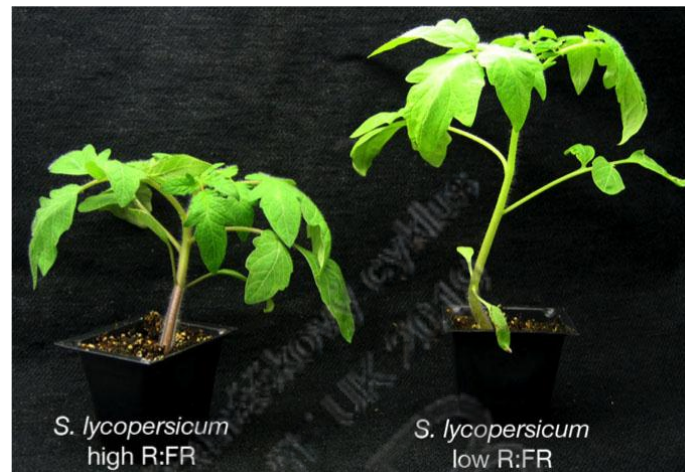


Přírodní variabilita řízena sledem bází DNA + **epigenetickou variabilitou**

Epigenetická variabilita = dědičná variabilita bez změny sekvence DNA

Epigenetika v evoluci

Tyto rostliny mají stejné DNA, ale velmi pravděpodobně mají jiný **epigenom**



Epigenetika v ekologii a evoluci rostlin

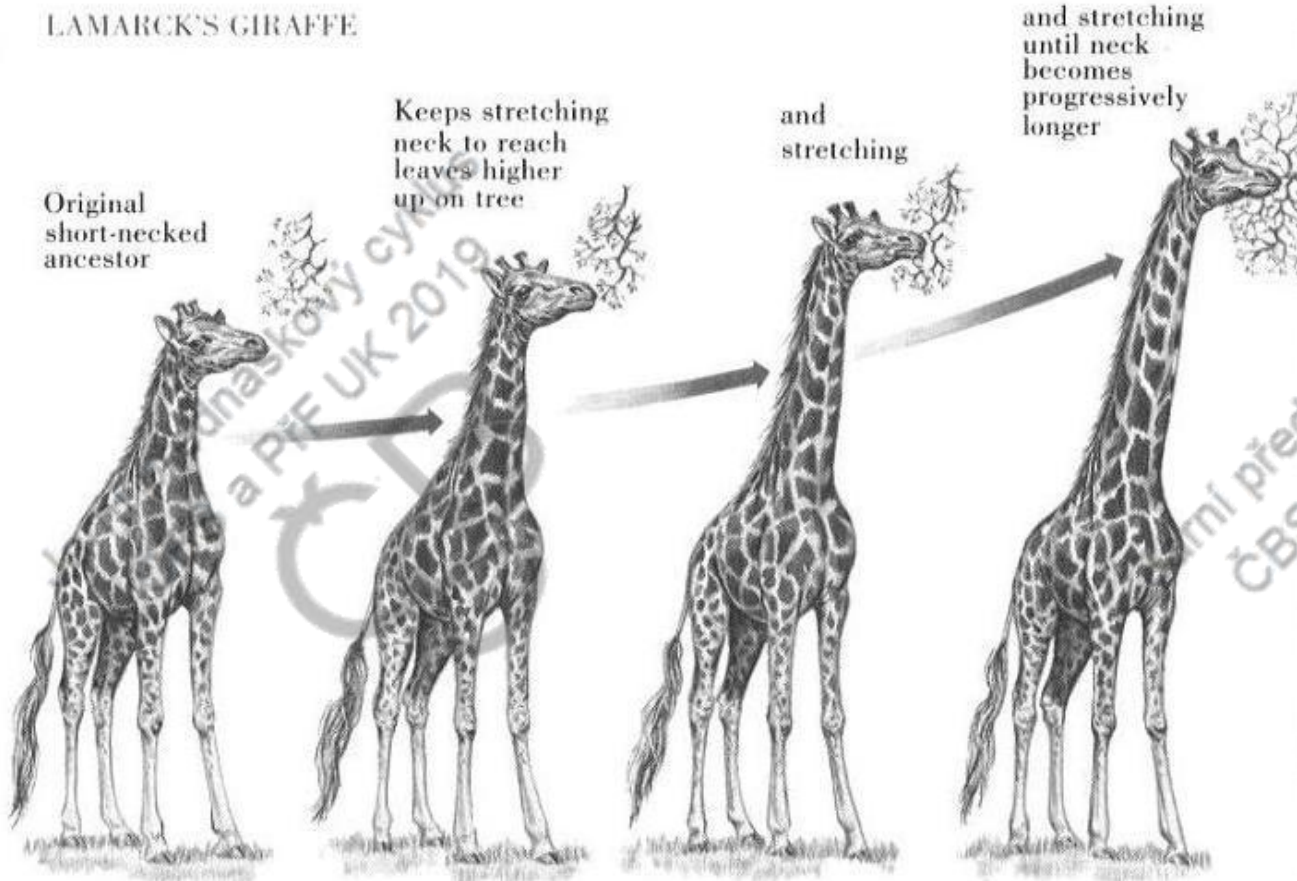
Epigenetická variabilita – umožňuje úspěšně reagovat na změnu podmínek prostředí (růst za světlem, větší kořenový systém v živinami chudých půdách apod.)

Pokud se část epigenetické informace předává přes generace, co to znamená pro ekologii a hlavně pro evoluci?

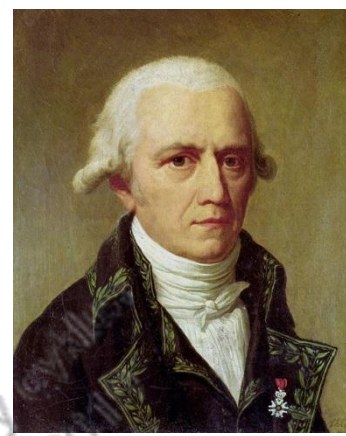
1. Dědičná variabilita nemusí být jen výsadou sledu bází DNA
2. Některé **získané vlastnosti během života** se mohou dědit (**zděděný fenotyp**) – Lamarckismus!!!

Jean-Baptiste Lamarck

LAMARCK'S GIRAFFE



Driven by inner "need"

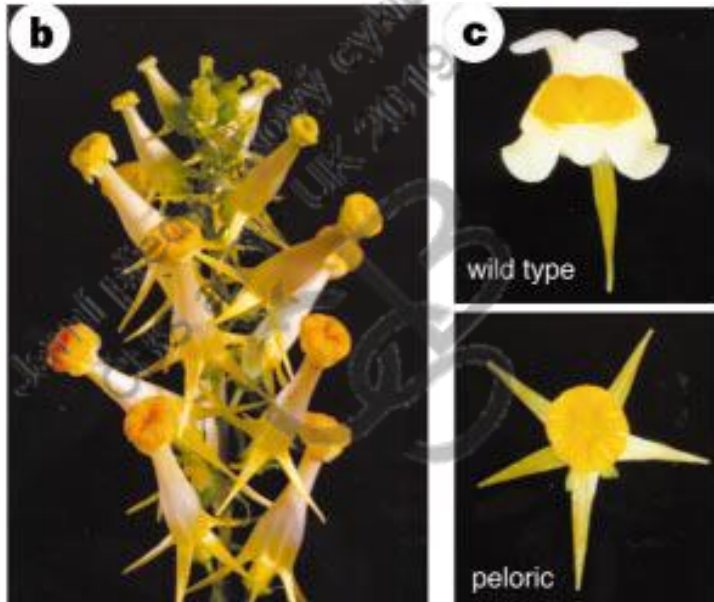


dnaskový cyklus
a PŘF UK 2019

ímí přednáškový
ČBS a PŘF UK 20

Epigenetická variabilita a zděděný fenotyp

Linaria vulgaris



Epigenetická variabilita a zděděný fenotyp

Důležité – zjistit, jak důležitou úlohu má epigenetická dědičnost ve fenotypové variabilitě

Problém

Důsledky epigenetické variability se protínají a interagují s důsledky variability DNA, tudíž se **role obou systémů velmi těžko oddělují**

Řešení

Pracovat s organismy, kde se **DNA mezi generacemi nemění**– klonální organismy nebo organismy, které se mohou oplodnit sami

