



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Speciace a její mechanismy

S využitím přednášek doc. RNDr. Martina Reicharda, Ph.D. a prof. RNDr. Miloše Macholána, CSc.

# Druh

- Základní jednotka (species)
- druhy nejsou neměnné, neustále se mění (diverzifikace), vznikají nové (speciace) a zanikají (extinkce)
- druhy tedy existují určitou dobu a mohou z nich vznikat jiné druhy



*Sitta europea*

X

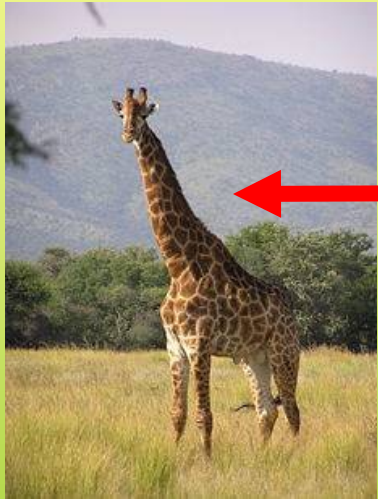


*Certhia familiaris*

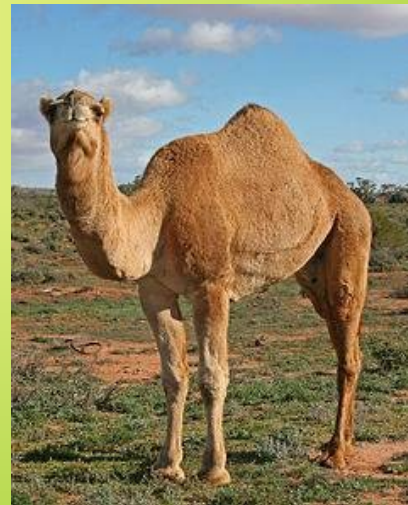
„*Sithia hybrida*“



# Aristoteles: „je možné jakékoliv křížení“



×



×



×



**TABLE 7.1** *Twenty-two species concepts and standardized abbreviations*

- |  |  |
|--|--|
| 1. Agamospecies (ASC)                    | 14. Morphological (MSC)                                  |
| 2. Biological (BSC)                      | 15. Non-dimensional (NDSC)                               |
| 3. Cohesion (CSC)                        | 16. Phenetic (PhSC)                                      |
| 4. Cladistic (CISC)                      | 17. Phylogenetic (PSC)                                   |
| 5. Composite (CpSC)                      | a. Diagnosable Version (PSC <sub>1</sub> )               |
| 6. Ecological (EcSC)                     | b. Monophyly Version (PSC <sub>2</sub> )                 |
| 7. Evolutionarily Significant Unit (ESU) | c. Diagnosable and Monophyly Version (PSC <sub>3</sub> ) |
| 8. Evolutionary (ESC)                    | 18. Polythetic (PtSC)                                    |
| 9. Genealogical Concordance (GCC)        | 19. Recognition (RSC)                                    |
| 10. Genetic (GSC)                        | 20. Reproductive Competition (RCC)                       |
| 11. Genotypic Cluster Definition (GCD)   | 21. Successional (SSC)                                   |
| 12. Hennigian (HSC)                      | 22. Taxonomic (TSC)                                      |
| 13. Internodal (ISC)                     |  |

Source: Mayden 1998.

# Koncept biologického druhu

- **E. Mayr**
- skupina jedinců, kteří jsou skutečně nebo potenciálně reprodukčně izolováni od ostatních takových skupin
  - Izolace prezygotická
  - Izolace postzygotická
- **Problémy:**
  - jak ho aplikovat na organizmy známé z fosilií
  - jak ho aplikovat na klonální organizmy (každý jedinec druhem?)

# Koncept morfologického druhu

- skupina jedinců, kteří jsou morfologicky **odlišitelní** od jiných takových skupin
- Výhoda:
  - Aplikovatelné na fosilní materiál
- Problémy:
  - polytypické druhy (1 pohlaví se může vyskytovat ve 2 či více morfologických formách)



# Další koncepty

- Evoluční koncept druhu
  - druh = nezávislá evoluční linie
- Fylogenetický koncept druhu
  - skupina jedinců, kde všichni sdílí **apomorfní** (=odvozený) **znak**, který není přítomen u jejich předků či u příbuzných druhů
  - apomorfní znak může být morfologický i genetický (unikátní sekvence)



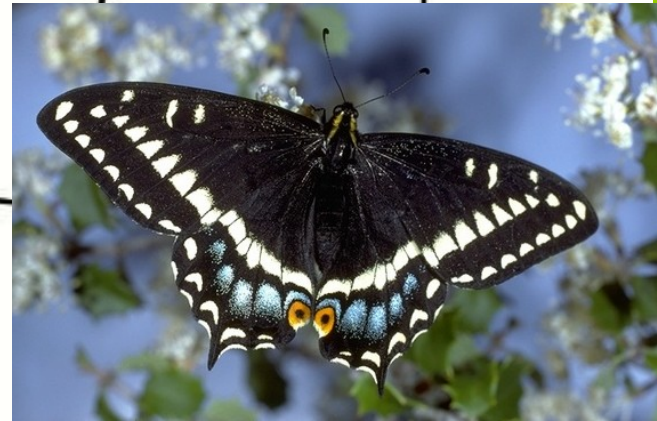
# Jednotky nižší než druh

- pro potřebu odlišení skupiny populací v rámci 1 druhu od jiné skupiny populací téhož druhu
- **Poddruh** (taxnomická jednotka)
- **Variety, morfy, ekotypy** (netaxonomické jednotky): liší se například určitými adaptacemi na svá specifická stanoviště, ale nejsou reprodukčně izolovány (spíše v botanice)

# Geographic Distribution of *Papilio indra* Races

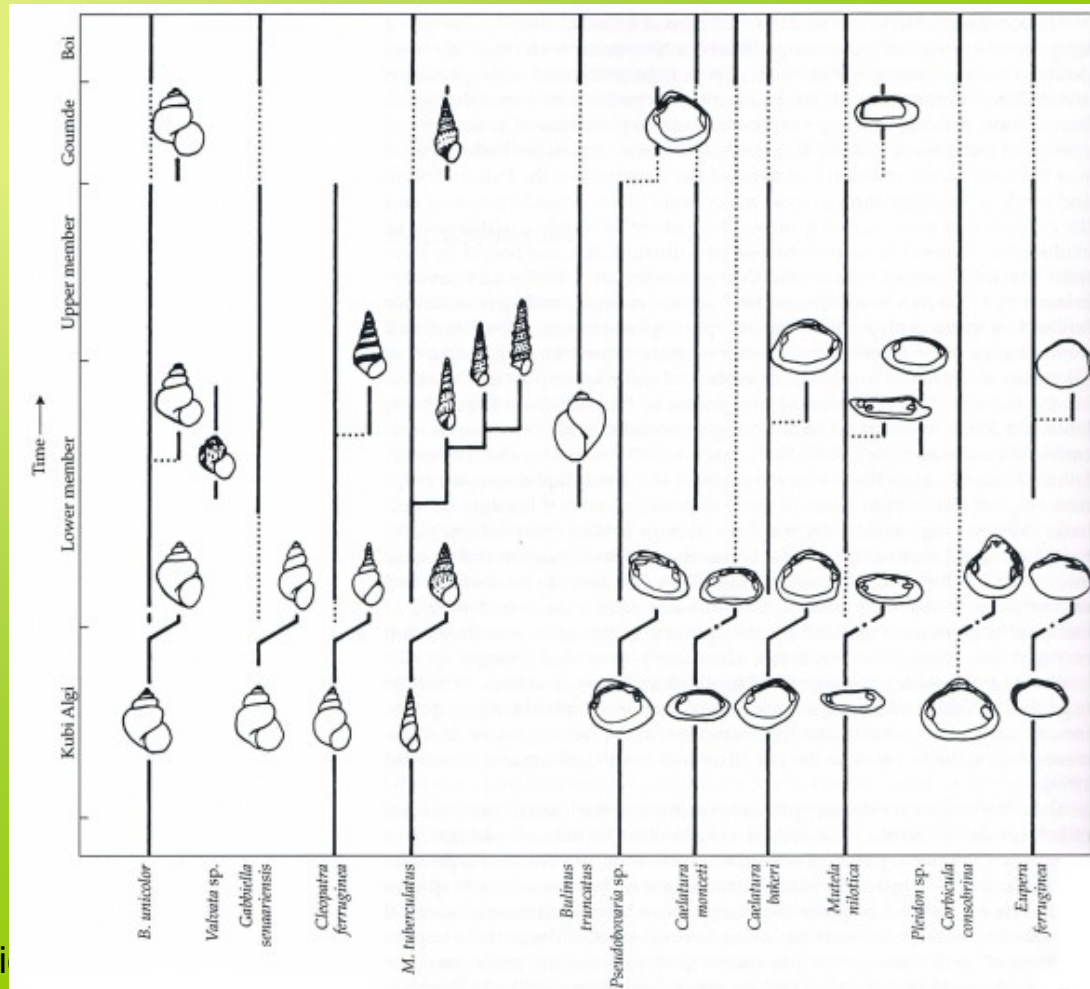


-  *Papilio indra indra*
-  *P. i. fordii*
-  *P. i. pergamus*
-  *P. i. phyllisae*
-  *P. i. pananintensis*
-  *P. i. nevadensis*
-  *P. i. martini*
-  *P. i. minori*
-  *P. i. kaibabensis*
-  *P. i. shastensis*
-  *P. i. pygmaeus*
-  *P. i. calcicola*
-  undescribed race



# Evolve

- Dlouhodobý proces vzniku a diverzifikace živých organismů
- **Makroevoluce**
  - nad úrovní druhu
- **Mikroevoluce**
  - pod úrovní druhu
- Přerušovaná rovnováha (punctuated equilibrium)



# Speciace obecně

- Vznik druhů
  - **Štěpná speciace** - vznik druhů štěpením původního (mateřského) druhu na dva nové, dceřinné
  - **Fyletická speciace** - proces, kdy se 1 druh (mateřský) v průběhu času transformuje na druh odlišný

# Mechanismy důležité pro speciaci

- Mutace [mutation]
- Genetický drift [genetic drift]
- Přírodní výběr [natural selection]
- Tok genů [gene flow]
- Geografická variabilita

# Mutace

- Čeleď *Vertiginidae*
  - rod *Vertigo* (vrkoč)
    - v naší fauně 9 druhů
    - 2 levotočivé a 7 pravotočivých
    - levotočivost/pravotočivost kóduje jeden gen



Foto: M. Horsák

*Vertigo pusilla* (vrkoč lesní)



