Geografická variabilita (teplota, fyziologický čas)

Vojtěch Spousta

Geografická proměnlivost

- Výskyt rozdílů mezi prostorově oddělenými populacemi jednoho druhu (ve fenotypu, v alelových frekvencích)
- Velmi často adaptivní odpovědí organismu na konkrétní podmínky prostředí:

- **Stanovištní** (klima, substrát)
- **Biotické** (mezidruhové vztahy)

Geografická proměnlivost, jako adaptace, nejčastěji u znaků:

1. Morfologických

a) velikost a proporce těla
b) epidermální struktury
c) zbarvení
d) anatomické změny (např. tvar lebky, počet zubů)

2. Cytologických – počet chromozomů

3. Fyziologických a vývojových

a) somatický růst
b) pigmentace
c) délka inkubace
d) voltinismus
e) počet mláďat
f) línání srsti a sezonní zbarvení (*Mustela erminea*)

4. Behaviorálních a ekologických – migrace ptáků (severní poddruhy migrují, jižní ne)

⟶ formulace tzv. **ekogeografických pravidel**

Bergmannovo pravidlo

- Carl Bergmann 1847
- Růst tělní velikosti od rovníku, směrem k chladnějším oblastem
- Platí pouze pro homoiotermní živočichy a některé poikilotermní obratlovce (zejm. obojživelníky a želvy)
- Teplo – vznik v buňkách jako vedlejší produkt metabolických procesů = čím větší velikost těla (více buněk), tím větší produkce tepla
- Menší povrch těla vzhledem k objemu – menší tepelné ztráty

Bergmannovo pravidlo

- Carl Bergmann 1847
- Růst tělní velikosti od rovníku, směrem k chladnějším oblastem
- Platí pouze pro homoiotermní živočichy a některé poikilotermní obratlovce (zejm. obojživelníky a želvy)
- Teplo – vznik v buňkách jako vedlejší produkt metabolických procesů = čím větší velikost těla (více buněk), tím větší produkce tepla
- Menší povrch těla vzhledem k objemu – menší tepelné ztráty

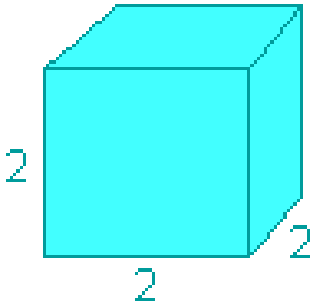
↓

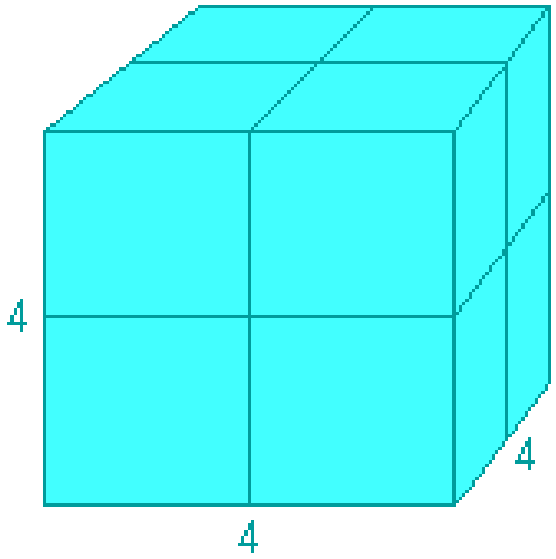
tepelně – konzervační hypotéza

Bergmannovo pravidlo

surface area = 24
(2 X 2)(6 sides)

volume = 8
(2 X 2 X 2)