Epigenetická variabilita a zděděný fenotyp



Arabidopsis thaliana

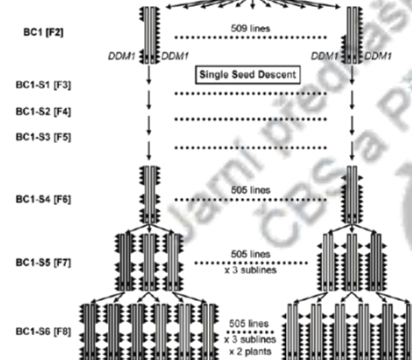
EpiRILs – epigenetic recombinant inbred lines

mutantní matka v *ddm1/ddm1*



Normální otec v *DDM1/DDM1*

Dcera *ddm1/DDM1*

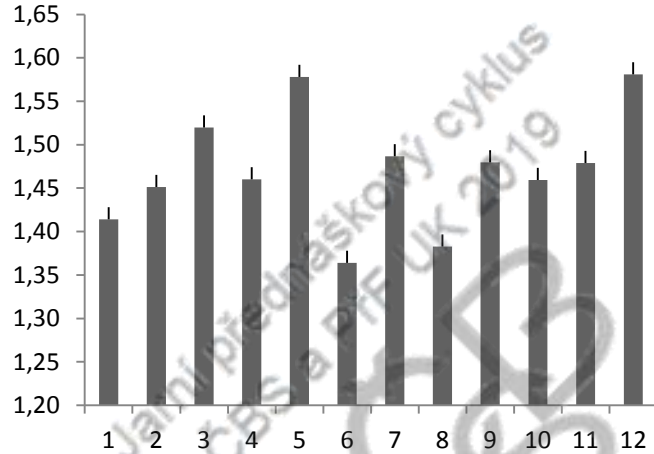


Normální potomci v *DDM1/DDM1*
variabilní v metylaci genomu

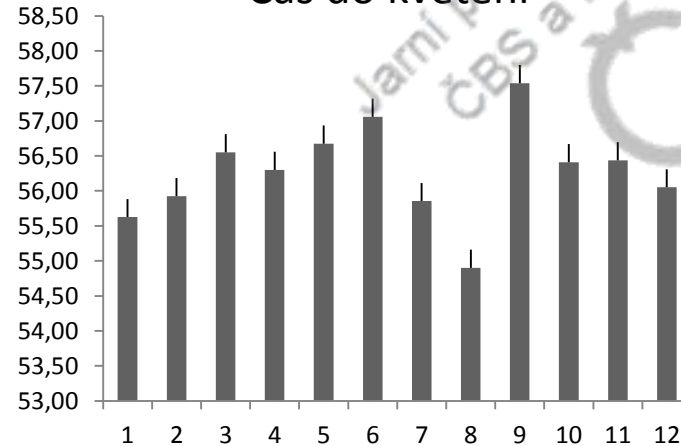


Epigenetická variabilita a zděděný fenotyp

Růstová rychlost

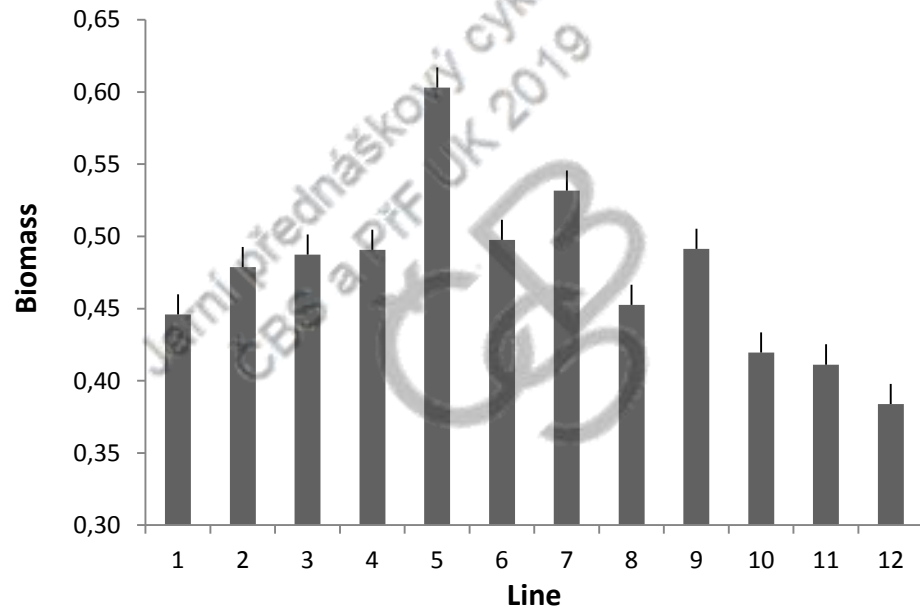


Čas do kvetení

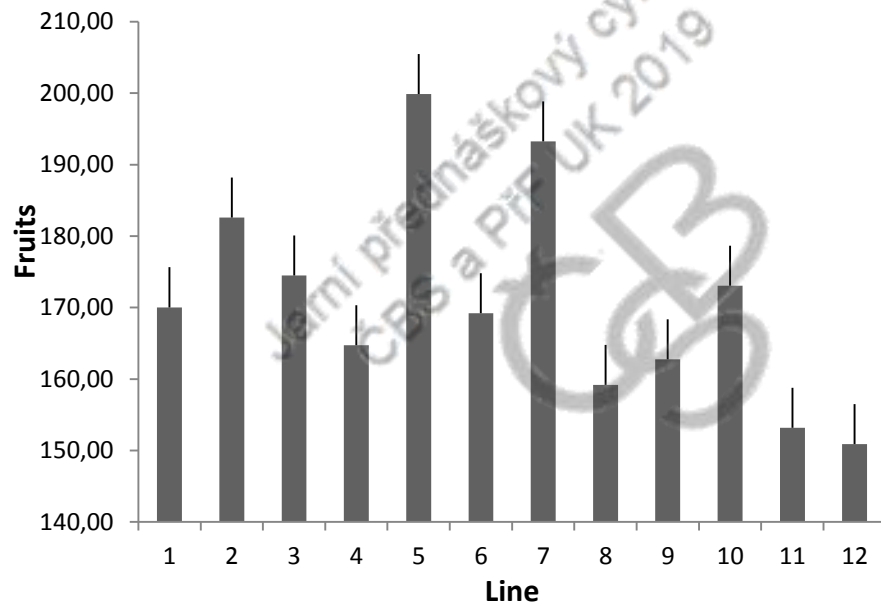


Epigenetická variabilita a zděděný fenotyp

Produkce biomasy

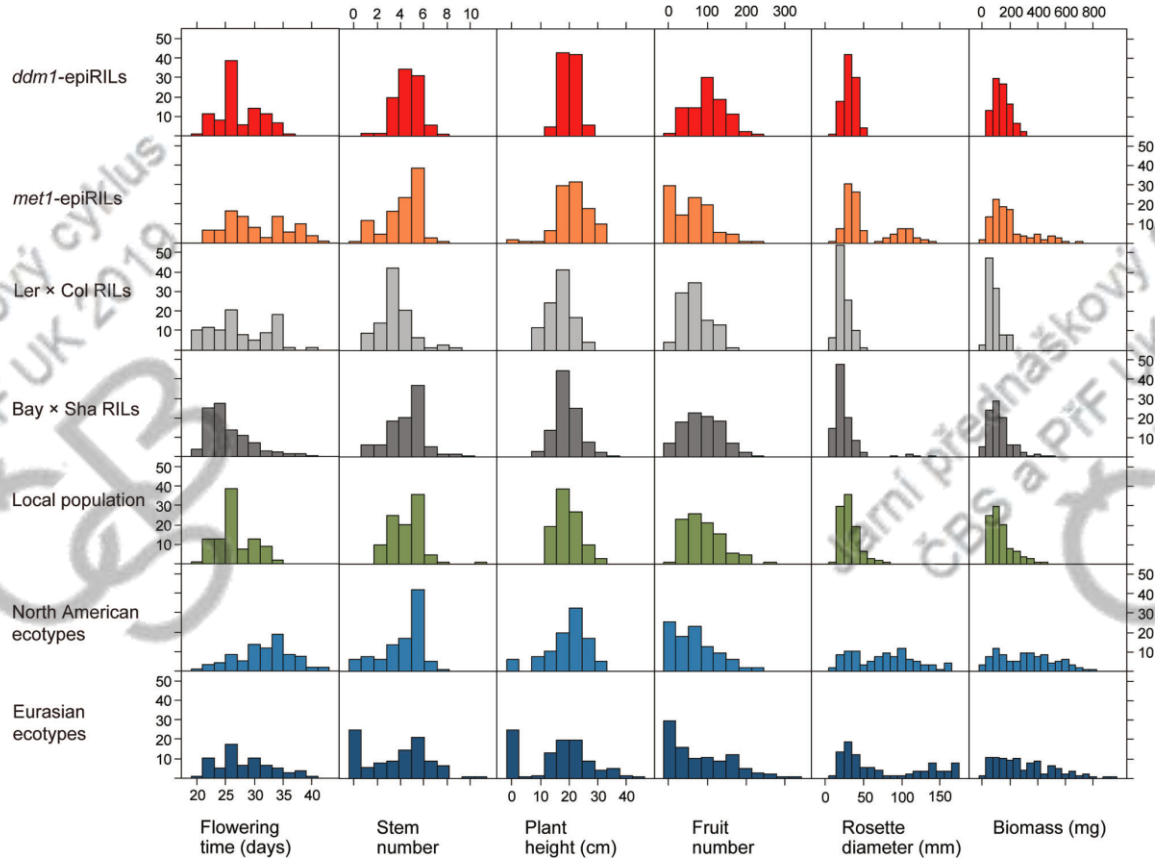
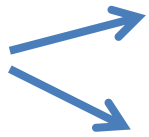