Foto: M. Horsák

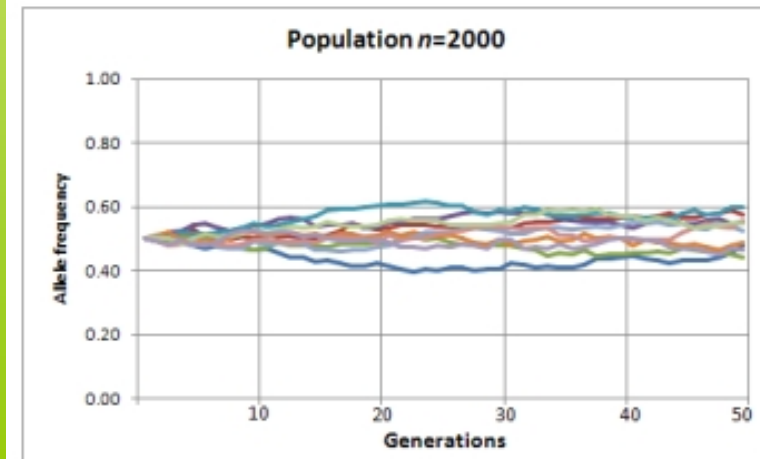
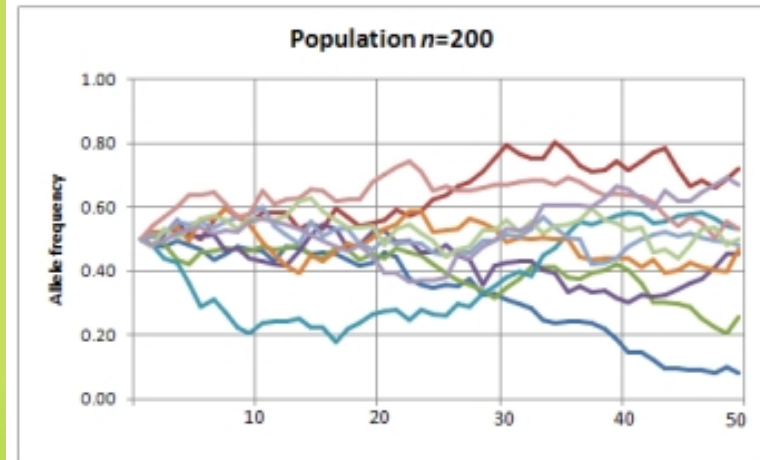
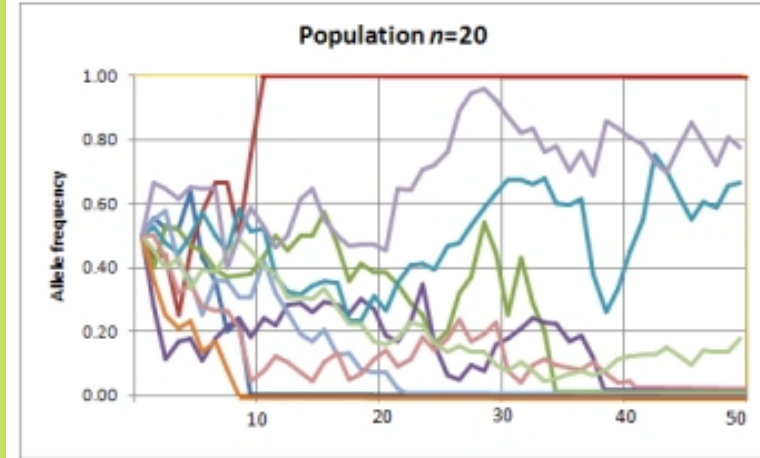
*Vertigo pygmaea* (vrkoč malinký)

# Genetický drift

- jednotlivé geny se v populacích jedinců vyskytují v různých formách (alely), které vznikají mutacemi
- genetický drift = **náhodné změny v genetickém složení populací**
- vlivem těchto náhodných změn se 2 populace během několika generací mohou do jisté míry odlišit

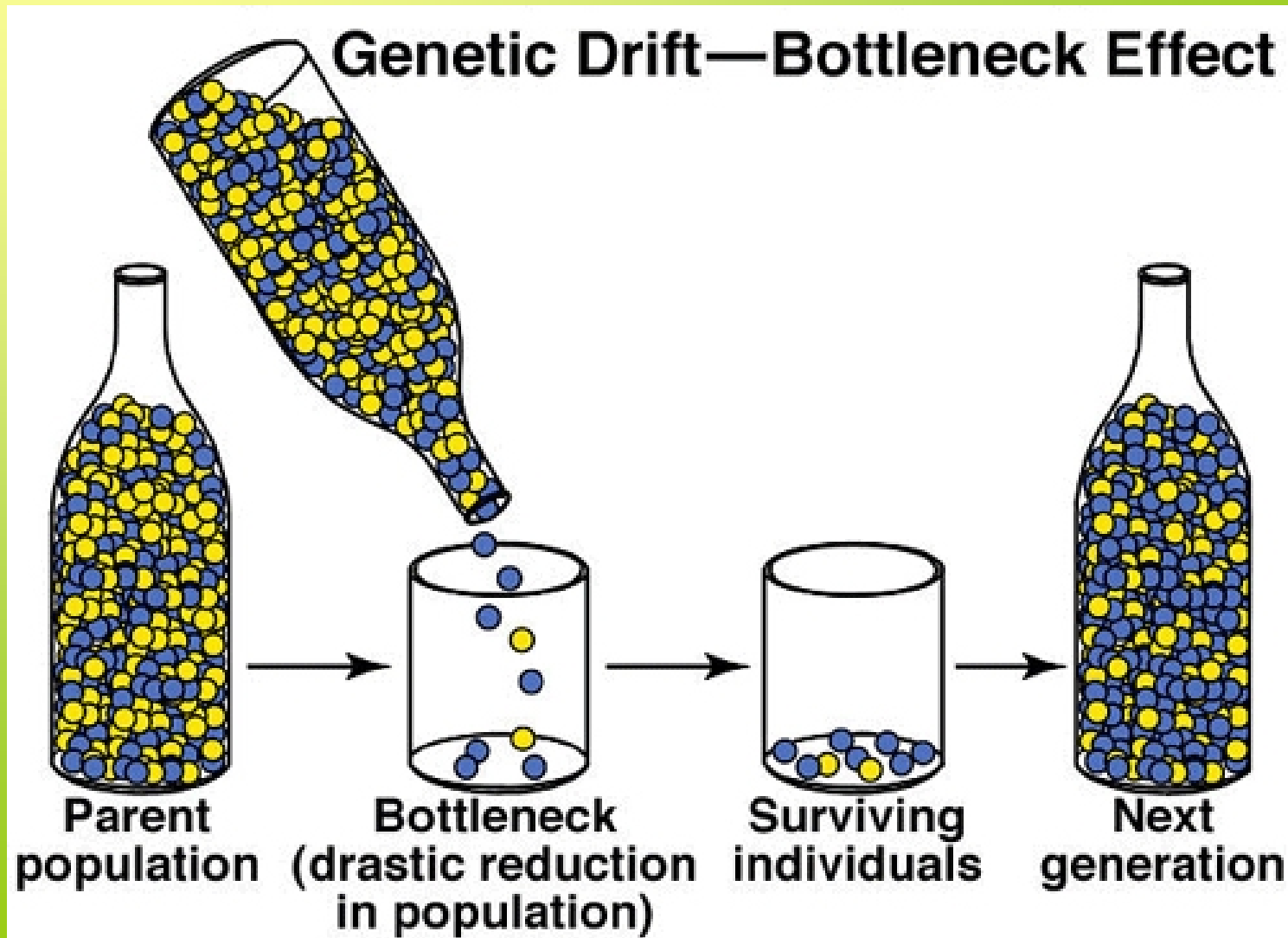
V populacích vlivem náhody kolísají frekvence alel. Čím menší je populace, tím rychleji se statisticky alela zafixuje, či lépe řečeno dosáhne 100%-ní nebo 0%-ní frekvence

### Random sampling and genetic drift





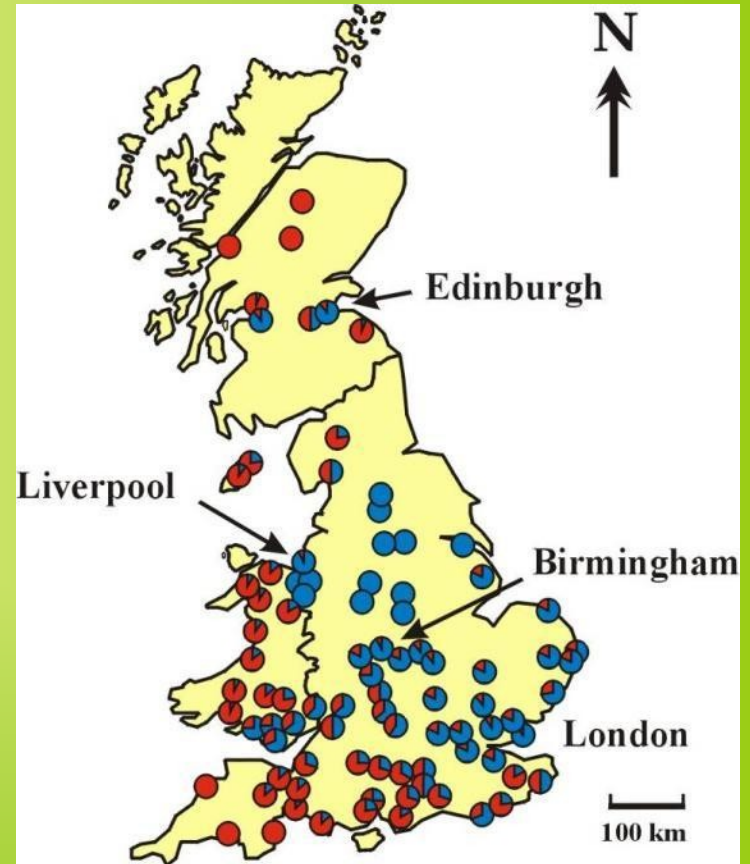
# Bottle-neck effect



# Přírodní výběr

- změna v populaci na základě reakce na působení podmínek prostředí (včetně mezi- a vnitrodruhové kompetice)
- některé alely genu (adaptace) zvyšují **pravděpodobnost přežití** (resp. **reprodukční úspěšnost**) svých nositelů a tím se v populaci šíří na úkor jiných alel
- pokud jsou dvě populace odděleny, tak na ně mohou působit různé selekční tlaky
- má vliv na speciaci u malých i velkých populací