surface area = 96
(4 X 4)(6 sides)
4 times larger
surface area

volume = 64
(4 X 4 X 4)
8 times larger
volume

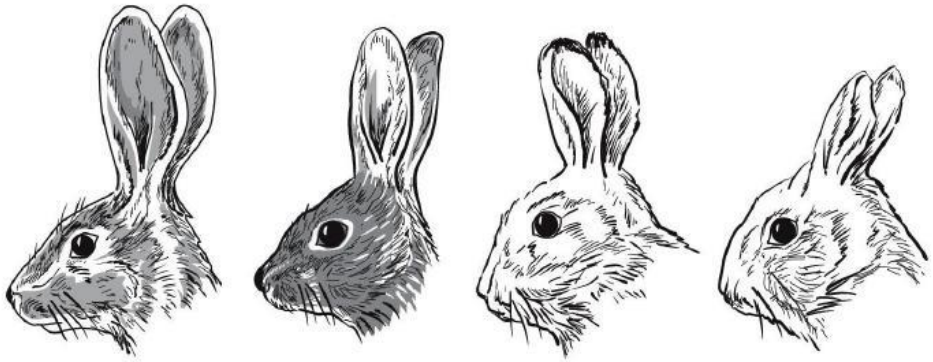
Bergmannovo pravidlo

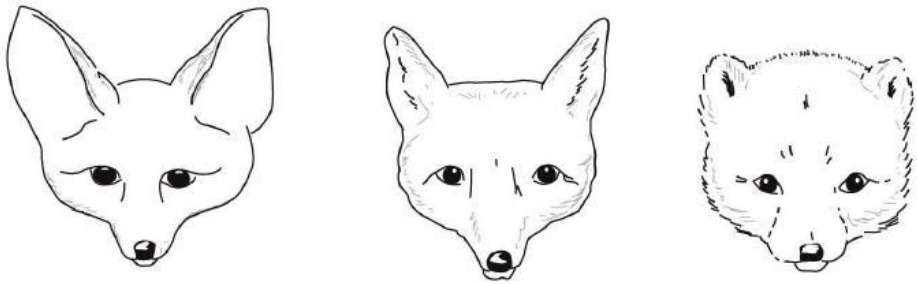
- Bergmannovo pravidlo je pouze empirickým zobecněním, proto bývá často zpochybňováno
- Z některých studií vyplývá, že platí přibližně pro 65% savců a 72% ptáků – **savci větší než 160g** , u drobných savců (hraboši, lasic. šelmy) jsou pozorovány i **opačné** vztahy
- Existují alternativní hypotézy, založené na **migračních schopnostech** (větší jedinec – vetší rozptylová vzdálenost), či **odolnosti vůči hladovění** v chladných oblastech (větší tukové rezervy)

Allenovo (proporční) pravidlo

- Joel Allen 1877
- Rozvíjí Bergmannovo pravidlo
- V chladnějších oblastech mají jedinci endotermních druhů menší tělesné výběžky (**končetiny, ocas, uši, zobák**)
- Opět založeno na vztahu objemu a povrchu těla
- U ptáků nezahrnuje křídla a ocas, jelikož nepřispívají k tepelným ztrátám

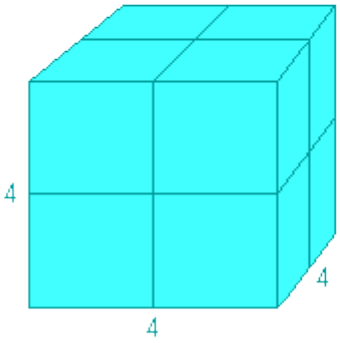
Allenovo pravidlo





surface area = 96

volume = 64

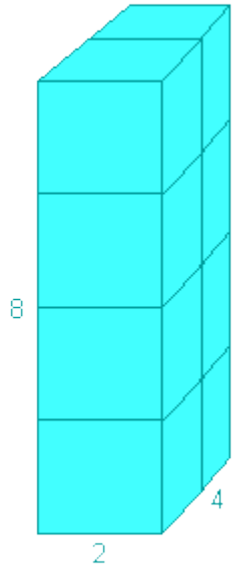


surface area = 112

1.75 times greater surface area

volume = 64

same volume



Glogerovo (pigmentační) pravidlo

- C. L. Gloger 1833
- Změny pigmentace v souvislosti se změnami teploty a vlhkosti
- Poddruhy žijící v teplém a vlhkém prostředí jsou pigmentovány více, než poddruhy žijící v chladných a suchých prostředích
- Aridní oblasti – **phaeomelaniny** (žluté až červenohnědé zbarvení)
- Vlhké a teplé oblasti – **eumelaniny** (černé až hnědé zbarvení)
- Platí pro teplokrevné živočichy, ale lze jej aplikovat i na bezobratlé