Produkce semen



Variabilita epiRILs vs přírodní genetická variabilita

EpiRILs

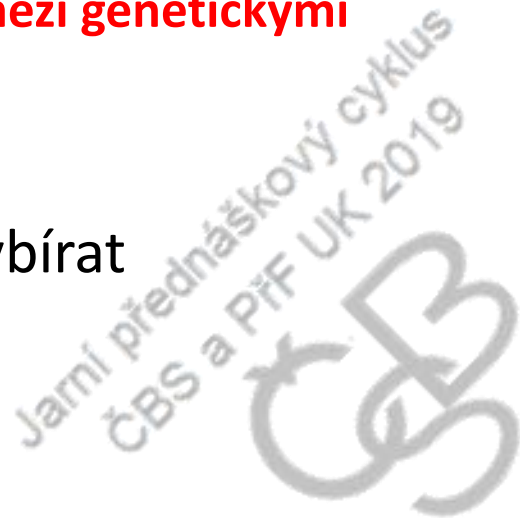
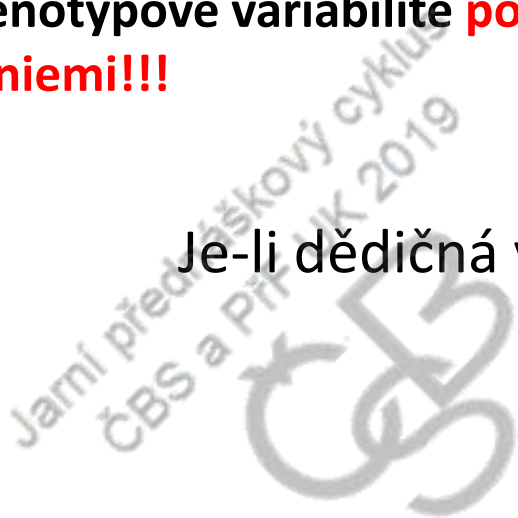


Epigenetická variabilita a evoluce

Změna epigenetické informace může být stabilní a vést ke značné fenotypové variabilitě **podobné jakou nacházíme mezi genetickými liniemi!!!**

Je-li dědičná variabilita, je z čeho vybírat

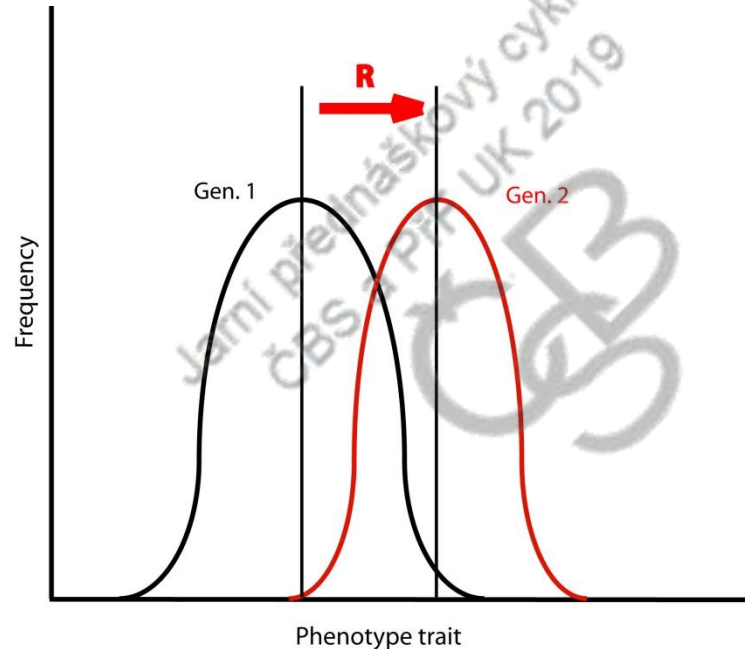
Evoluce????????



Epigenetická variabilita a evoluce

Jak dokázat evoluci? → Selekční experiment

Identické populace zažívají rozdílná prostředí a sleduje se, zda po X generacích jsou některé linie preferovány (**selektovány**) v určitých podmínkách – dochází ke změně populace, populace se vyvíjí - **evoluce**

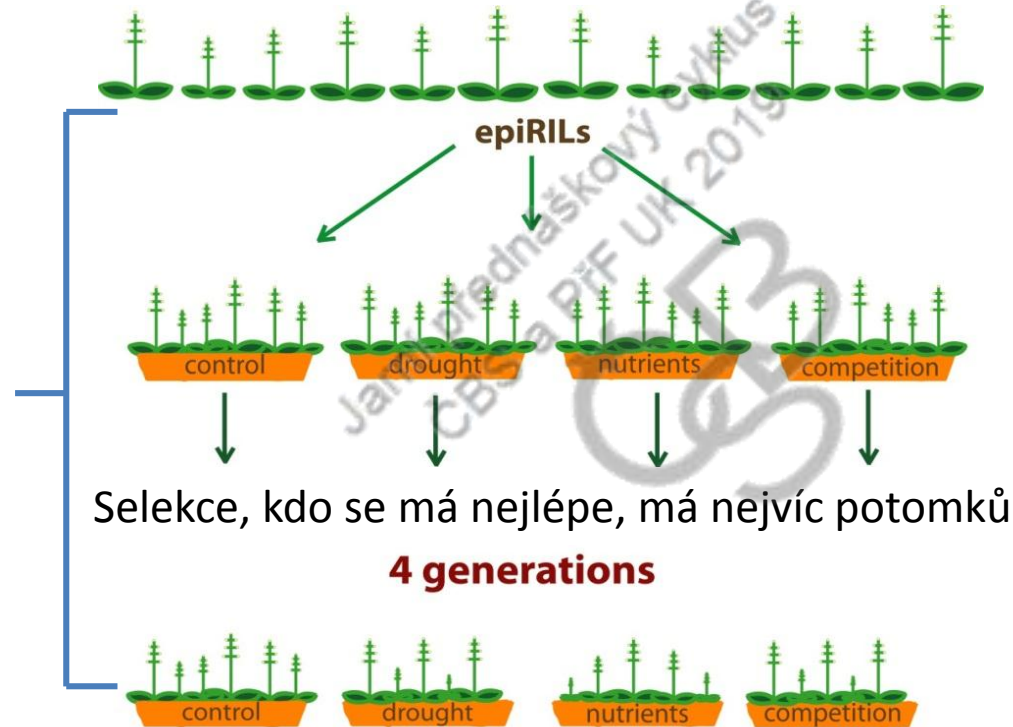


Epigenetická variabilita a evoluce

100 populací, všechny o stejné kompozici – **30 epiRILs**, každá linie representována 3 semeny, tyto populace do 4 prostředí

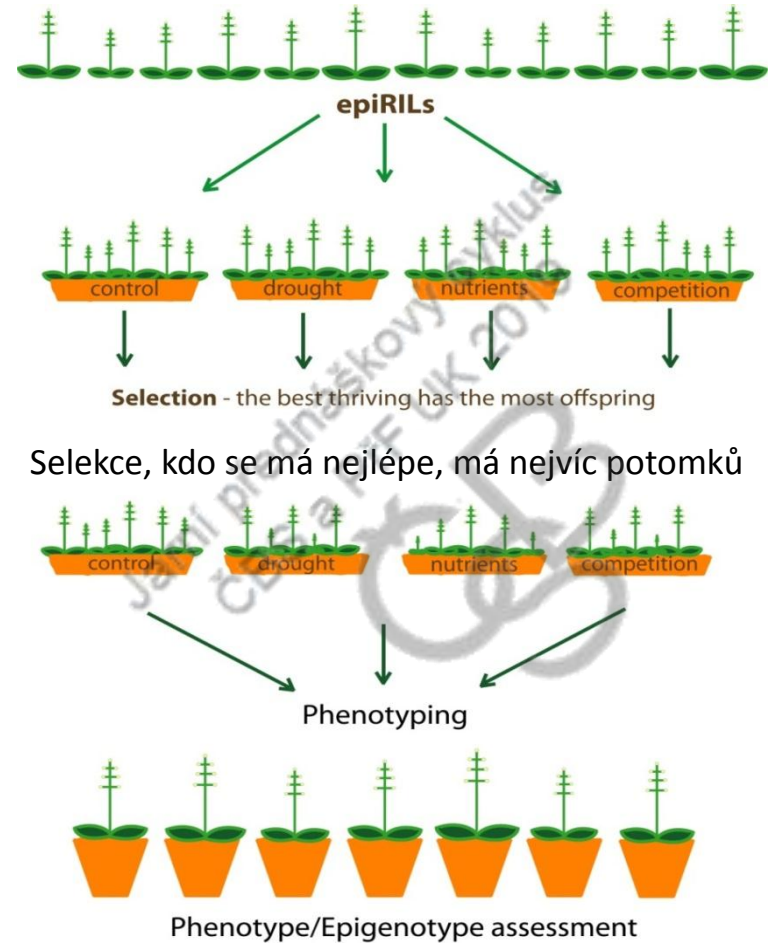
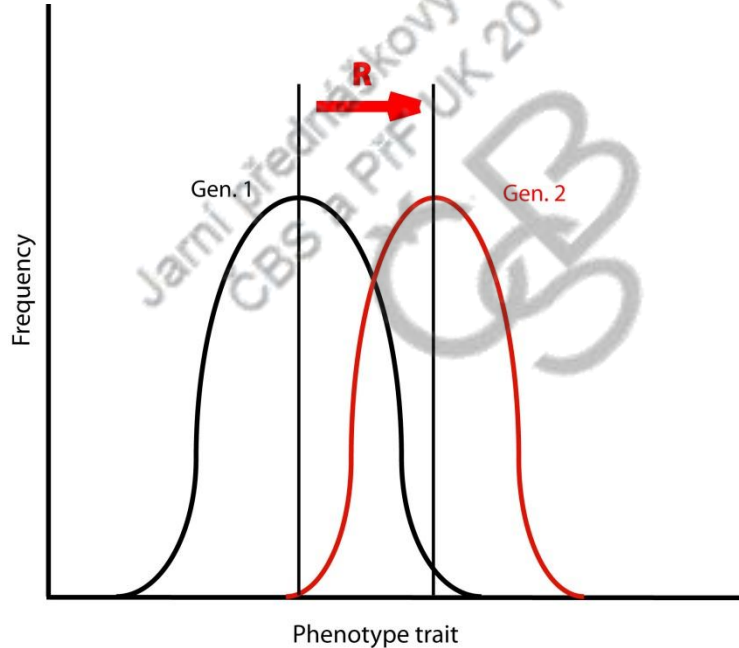
Selekční prostředí:

sucho, zvýšená hladina živin,
kompetice, kontrola



Epigenetická variabilita a evoluce

Po **4. generacích** sledováno, jak se změnil průměrný fenotyp a kompozice linií v každé populaci