# Průmyslový melanismus *Biston betularia* (drsnokřídlec březový)

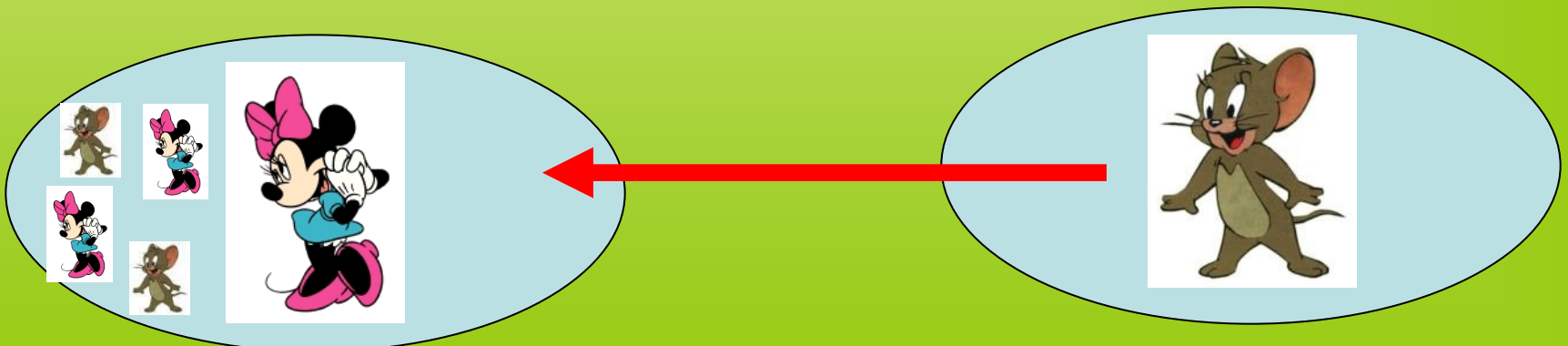


● „typica“

● „carbonaria“

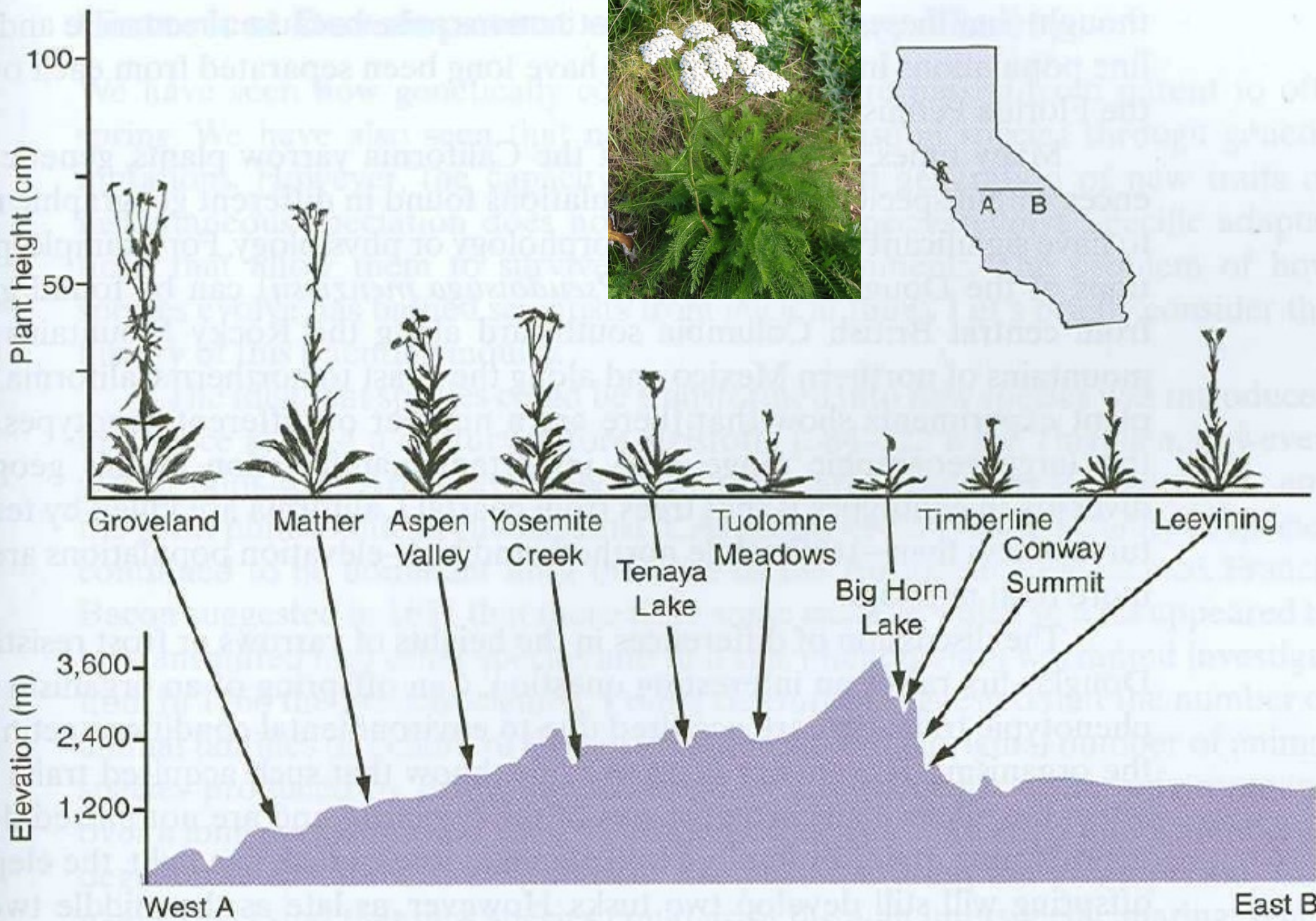
# Tok genů

- paralela migrace jedinců mezi populacemi
- pokud se 2 populace rozrůzňují, ale někteří jedinci dokáží migrovat z 1 skupiny do jiné a úspěšně se tam rozmnožit, tak snižují genetické rozdíly mezi populacemi
- => zpomaluje speciaci



# Geografická variabilita

- geografická izolace zmenšuje vliv toku genů a zvyšuje vliv gen. driftu a přírodního výběru (životní podmínky populací se liší)
- **klina** [cline] – postupná změna nějakého znaku podél gradientu prostředí
  - např. nadmořská výška, zem. šířka, ale používá se i pro gradienty teploty, vlhkosti atd. – viz také zoogeografická pravidla



Plant height (cm)

Elevation (m)

Groveland Mather Aspen Valley Yosemite Creek Tenaya Lake Tuolumne Meadows Big Horn Lake Timberline Conway Summit Leevining

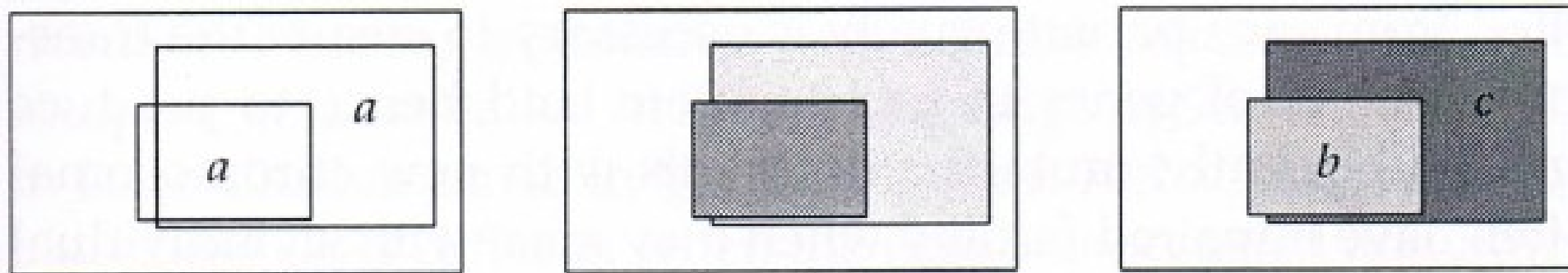
West A

East B

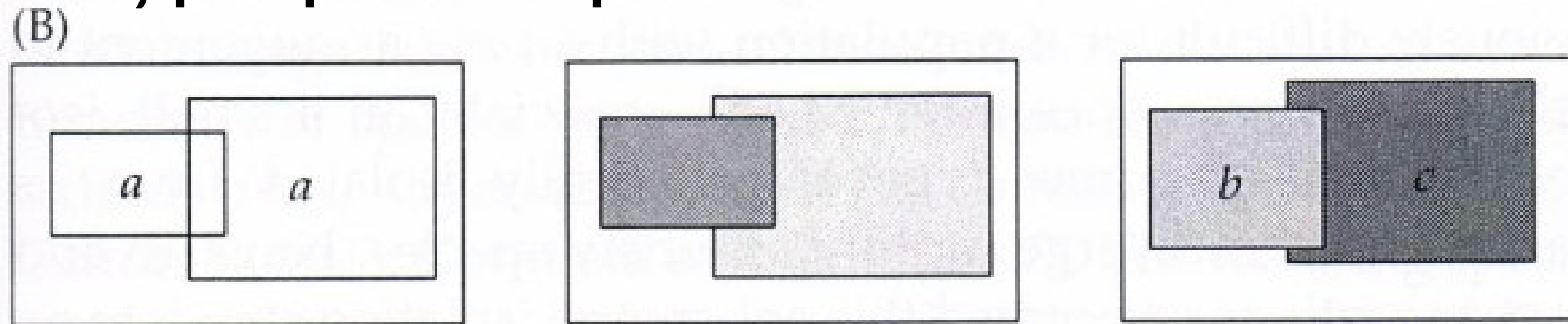
# Typy speciace

- Allopatrická (geografická)
- Sympatrická
- Peripatrická
- Parapatrická
- Allo-parapatrická