Další pravidla

Hesseovo pravidlo

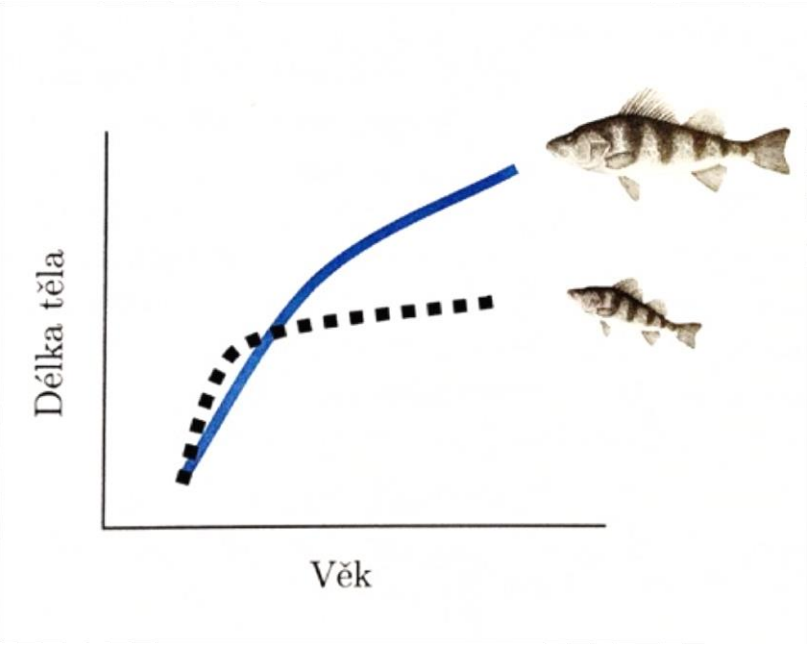
- Růst velikosti srdce (hmotnosti i objemu) směrem na sever v důsledku vyšší požadované produkce tepla

ostrovní pravidlo

- Rozdíl ve velikosti těla mezi ostrovními a pevninskými populacemi druhů savců
- menší druhy na ostrovech větší a naopak
- Podle všeho platí i u ptáků (Clegg & Owens 2002)

Vliv teploty na vývoj

- Zpomalení vývoje při nízkých teplotách a zrychlení při vysokých - **fyziologický čas**
- Negativní závislost mezi mírou somatického růstu a max. velikostí těla - v chladnějších oblastech je růst pomalejší, ale vede k větší velikosti těla (přispívat může větší velikost buněk a pomalejší míra diferenciace)
- Při vyšších teplotách omezeny anabolické procesy oproti katabolickým → zpomalení až zastavení růstu



Journal of Biogeography

Bergmann's rule in the ant lion *Myrmeleon immaculatus* DeGeer (Neuroptera: Myrmeleontidae): geographic variation in body size and heterozygosity

Amy E. Arnett, Nicholas J. Gotelli

First published: 24 December 2001 | https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1999.00271.x | Cited by: 41

Arnett Amy E. Department of Biological Sciences, University of Nebraska, Lincoln, NE 68588, USA. E-mail: aarnette@unlinfo.unl.edu

Myrmeleon immaculatus

- Neuroptera: Myrmeleonidae
- Larvy predátoři se strategií **sit-and-wait**
- 3 instary rozeznatelné dle velikosti báze hlavové kapsuly a pigmentačních vzorů
- Písčité, kryté habitaty
- Velké diskrétní populace
- Larva se dožívá až 2 let, staví si kukly z jemných vláken a po měsíci vylétá jako dospělec který žije nejdéle 1 měsíc

Myrmeleon immaculatus

Vzorkování a měření velikosti těla

- 34 odběrových míst od středu po severovýchod USA
- Náhodně vzorkovány

  ant-lion pits
- Dohromady získáno 872 jedinců
- Měřena maximální šířka hlavy (mm) – jako běžný indikátor velikosti těla u hmyzu

Figure 1 Locations of thirty-four *M. immaculatus* populations used for larval body size analyses. ●, Populations samples; ○, sites with no or few ant lions.