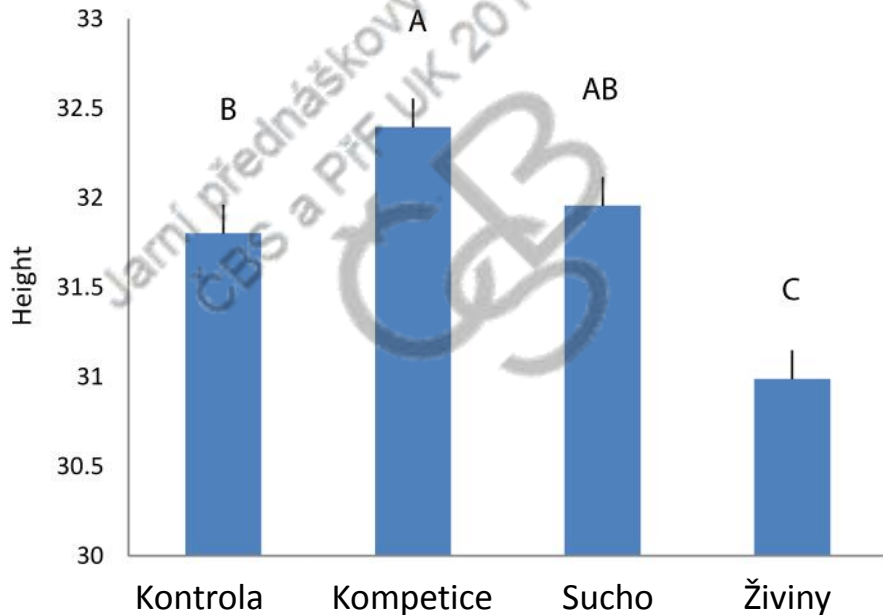
Selekce, kdo se má nejlépe, má nejvíc potomků



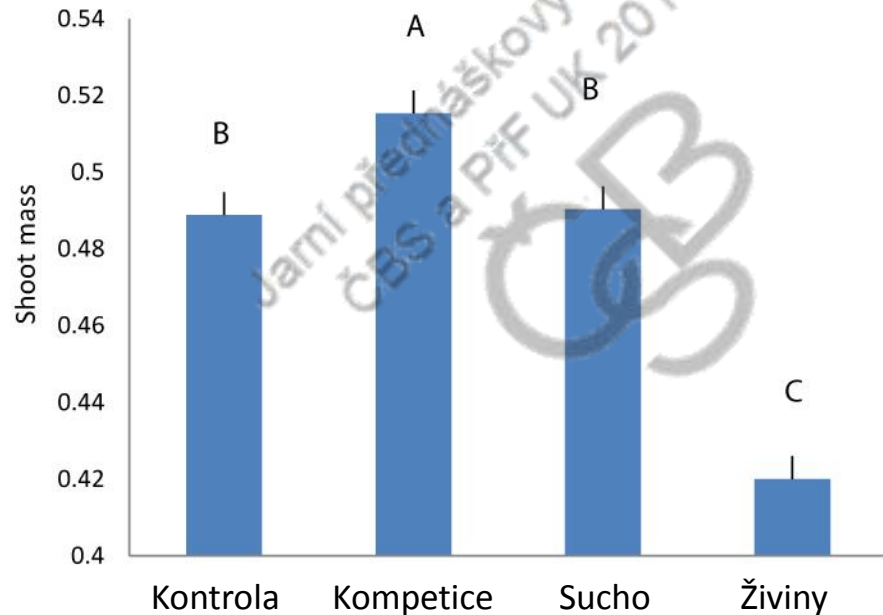
Epigenetická variabilita a evoluce

Průměrné hodnoty pro populace z různých prostředí po 4 generacích selekce

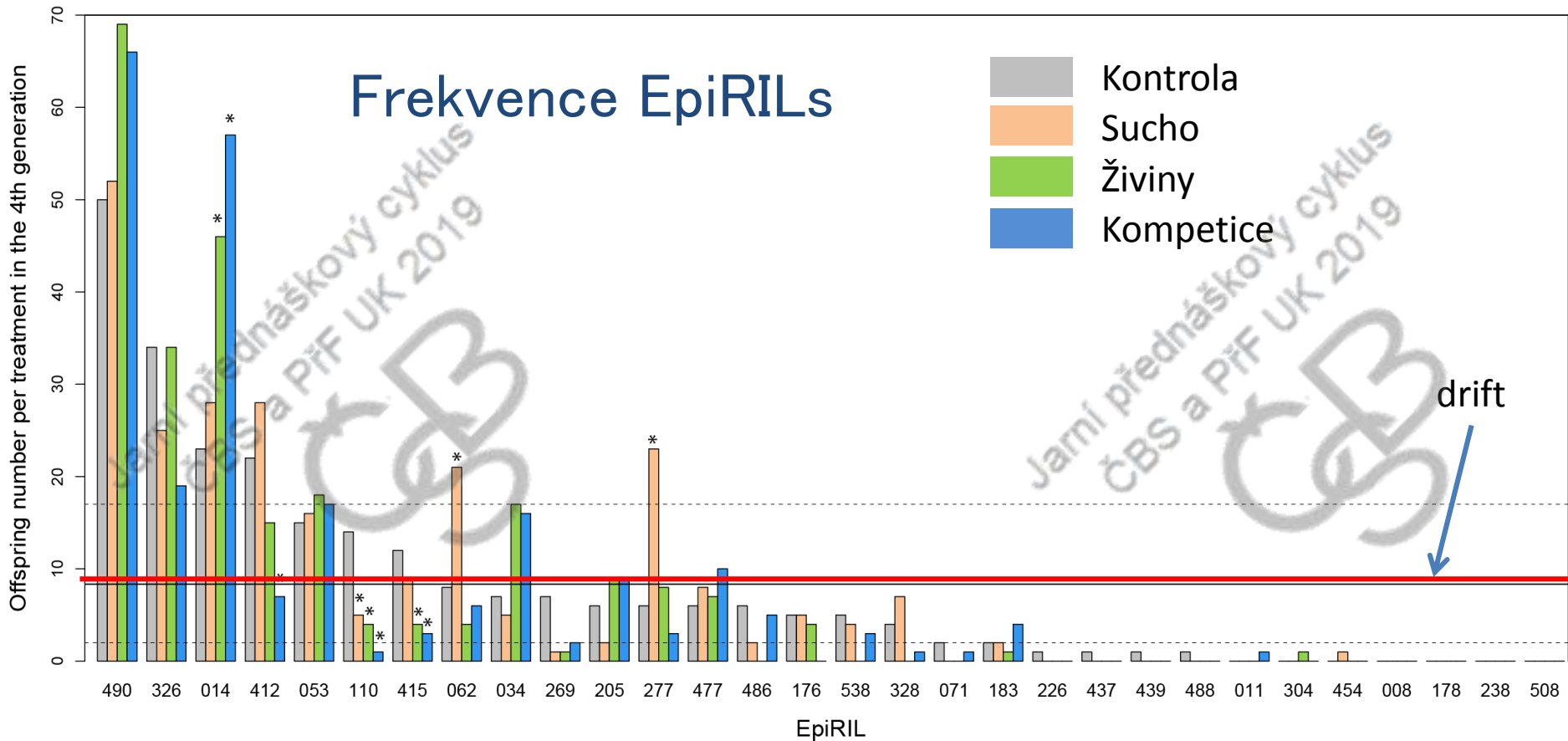
Výška rostlin



Biomasa rostlin



Epigenetická variabilita a evoluce



Epigenetická variabilita a evoluce

Přírodní výběr může probíhat na bázi epigenetické variability

Evoluce může probíhat i bez variability DNA

Možný důsledek

Evoluce může probíhat rychleji, než si myslíme

1. Dva systémy vytvářející dědičnou variabilitu, možná interakce
2. Epimutace stejně časté (spíše častější) jako genetické mutace
3. Utajené genetické mutace – vypnuté geny nejsou tak důkladně kontrolovány opravnými mechanismy