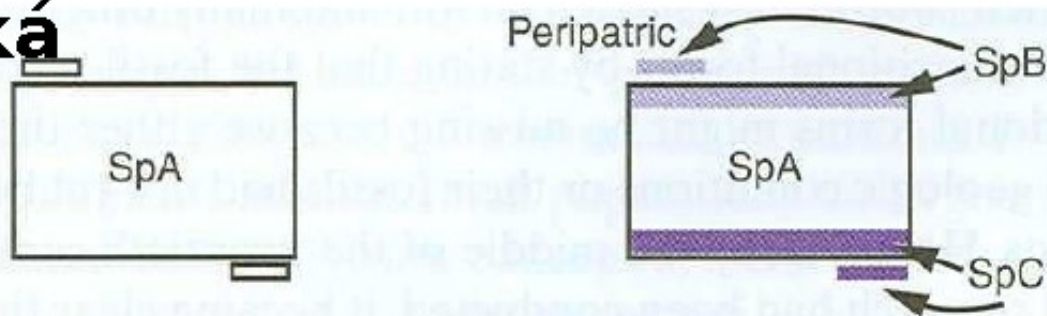
# (A) a) sympatrická speciace



# (B) b) parapatrická speciace



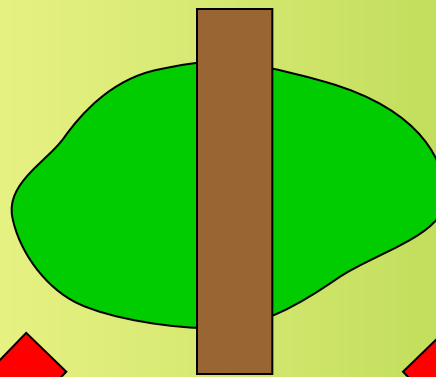
# c) peripatrická



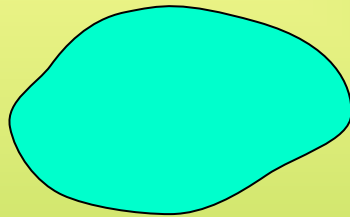


# Allopatrická speciace

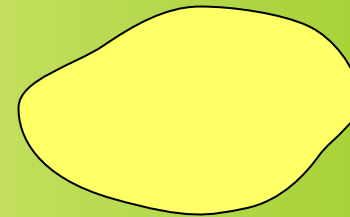
- Nejjednodušší
- Populace geograficky izolovány, tok genů zcela přerušen, následuje rozrůzňování populací
- Dva mechanismy:
  1. **Vikariace** – vznik bariéry mezi populacemi
  2. **Disperze** – osídlení nového území (překrošení bariéry) -> oddělení populací X už spíše peripatrická speciace
- Působí:
  - **Přírodní výběr (selekce)**
  - **Genetický drift**
  - **Mutace**



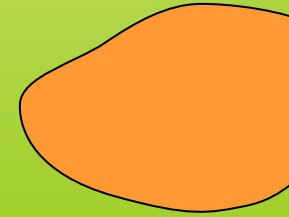
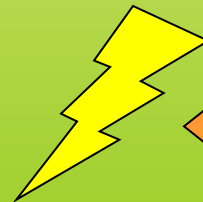
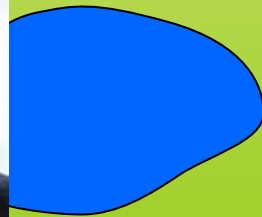
původní populace



geografická  
bariéra

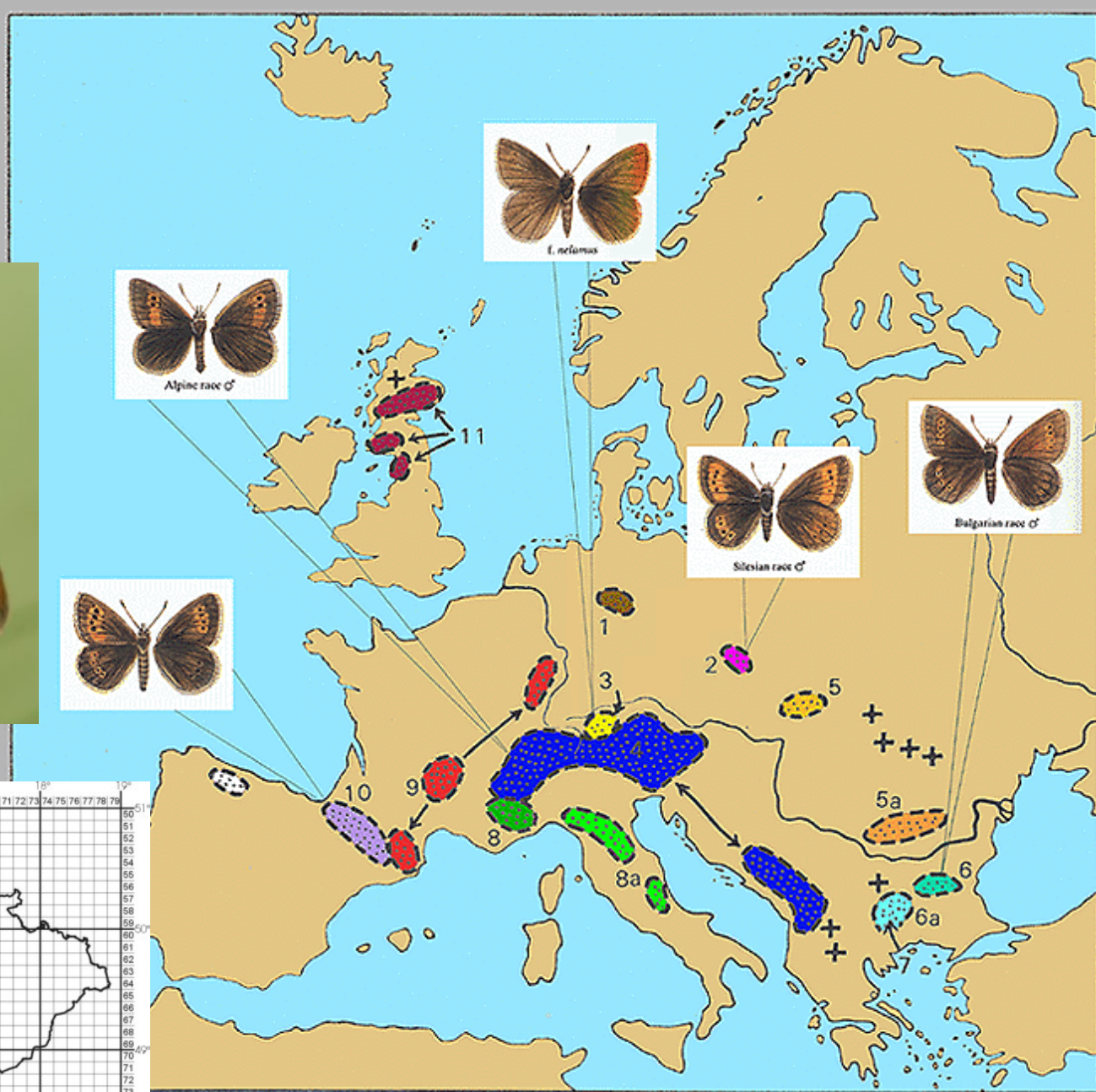
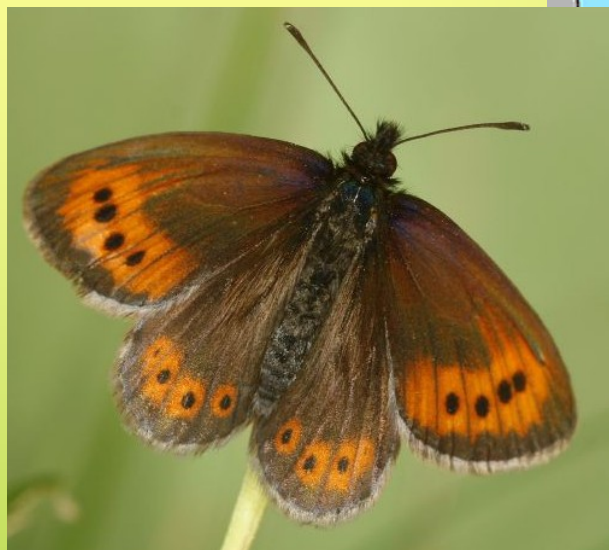


mutace  
drift  
selekce  
⇒ divergence

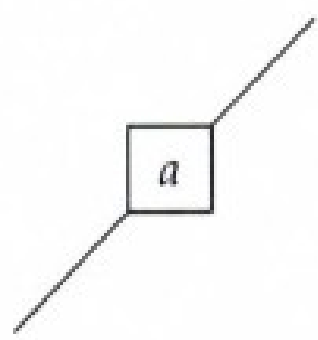
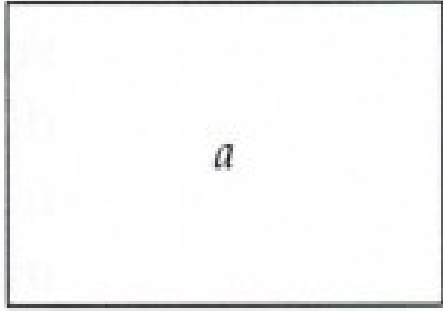


inkompatibilita!

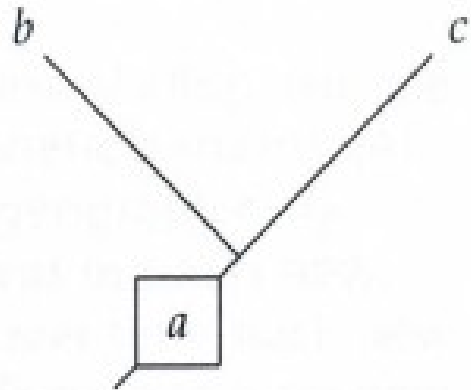
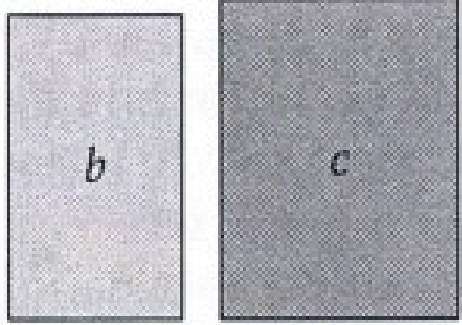
Allopatrická speciace  
*Erebia epiphora*  
(okáč horský)



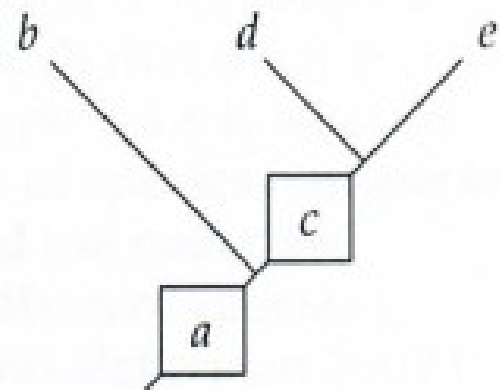
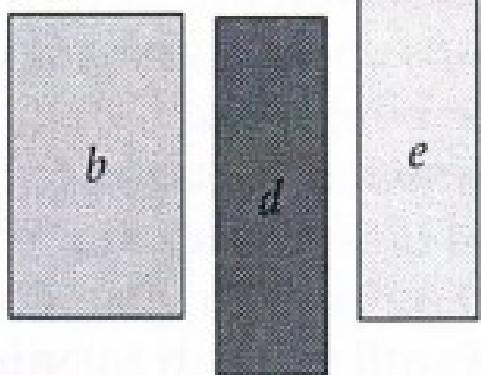
(A) **vikariance**