Podmínky prostředí

Geografické

- Zeměpisná šířka
- Zeměpisná délka
- Nadmořská výška

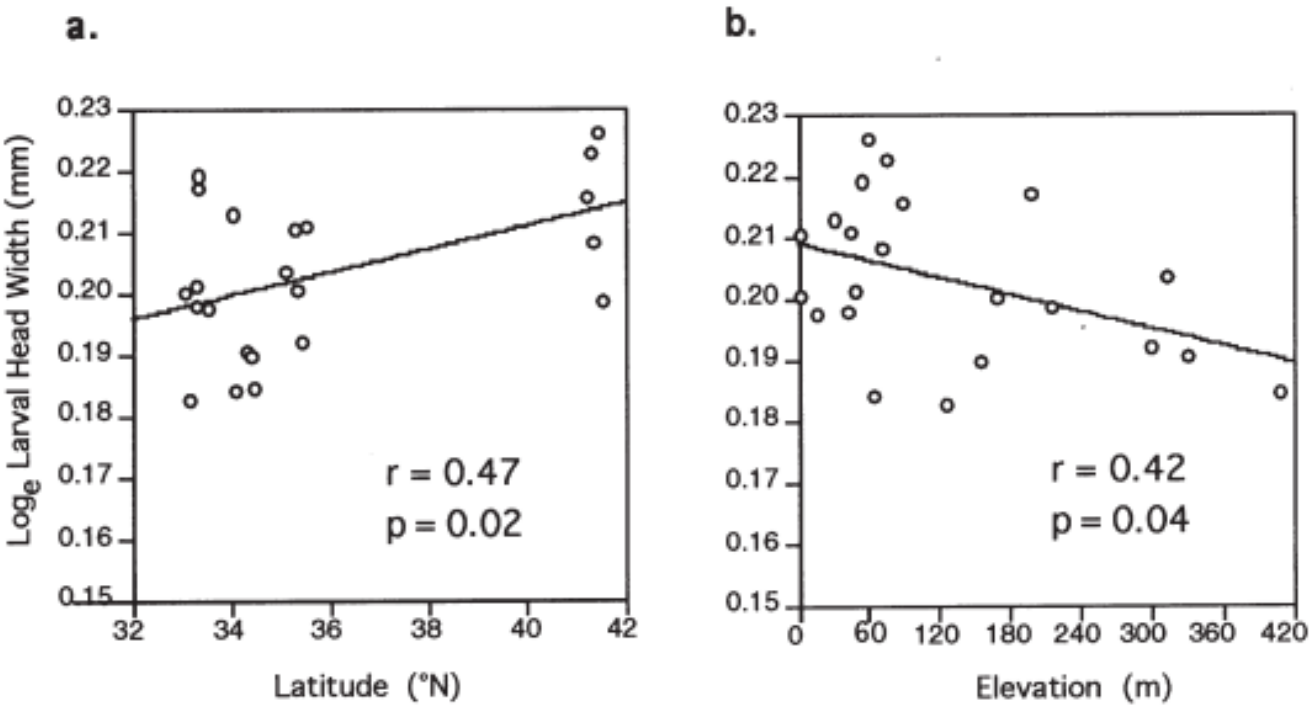
Klimatické

- Minimální teplota
- Maximální teplota
- Srážky
- Odchylka min. teploty
- Odchylka max. teploty

Genetické analýzy

- Minimálně 30 jedinců 3. larválního instaru z každého odběrového místa
- Proteinová elektroforéza (alozymy) – 5 polymorfních loci
- Spočítána očekávaná a pozorovaná heterozygotnost pro všech 5 polymorfních loci pro každou z populací a průměrná heterozygotnost všech populací
- Mantel test pro vyhodnocení korelací mezi genetickými (Nei‘s genetic distances) a geografickými distancemi