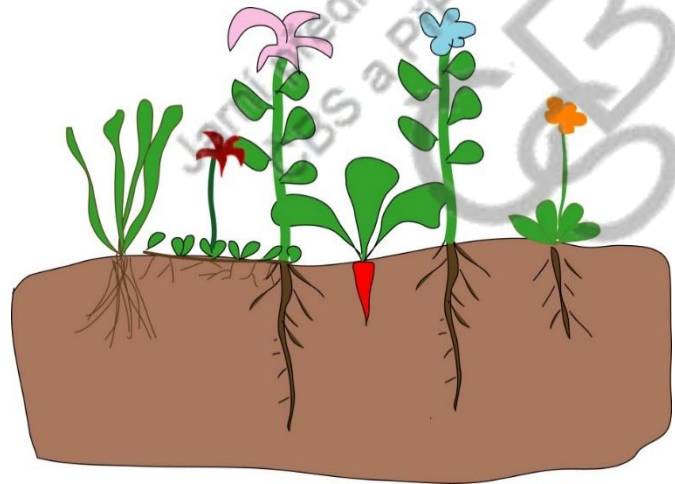
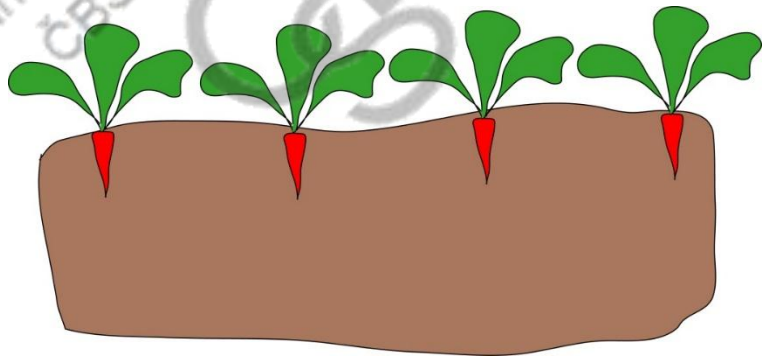
Evoluce může probíhat pomaleji, než si myslíme

1. Epigenetická variabilita negativně interaguje s genetickou variabilitou
2. Epigenetická variabilita není dostatečně stabilní – není čas na genetickou asimilaci

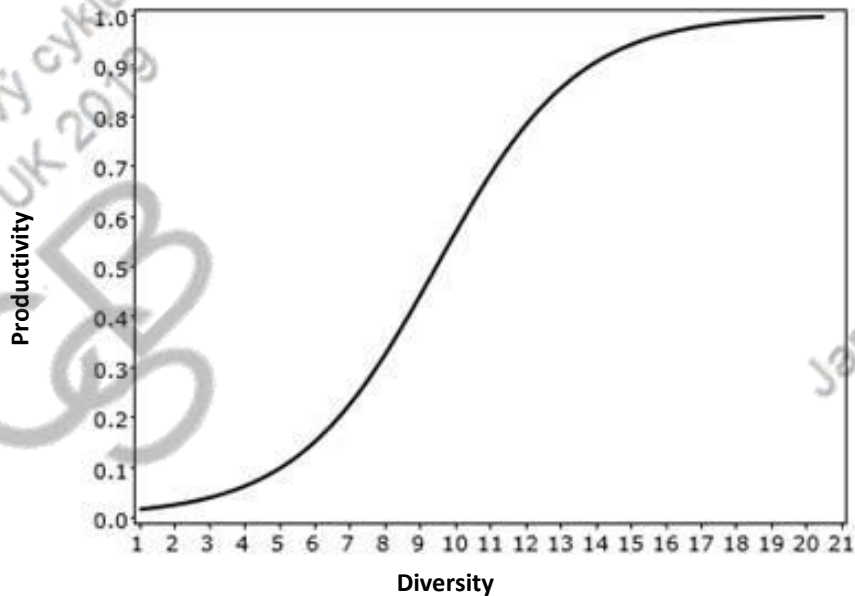
Variabilita určuje diverzitu

Biologická diverzita (biodiverzita) – důležitá charakteristika populací a ekosystémů, **zajišťuje stabilitu ekosystémů!**

Čím více odlišných forem ve společenstvu, tím větší šance, že nějaká forma dokáže odolat změně podmínek a každá forma využívá trochu jiné zdroje.



Diverzita a fungování ekosystémů



Epigenetická diverzita a fungování ekosystémů

Epigenetická diverzita dokumentována z přírodních populací!!!!

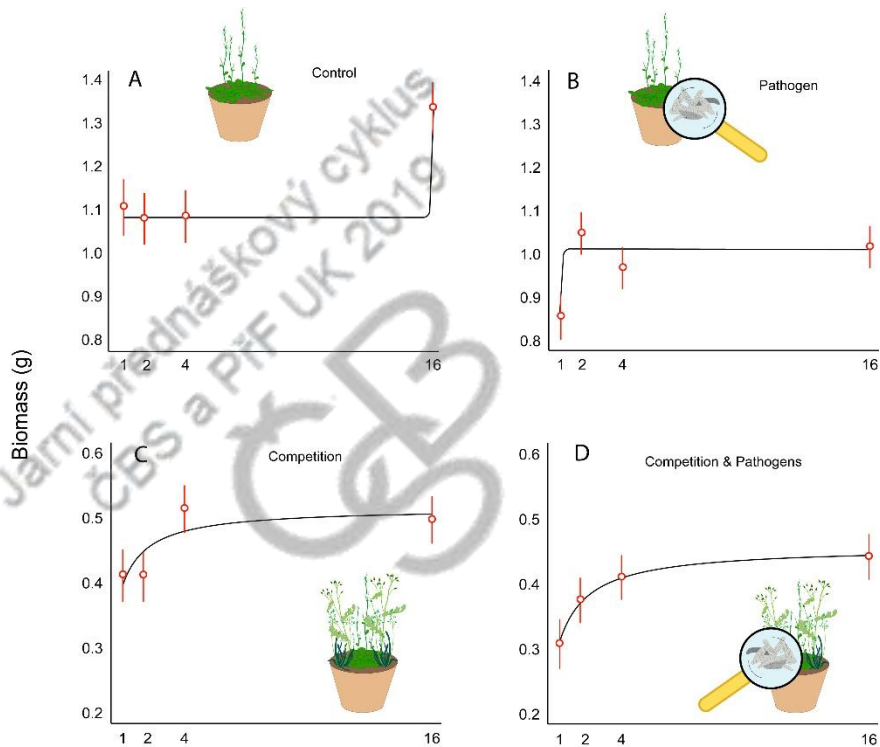


Epigenetická diverzita a fungování ekosystémů

608 populací, více jak 29 tisíc semen

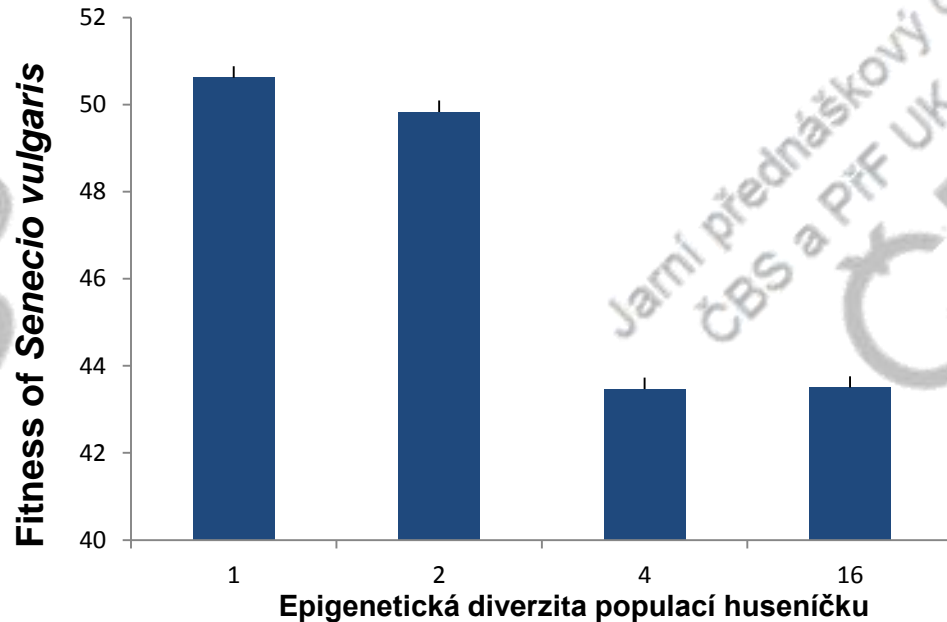


Epigenetická diverzita a fungování ekosystémů



Epigenetická diverzita a fungování ekosystémů

Vliv epigenetické diverzity huseníčku na kvetení *Senecio vulgaris*



Epigenetická diverzita a fungování ekosystémů

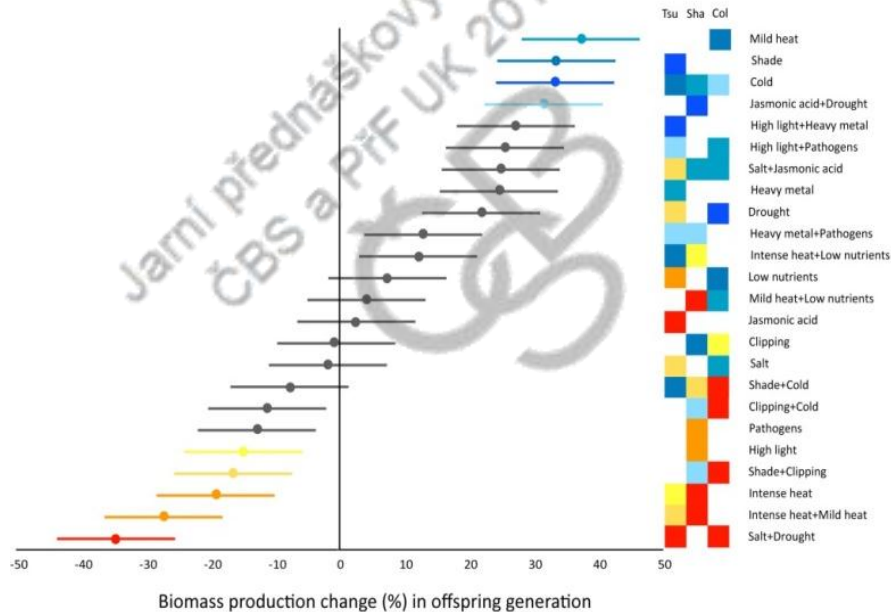
Nejen druhová či genetická diverzita, nýbrž i **epigenetická diverzita hraje důležitou pozitivní úlohu v ekologii společenstev**