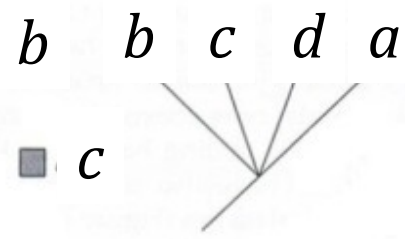
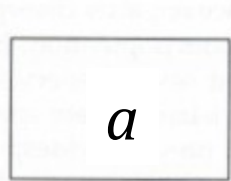
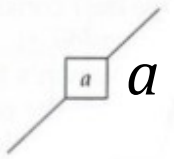
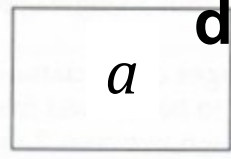
(B)



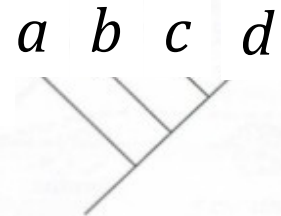
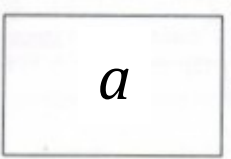
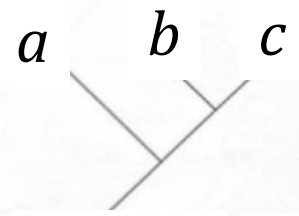
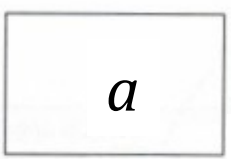
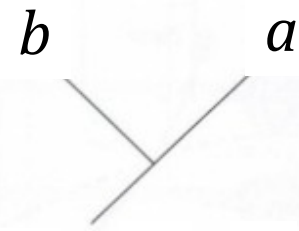
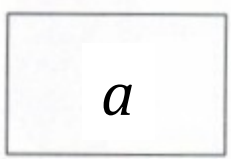
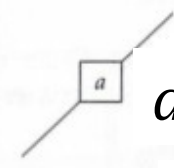
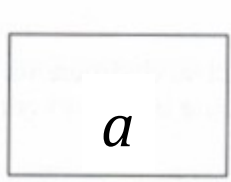
(C)



(A) **disperze**

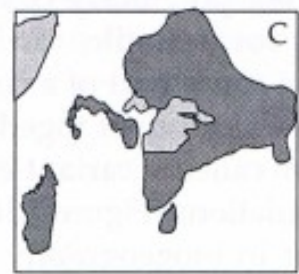
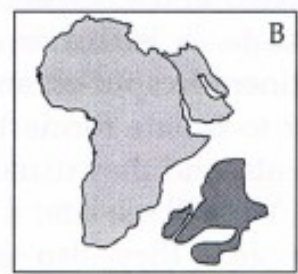
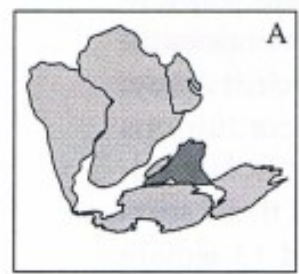
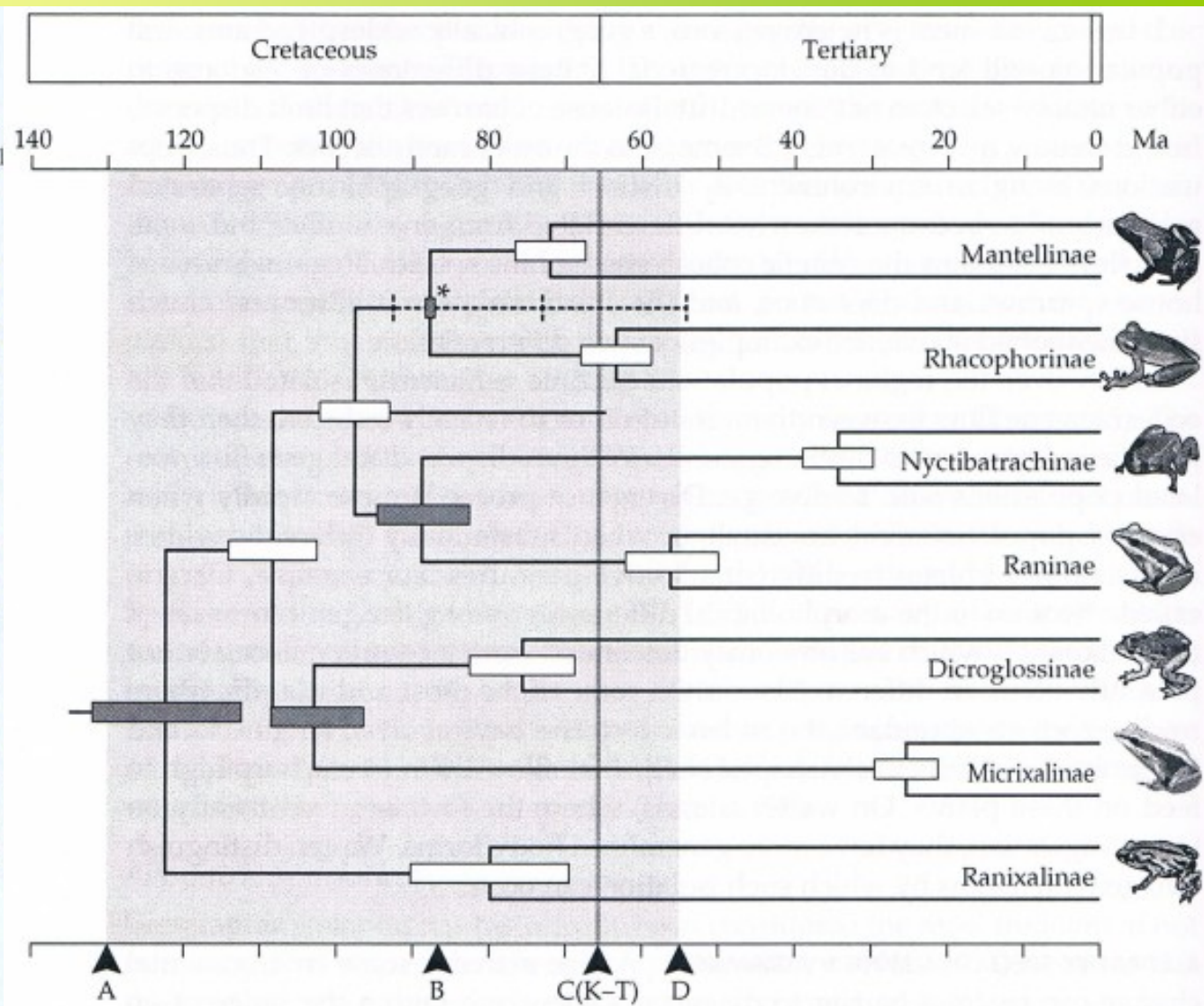


**d**



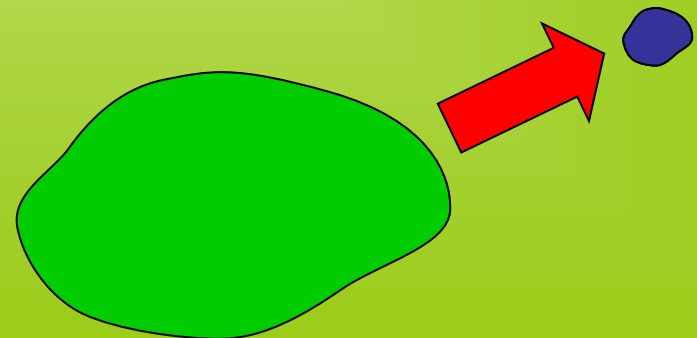
ob

# Vikariace, Ranidae



# Peripatrická speciace

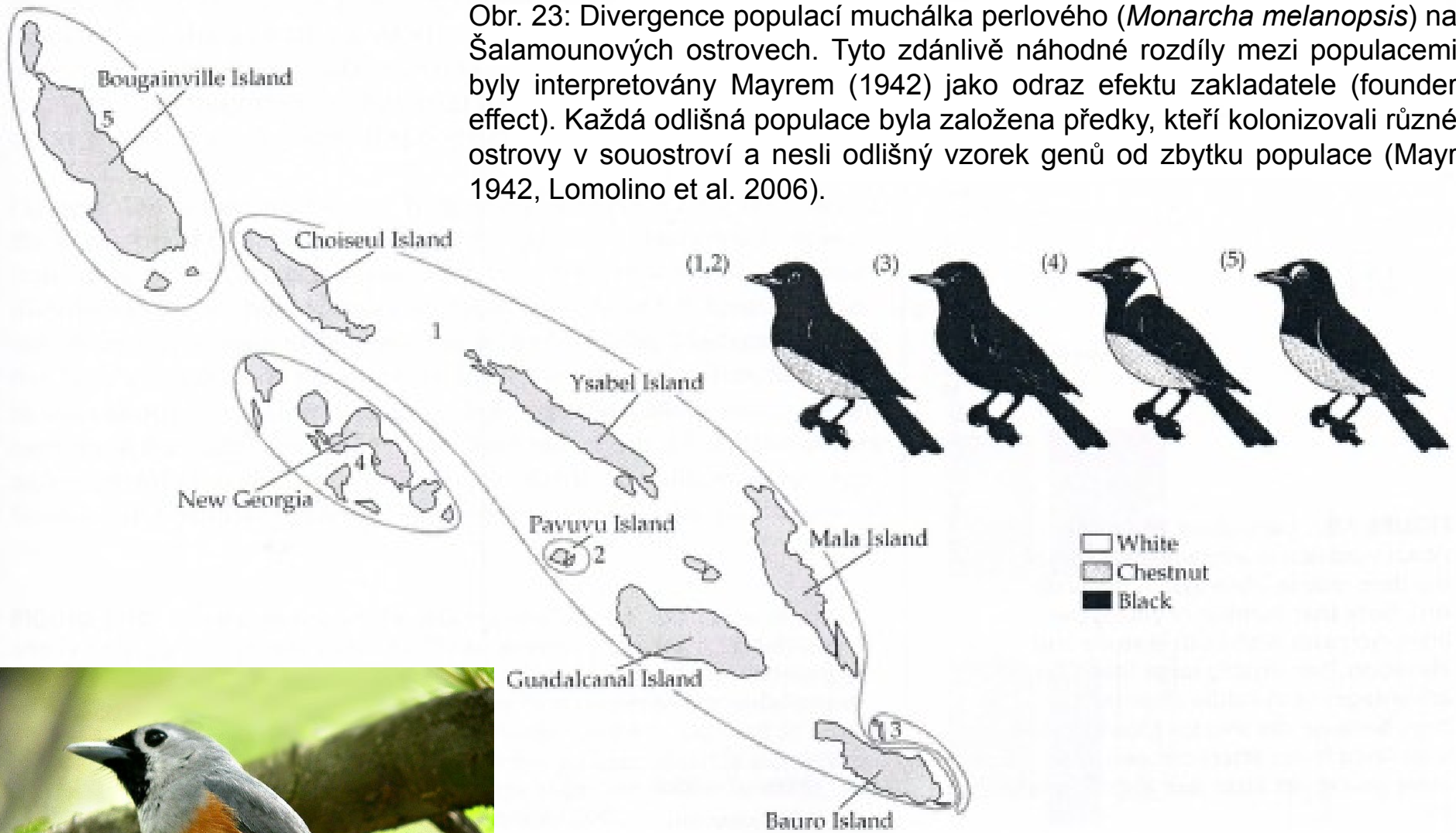
- **Efekt zakladatele** - ostrovní organismy, periferní izoláty
- Rozštěpení původního areálu druhu na více malých, izolovaných populací, které se velmi rychle mění. Vzniká tak z jednoho druhu více nových druhů.
- Uplatnění **adaptivní radiace**