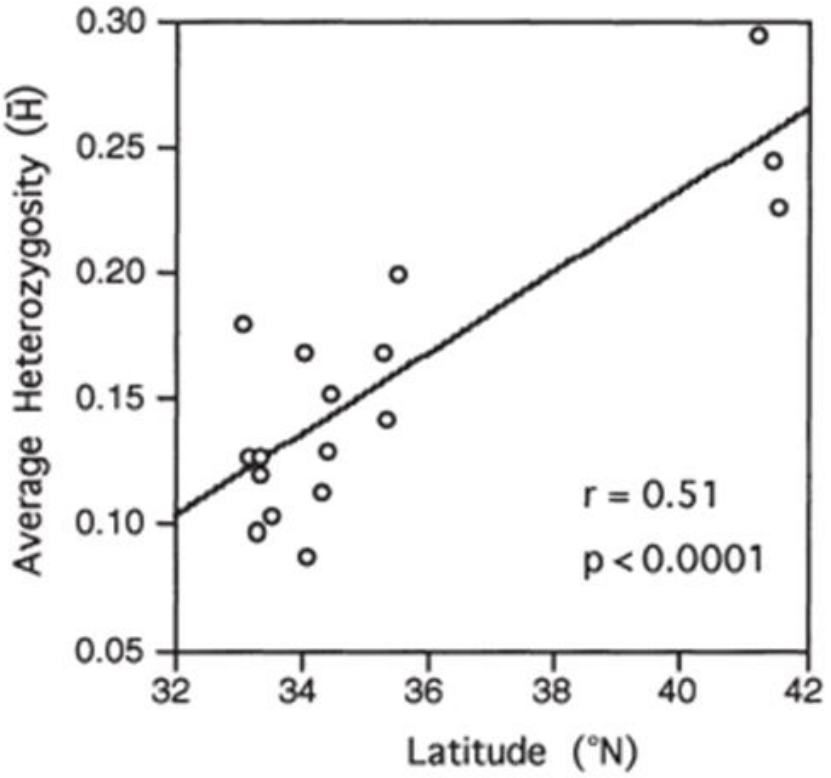
Výsledky


a.
Log$_e$ Larval Head Width (mm)
0.23
0.22
0.21
0.20
0.19
0.18
0.17
0.16
0.15
32
34
36
38
40
42
Latitude (°N)
r = 0.47
p = 0.02
b.
0.23
0.22
0.21
0.20
0.19
0.18
0.17
0.16
0.15
0
60
120
180
240
300
360
420
Elevation (m)
r = 0.42
p = 0.04

Výsledky

Table 3 Average expected and observed heterozygosities ± one standard deviation for seventeen *M. immaculatus* populations.

Population	*n*	Average expected heterozygosity	Average observed heterozygosity
1. Columbus, MS (1)	31	0.315 ± 0.112	0.097 ± 0.061
2. Columbus, MS (2)	30	0.434 ± 0.096	0.120 ± 0.057
3. Fulton, MS	32	0.313 ± 0.098	0.087 ± 0.033
4. Calera, AL	30	0.402 ± 0.103	0.180 ± 0.057
5. Childersburg, AL	30	0.368 ± 0.100	0.127 ± 0.078
6. Truissville, AL	30	0.364 ± 0.107	0.127 ± 0.037
7. Chattahoochee, GA	30	0.319 ± 0.118	0.113 ± 0.065
8. Tallulah, GA	33	0.504 ± 0.045	0.152 ± 0.066
9. Clemson, SC	31	0.385 ± 0.079	0.129 ± 0.037
10. Lake City, SC	33	0.396 ± 0.090	0.103 ± 0.065
11. Loris, SC	31	0.531 ± 0.044	0.168 ± 0.087
12. Washington, NC	34	0.403 ± 0.083	0.141 ± 0.050
13. Greenville, NC	31	0.434 ± 0.090	0.142 ± 0.063
14. Raleigh, NC	43	0.411 ± 0.111	0.200 ± 0.087
15. Beach Pond, RI	32	0.427 ± 0.064	0.294 ± 0.126
16. Mansfield Hollow, CT	31	0.408 ± 0.059	0.245 ± 0.073
17. Staffordville, CT	31	0.363 ± 0.065	0.226 ± 0.106