Epigenetická diverzita ovlivňuje vnitrodruhové i mezidruhové interakce a tudíž i **evoluční procesy!**

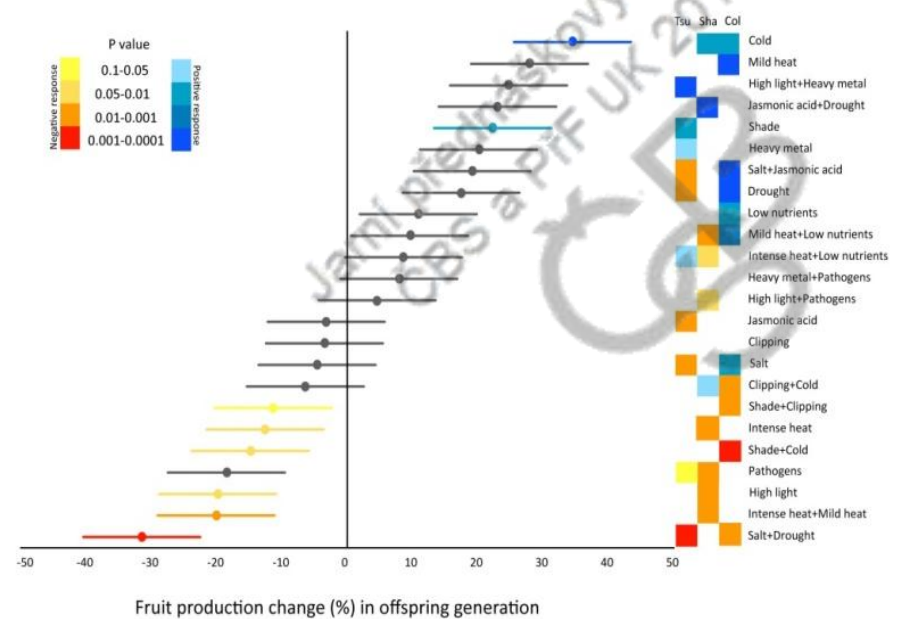
Některé další příklady ekologických důsledků negenetické paměti rostlin: mezigenerační plasticita

A. thaliana

Biomasa



Semena



Některé další příklady ekologických důsledků negenetické paměti rostlin: mezigenerační plasticita

Trifolium repens

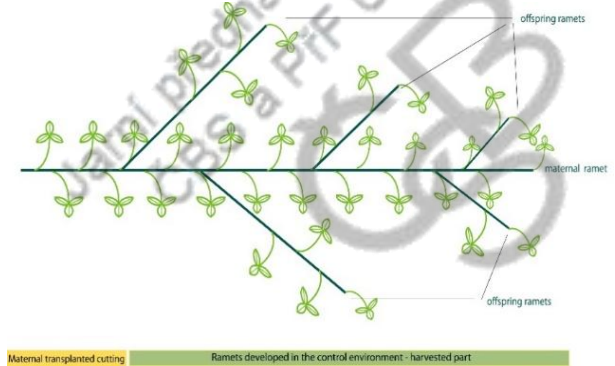


Kontrola
(+ azacytidine)



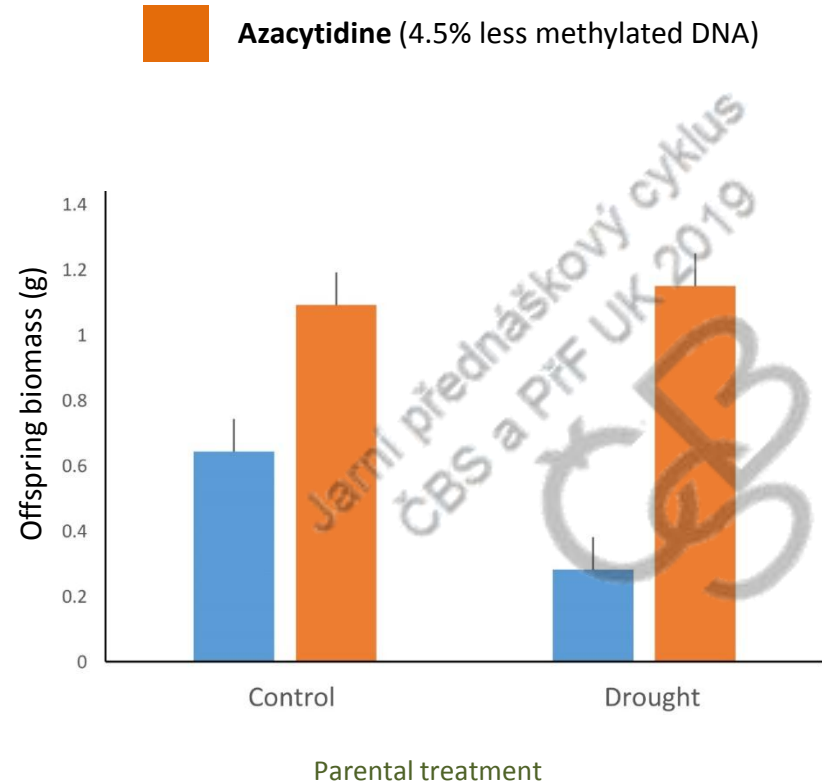
Sucho
(+ azacytidine)

5-azacytidine – odstraňuje epigenetické značky na DNA



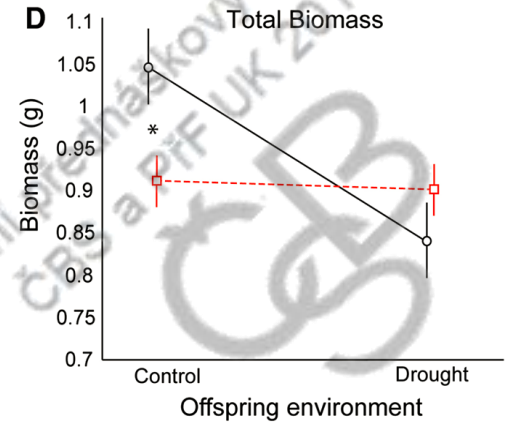
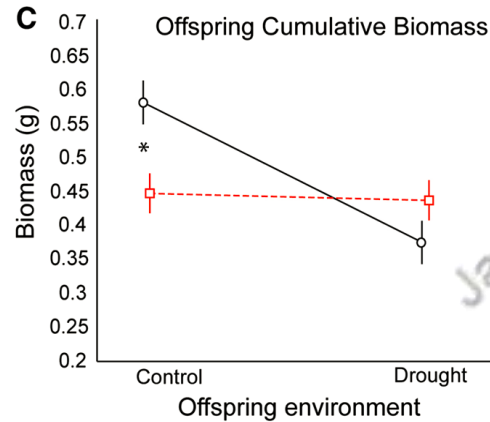
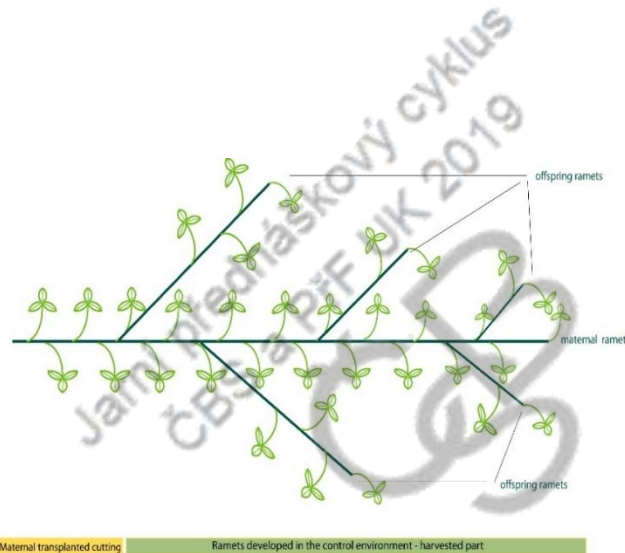
Kontrola

Některé další příklady ekologických důsledků negenetické paměti rostlin: mezigenerační plasticita



Některé další příklady ekologických důsledků negenetické paměti rostlin: mezigenerační plasticita