# ***Příklad – founder effect***

- např. na malý ostrov se s několika imigranty dostane „náhodný“ vzorek alel, některé chybí, některé v původní populaci vzácné se mohou stát běžné atd. – **efekt zakladatele** [founder effect]

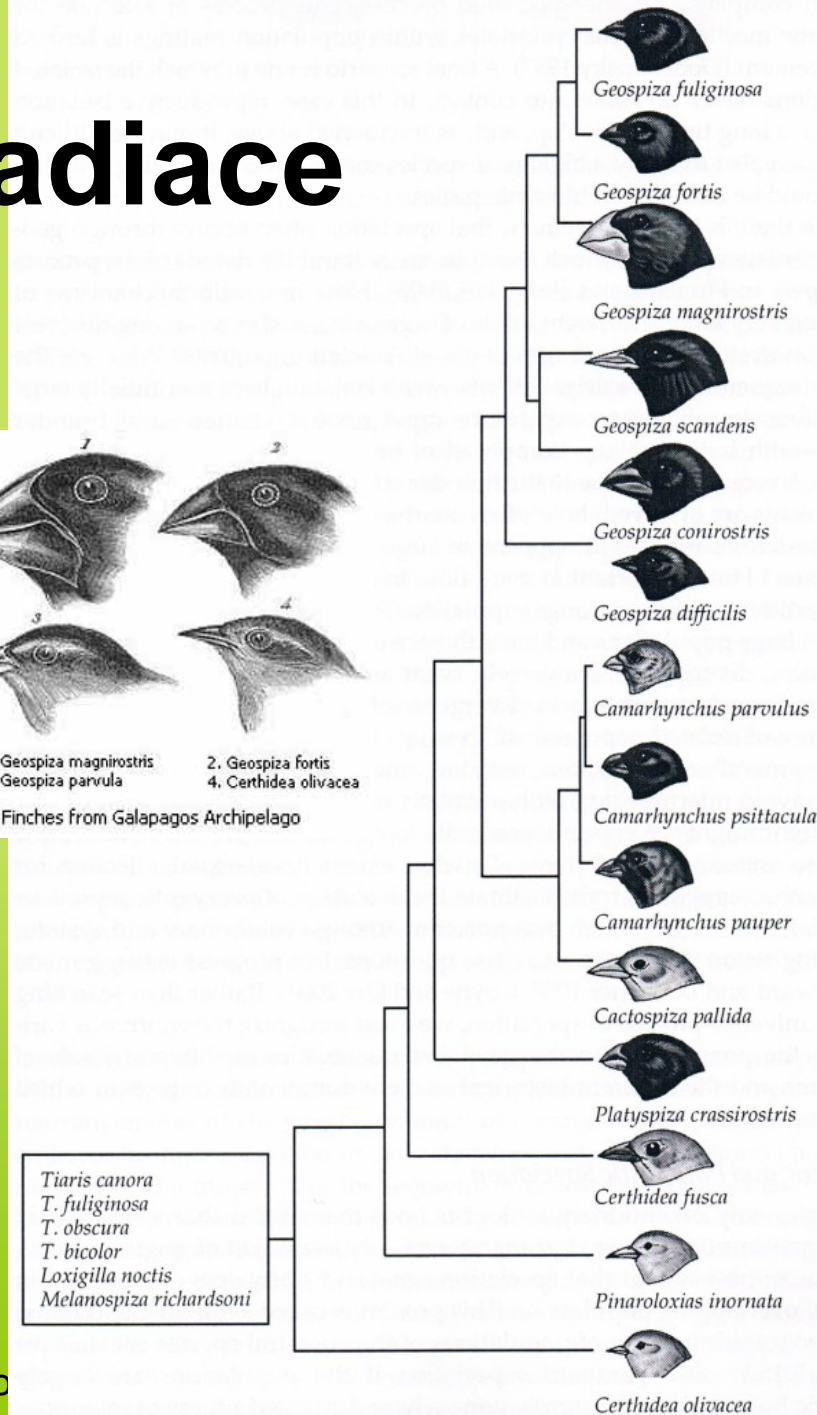
Obr. 23: Divergence populací muchálka perlového (*Monarcha melanopsis*) na Šalamounových ostrovech. Tyto zdánlivě náhodné rozdíly mezi populacemi byly interpretovány Mayrem (1942) jako odraz efektu zakladatele (founder effect). Každá odlišná populace byla založena předky, kteří kolonizovali různé ostrovy v souostroví a nesli odlišný vzorek genů od zbytku populace (Mayr 1942, Lomolino et al. 2006).





# Adaptivní radiace

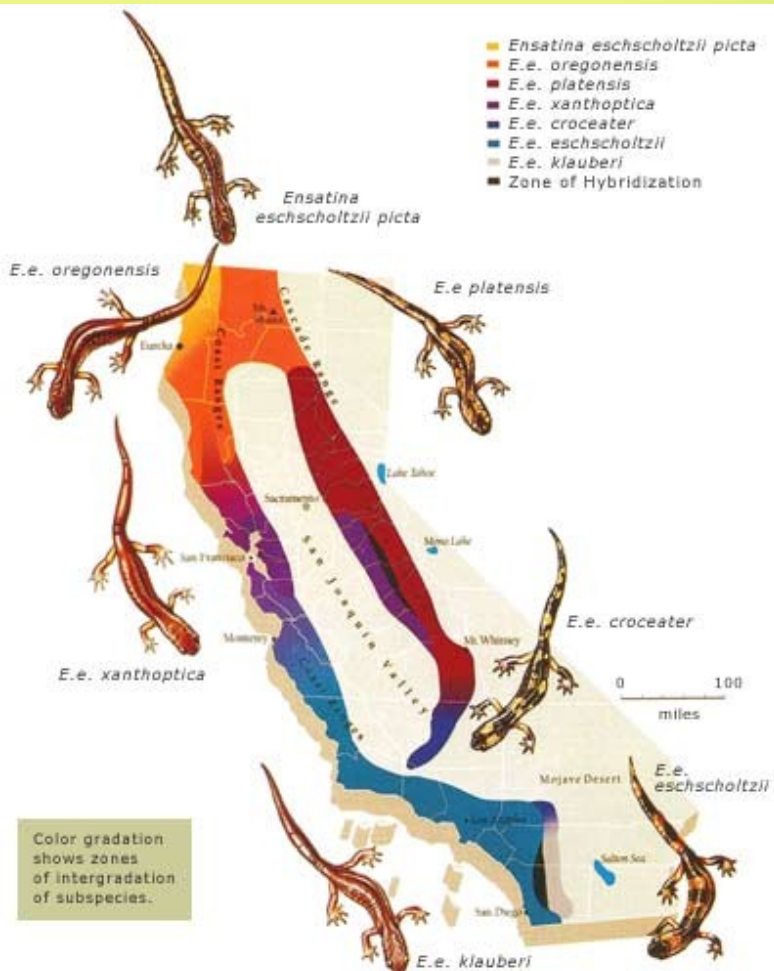
- pěnkavky na Galapágách (kolonizace)
- africké jezerní cichlidy (evoluční novinka)
- savci na počátku třetihor (uvolnění nik plazů)



# Parapatrická speciace

- Typická pro druhy s velkým areálem rozšíření a tudíž s výrazně rozdílnými životními podmínkami (prostředím)
- Silný lokální selekční tlak na jednotlivé populace
- Geografická variabilita až speciace