Výsledky

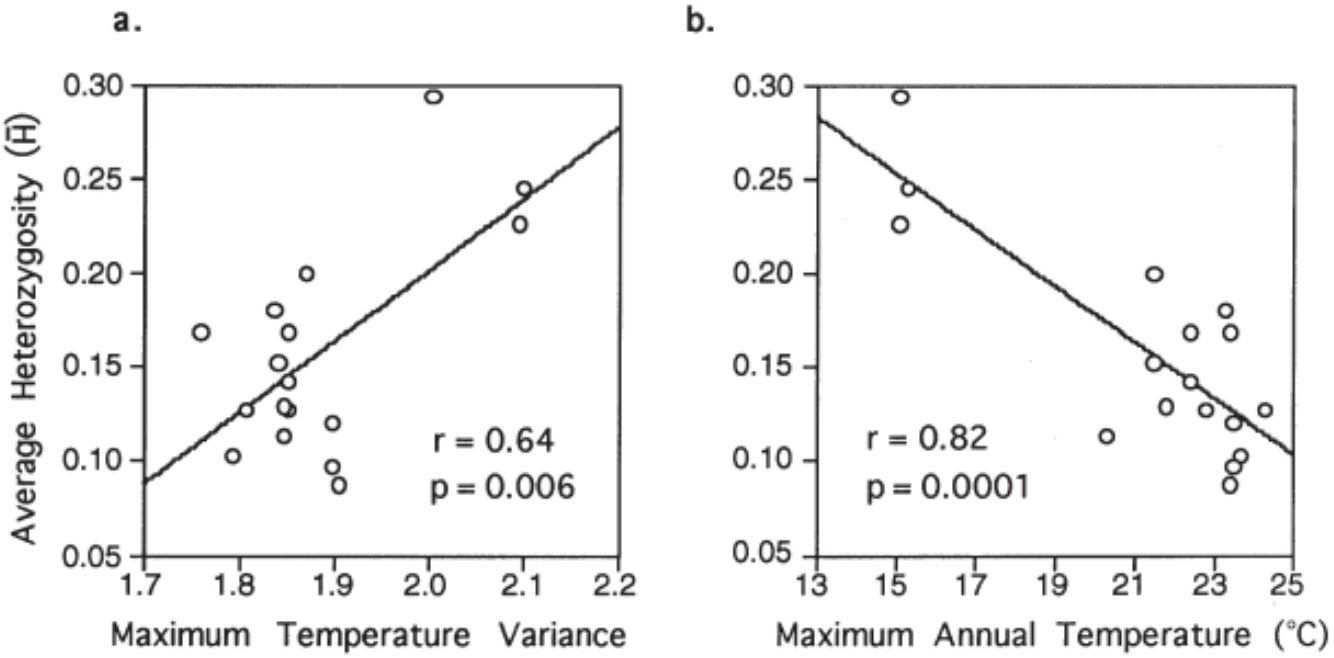


Figure 4 (a) Average observed heterozygosity increases significantly with maximum temperature variance. (b) Average observed heterozygosity decreases with increasing maximum temperature.

Diskuze

- První zaznamenaný případ Bergmannova pravidla u konkrétního druhu hmyzu - **?**
- Hlavním vysvětlením pravděpodobně změna **fotoperiody** se stoupající zeměpisnou šířkou – u hmyzu jako podnět ke zpomalování / zrychlování larválního růstu
- Vliv na přežívání jedinců a individuální rychlost růstu mohou mít i faktory, jako např. snížená vlhkost, sezónnost, dostupnost potravy atd.

Zdroje

- https://hfmoconservationandscience.weebly.com/ecological-rules-and-processes
- https://www2.palomar.edu/anthro/adapt/adapt_2.htm
- https://www.researchgate.net/figure/1-A-Stoat-Mustela-erminea-also-known-as-short-tailed-weasel-Kanuti-National_fig1_262688765
- https://idfg.idaho.gov/species/taxa/17667
- https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2699.1999.00271.x
- https://bugguide.net/node/view/1012005