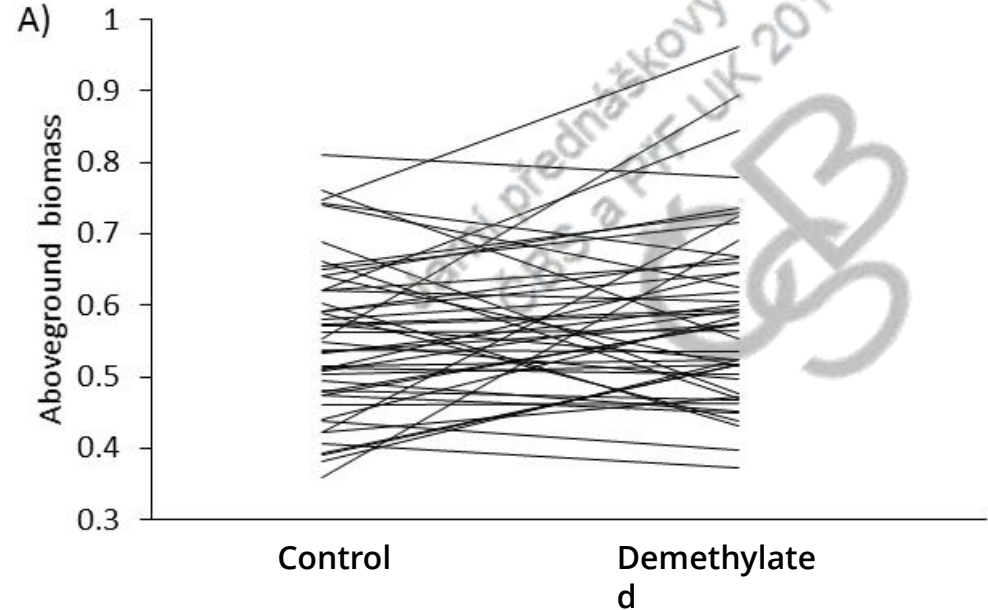
Trifolium repens



○ Control Parental environment
□ Drought Parental environment

Některé další příklady ekologických důsledků negenetické paměti rostlin: mezigenerační plasticita

Festuca rubra – 24 genotypů, původ: odlišné vodní a teplotní podmínky

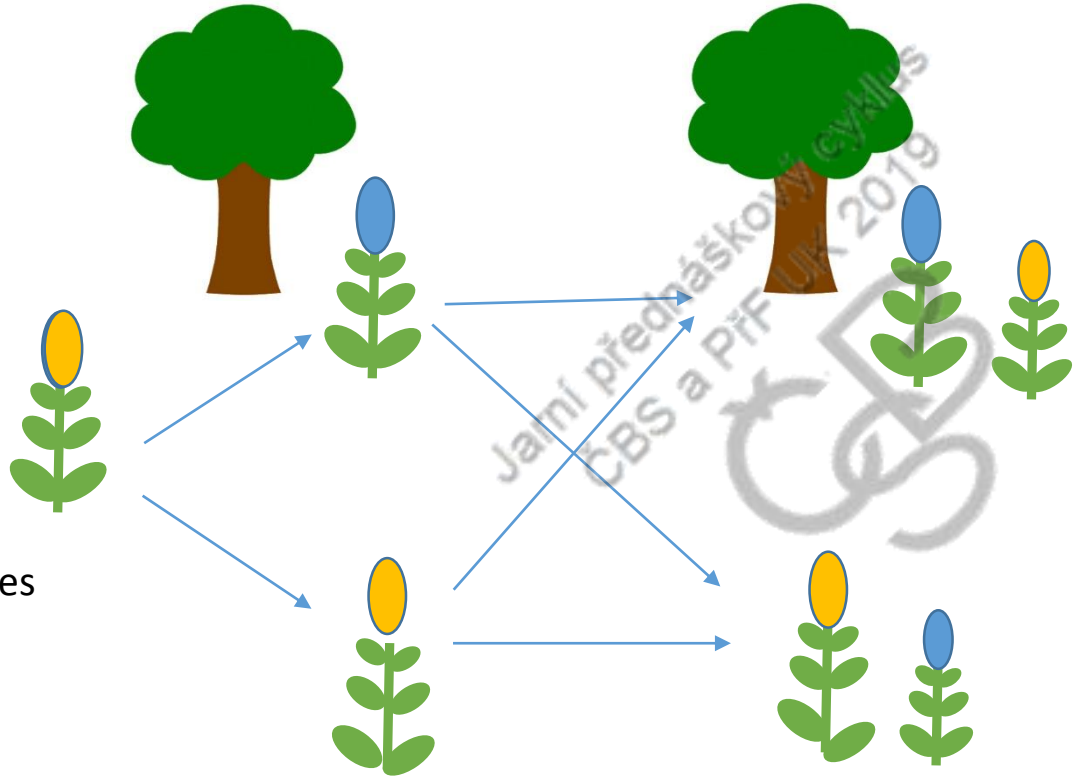


Některé další příklady ekologických důsledků negenetické paměti rostlin: mezigenerační plasticita



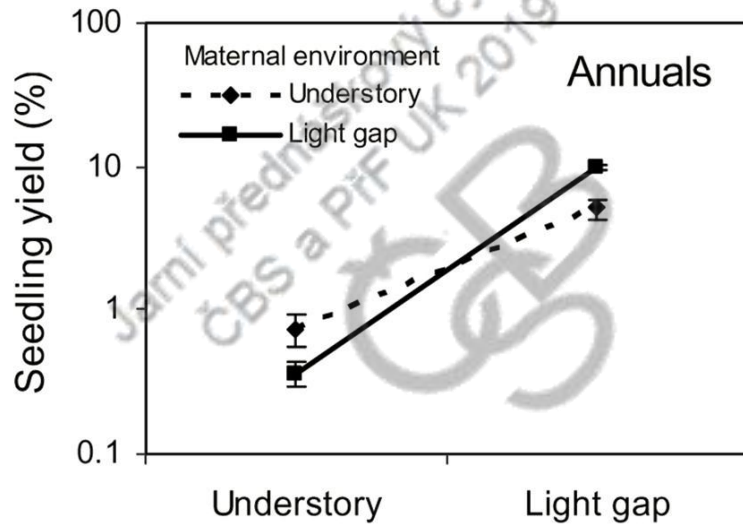
Campanulastrum americanum

71
families

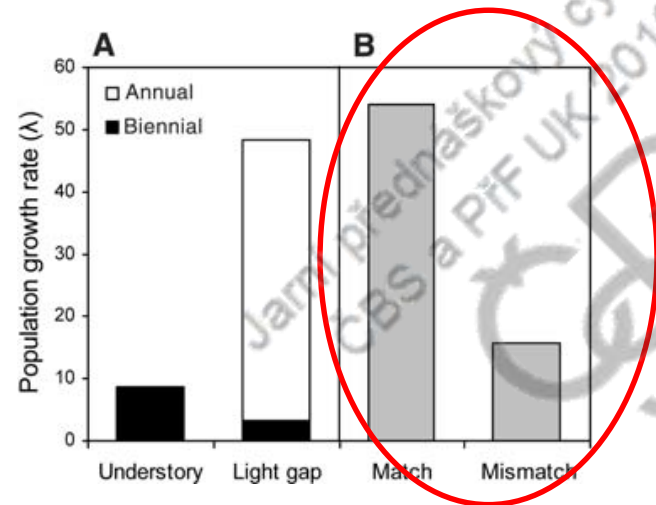


Některé další příklady ekologických důsledků negenetické paměti rostlin: mezigenerační plasticita

Klíčivost

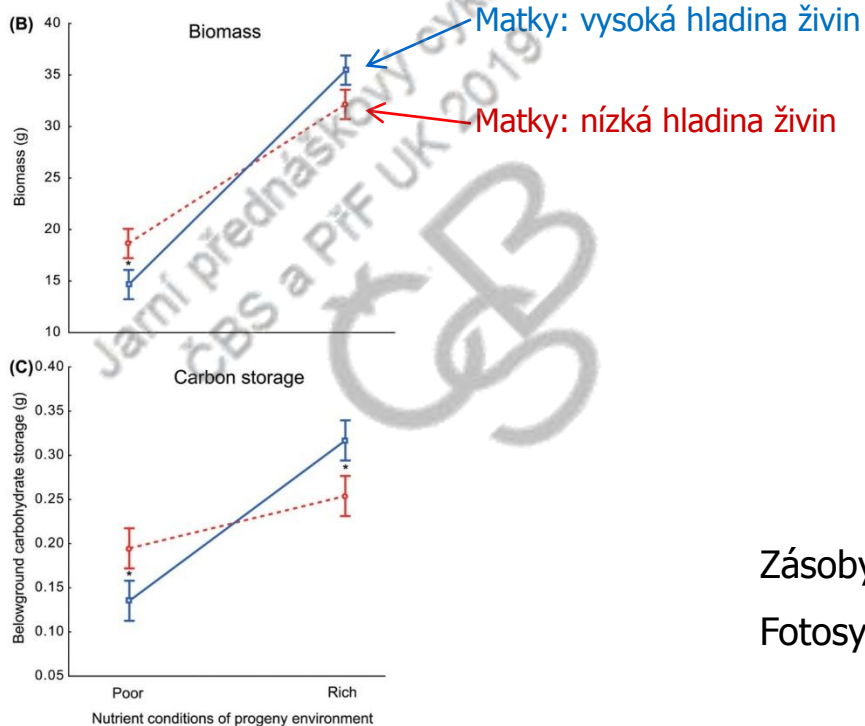


Populační dynamika



Některé další příklady ekologických důsledků negenetické paměti rostlin: mezigenerační plasticita