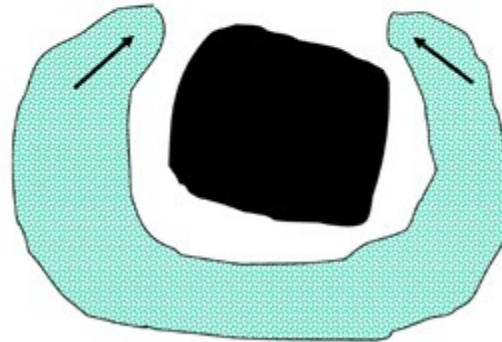
# Kruhové (prstencové) druhy



## Speciation by 'circular overlap'

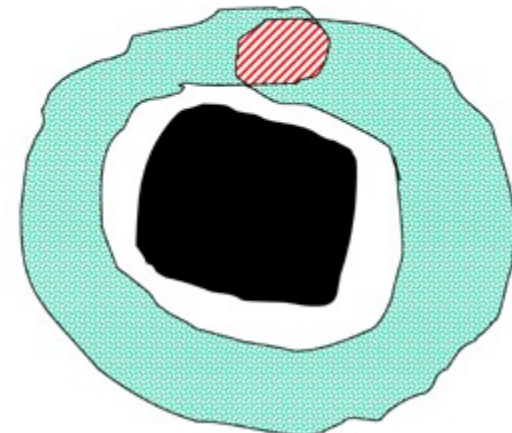
a

species spreading around uninhabitable area

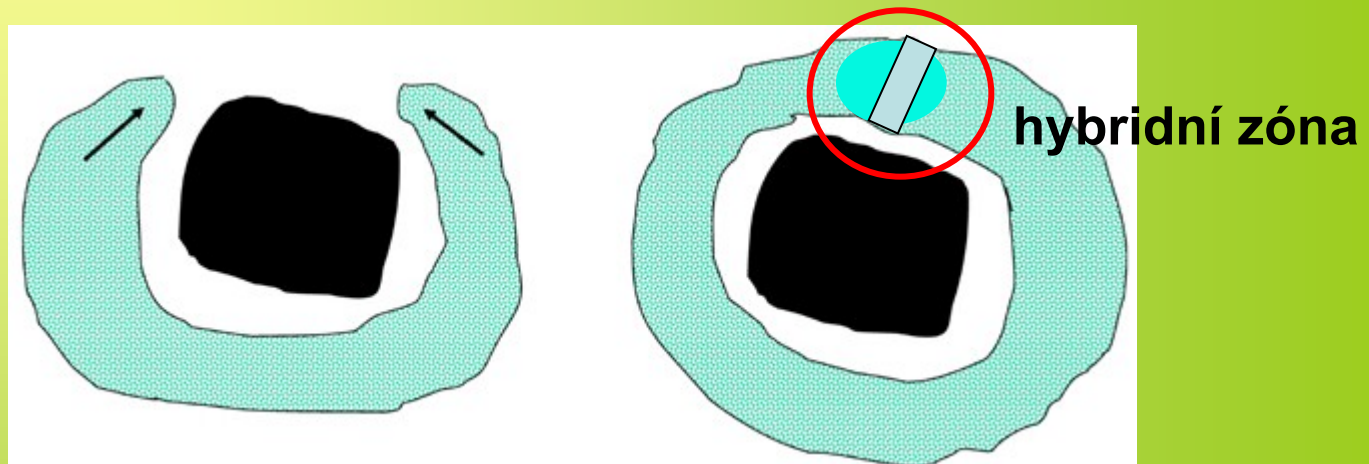


b

'circular overlap' shows reproductive isolation

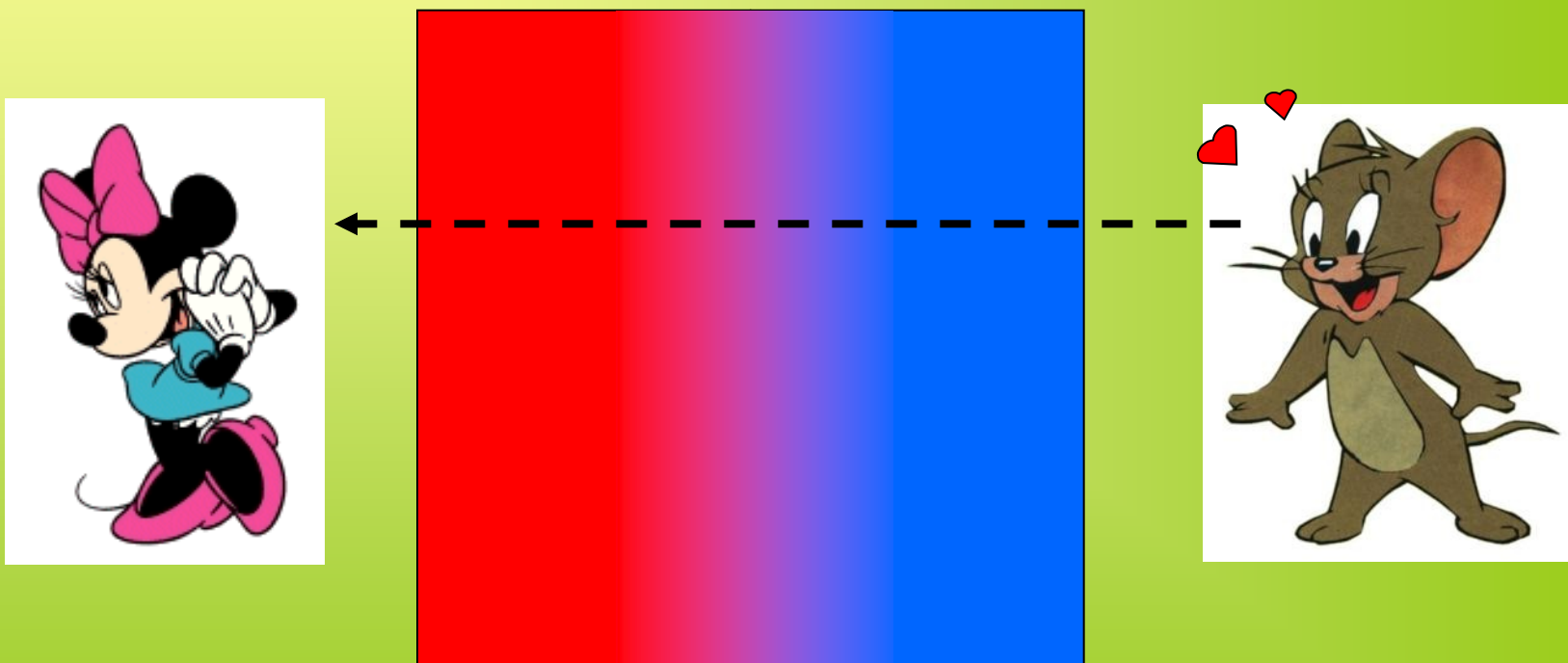


# Alo-parapatrická speciace

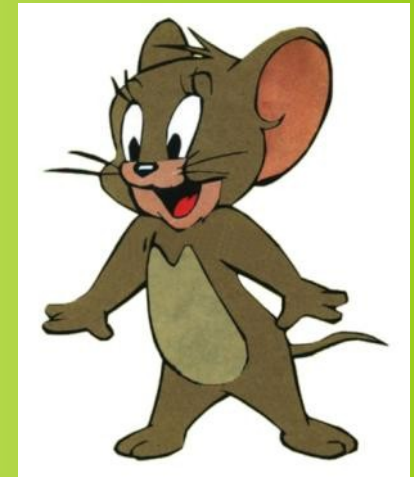
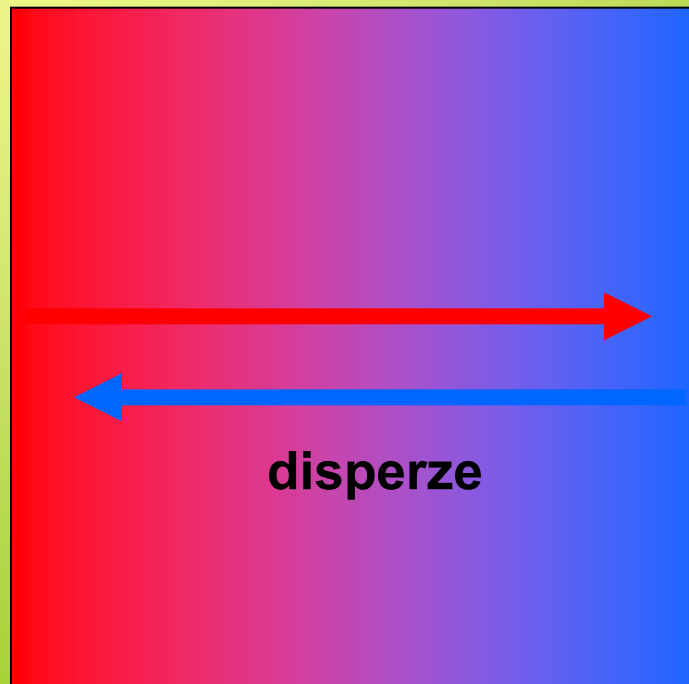
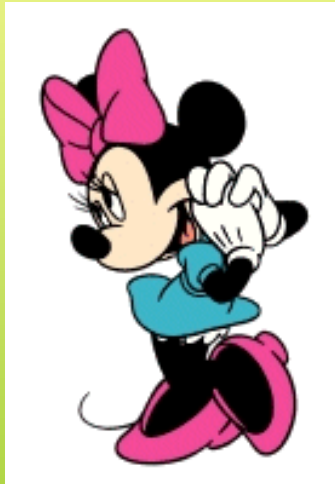


Hybridní zóna -> tenzní zóna  
(sekundární hybridní zóna)

# Tenzní zóna

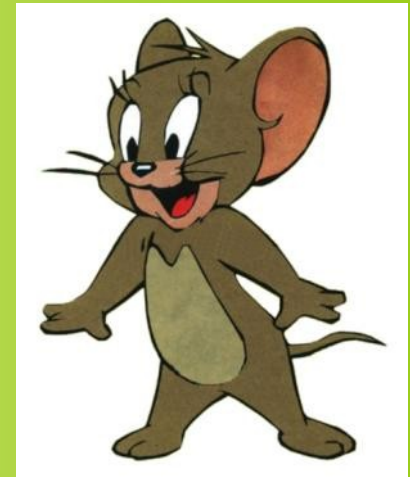
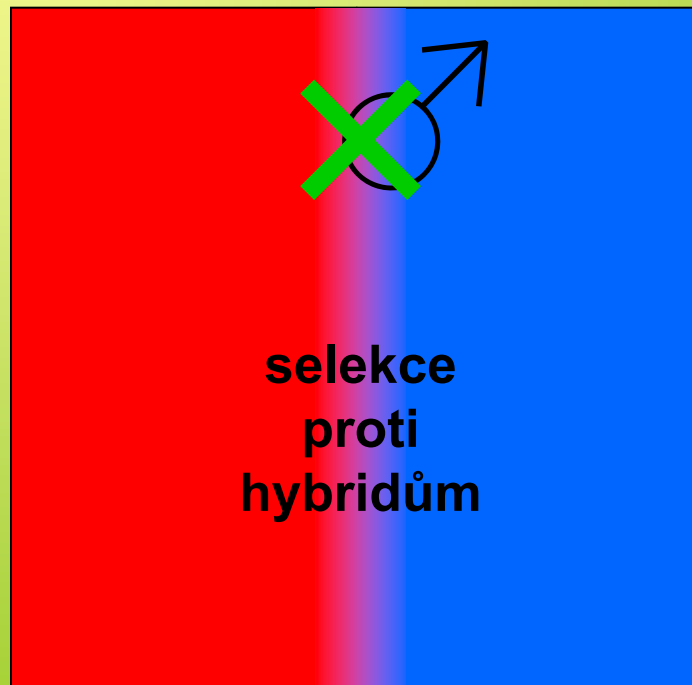
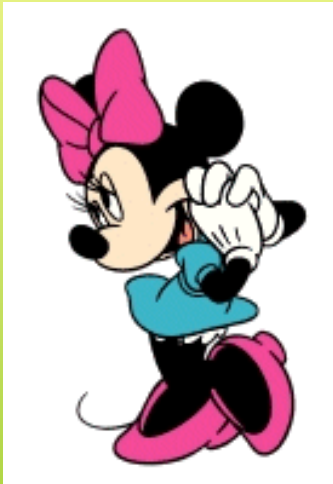


# Tenzní zóna



⇒ rozšiřování zóny

# Tenzní zóna



⇒ **zužování zóny**

# Hybridní zóny

- Místa sekundárního kontaktu v refugiích diferencovaných linií
  - Populace prošly silným **bottle-neckem**
    - Snížení početnosti a přežívání v refugiích
  - Působily různé selekční faktory, genetický drift, mutace → **alopatrická speciace**
- Při rekolonizaci území existence hybridních zón mezi populacemi/druhy – reprodukčně izolační mechanismy v různé fázi
  - Dobře diferencované druhy (ježek západní, j. východní)
  - Naddruhové komplexy (superspecies): čolci *Triturus marmoratus/cristatus/carnifex*
  - Poddruhy/druhy (vrána obecná, myš domácí)
  - Morfologicky nerozlišitelné populace (medvěd hnědý)



# Refugia

Hedgehogs  
(*Erinaceus spp*)



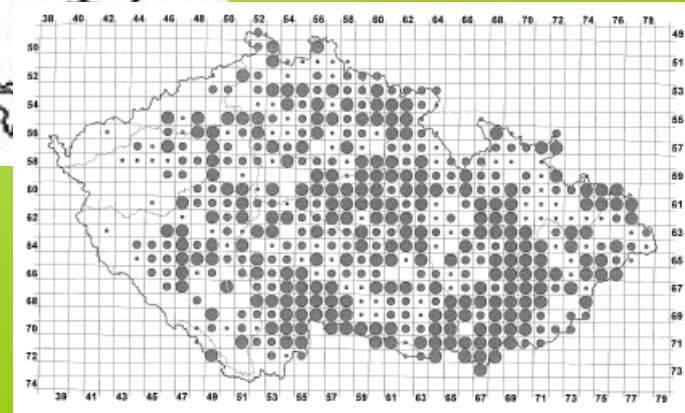
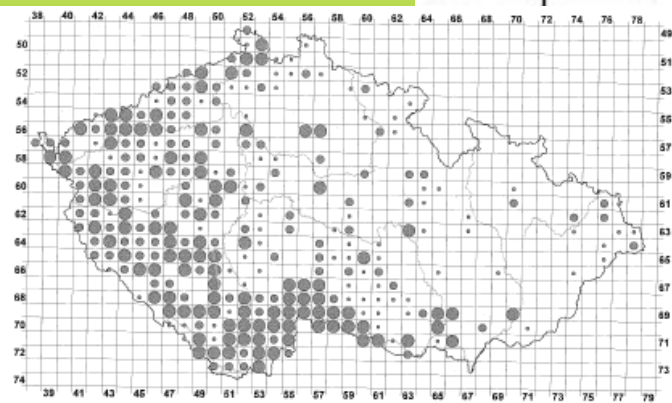
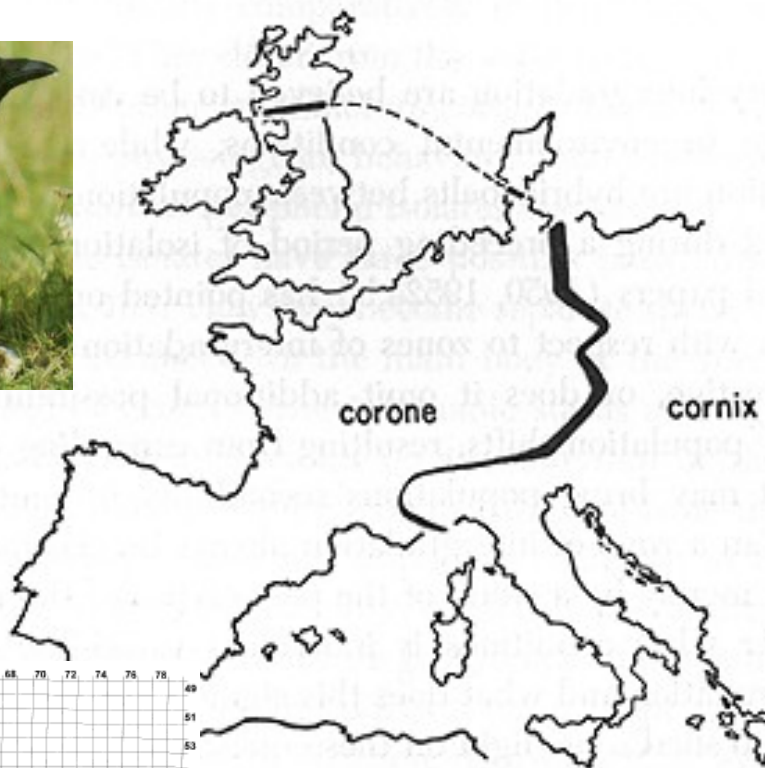
Bear  
(*Ursus arctos*)

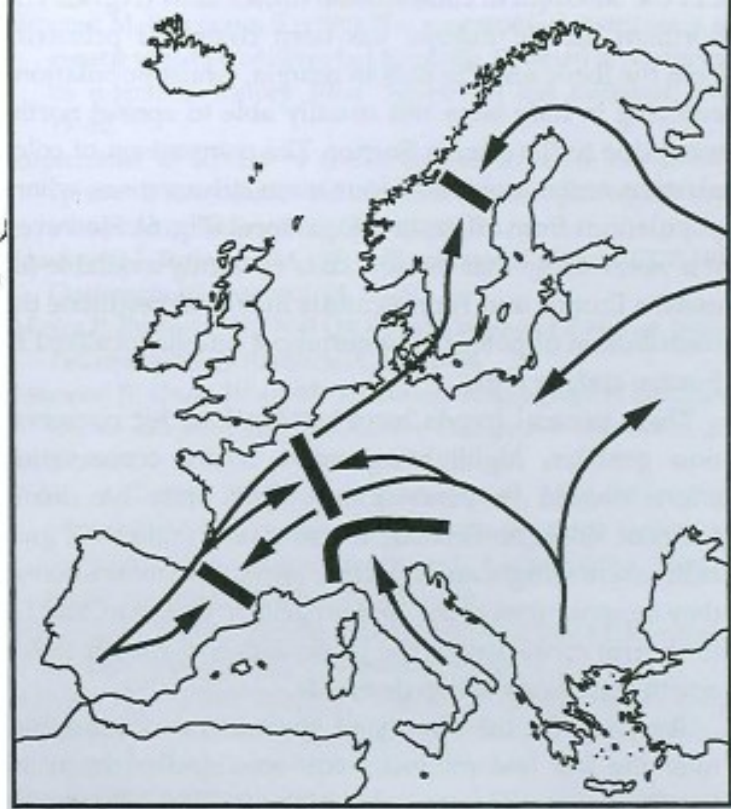
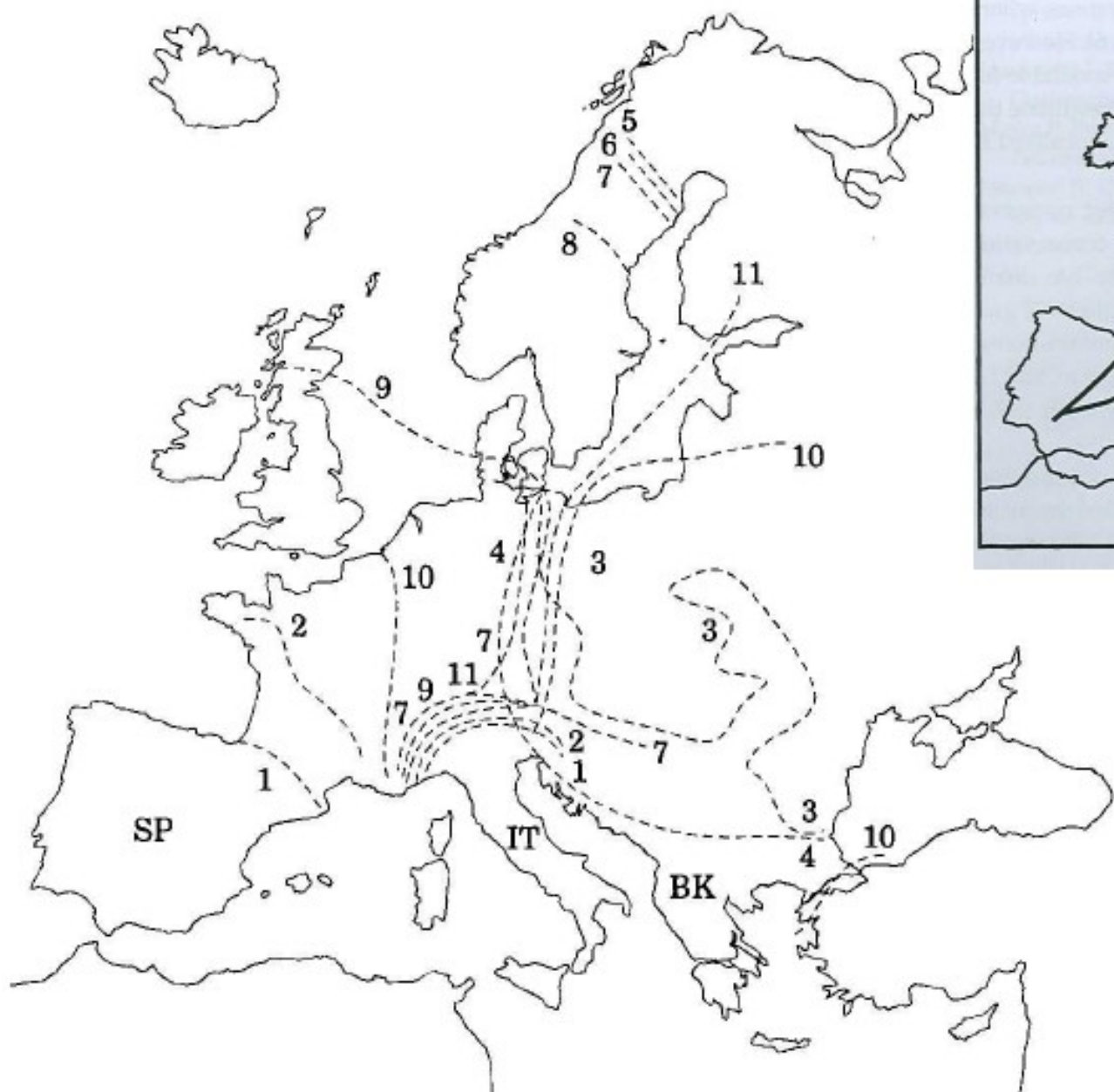


*Triturus cristatus*



# ***Příklad hybridní zóny***





# Sympatrická speciace

- diferenciace populací na druhy probíhá i bez existence geografické bariéry
- empirické důkazy, že musí probíhat, ale mnoho teoretiků ji považuje za velmi nepravděpodobnou => stále živě debatováno
- Základní mechanismy:
  1. **Disruptivní selekce** (ekologická speciace)
  2. **Pohlavní výběr** (etologická speciace)

# Pohlavní výběr

- etologická speciace
- např. vznik různých barevných forem v rámci populace
- tok genů omezen tím, že některé **samice začnou preferovat jiné samce** (jiný signál) než ostatní samice => rychlá reprodukční izolace i když postzygotické bariéry neexistují
- stále kontroverzní téma

# Příklad - ptáci

- Mechanismus výběru partnera:
  - Flukтуаční asymetrie
  - Zahaviho princip
  
- Ovlivnění člověkem
  - kroužkování ptáků



# Disruptivní selekce

- jedinci v rámci populace se **rozdělují na odlišné zdroje specializací**
- tok genů omezen tím, že potomci rodičů nesoucí extrémní fenotypy mají **intermediální fenotyp, který není tak výhodný jako 2 extrémy**
- typické pro populace obývající **silný gradient prostředí**