Plantago lanceolata



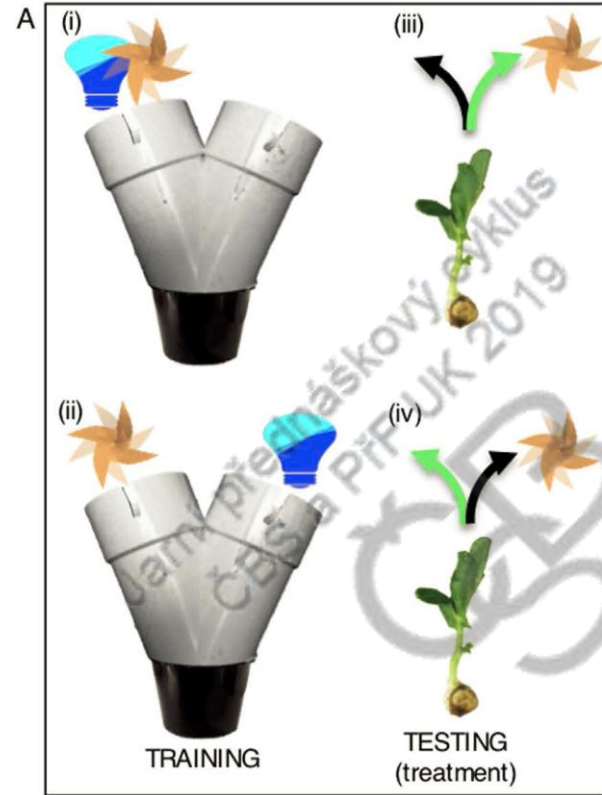
Pokud potomci rostou v mateřském prostředí – prostředí, které znají a mají předanou zkušenost, jsou na tom lépe, než potomci odjinud

Zásoby cukru – rozdíl cca 35%

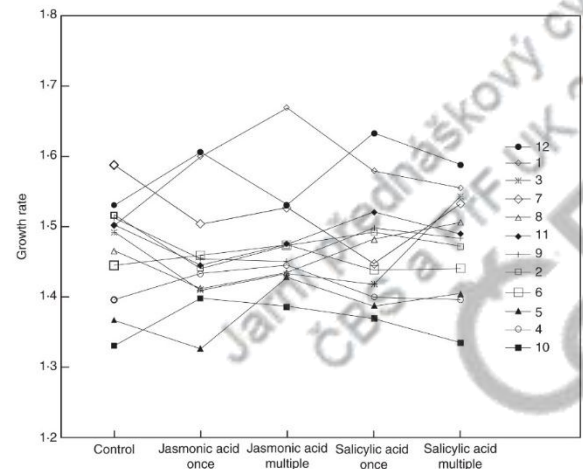
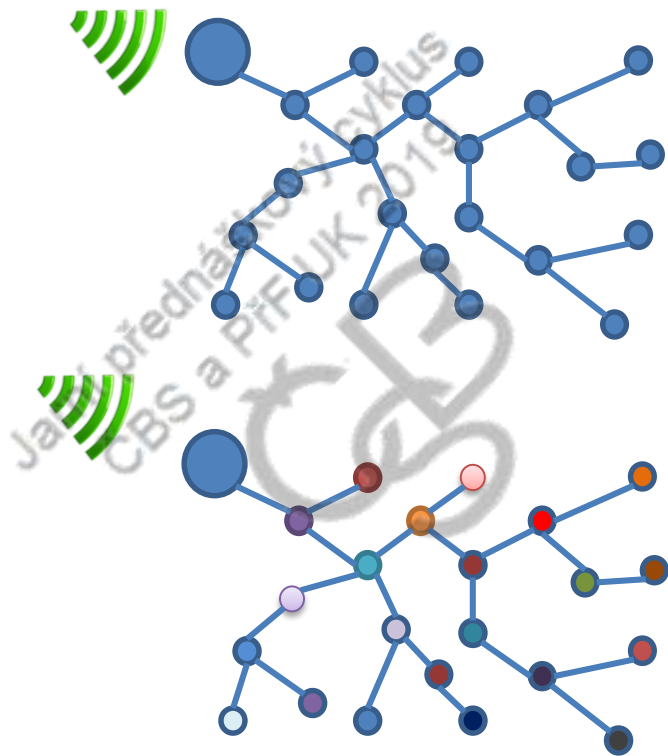
Fotosyntéza – rozdíl cca 15%

Paměť & Chování: případ *Pisum sativum*

Asociativní učení







Paměť & Chování: případ klonální rostliny



Latzel et al. 2012

Paměť & Chování: případ klonální rostliny

Asociativní učení

-  Vnímají okolní prostředí
-  Rozhodují se
-  Pamatují si bývalé prostředí
-  Žijí v různorodém, ale často předpověditelném prostředí

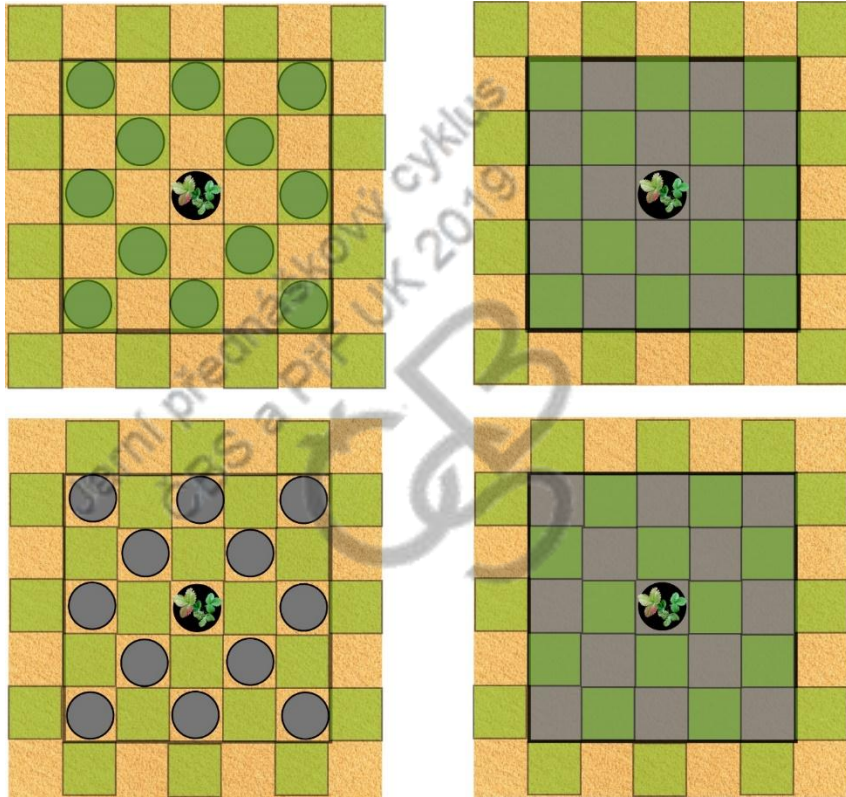
Jsou klonální rostliny schopné vytvářet asociace mezi dvěma faktory?

....a pokud ano, dokáží to využít v předpovídání budoucích podmínek?



Paměť & Chování: případ klonální rostliny

Fragaria vesca



Jarní přednáškový cyklus
ČBS a PřF UK 2019

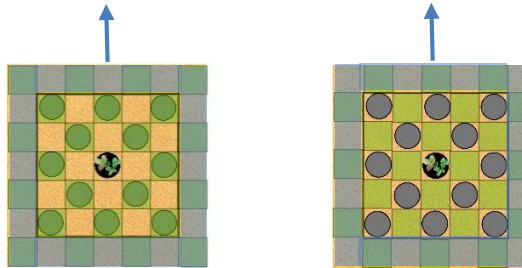
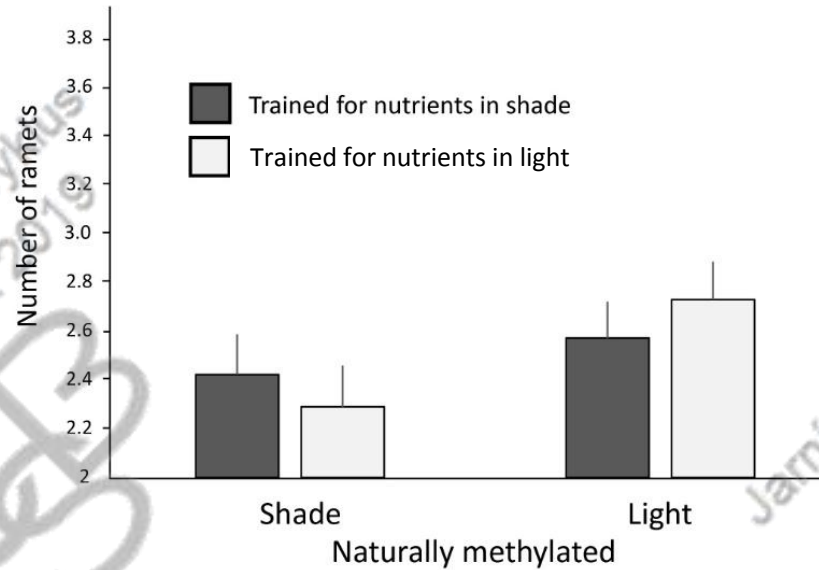
Paměť & Chování: případ klonální rostliny

Jarní přednáškový cyklus
ČBS a PřF UK 2019



Paměť & Chování: případ klonální rostliny

Ramety



Ekologické a evoluční důsledky zděděného fenotypu

Změna epigenetické informace může být stabilní a vést ke změně fenotypu

Přírodní výběr může probíhat na bázi epigenetické variability

Epigenetická variabilita ovlivňuje fungování populací a ekosystémů

Ekologické a evoluční důsledky zděděného fenotypu

- Odpověď rostlin a jejich populací na změnu prostředí může být rychlejší/efektivnější, než se zdá – **pokusy s lokální adaptací mohou podceňovat epigenetickou aklimatizaci**
- Přizpůsobit evoluční modely i přístup k experimentům?
- Nové možnosti šlechtění důležitých zemědělských odrůd

Jarní přednáškový cyklus
ČBS a PřF UK 2019



Díky za pozornost 😊

Jarní přednáškový cyklus
ČBS a PřF UK 2019

