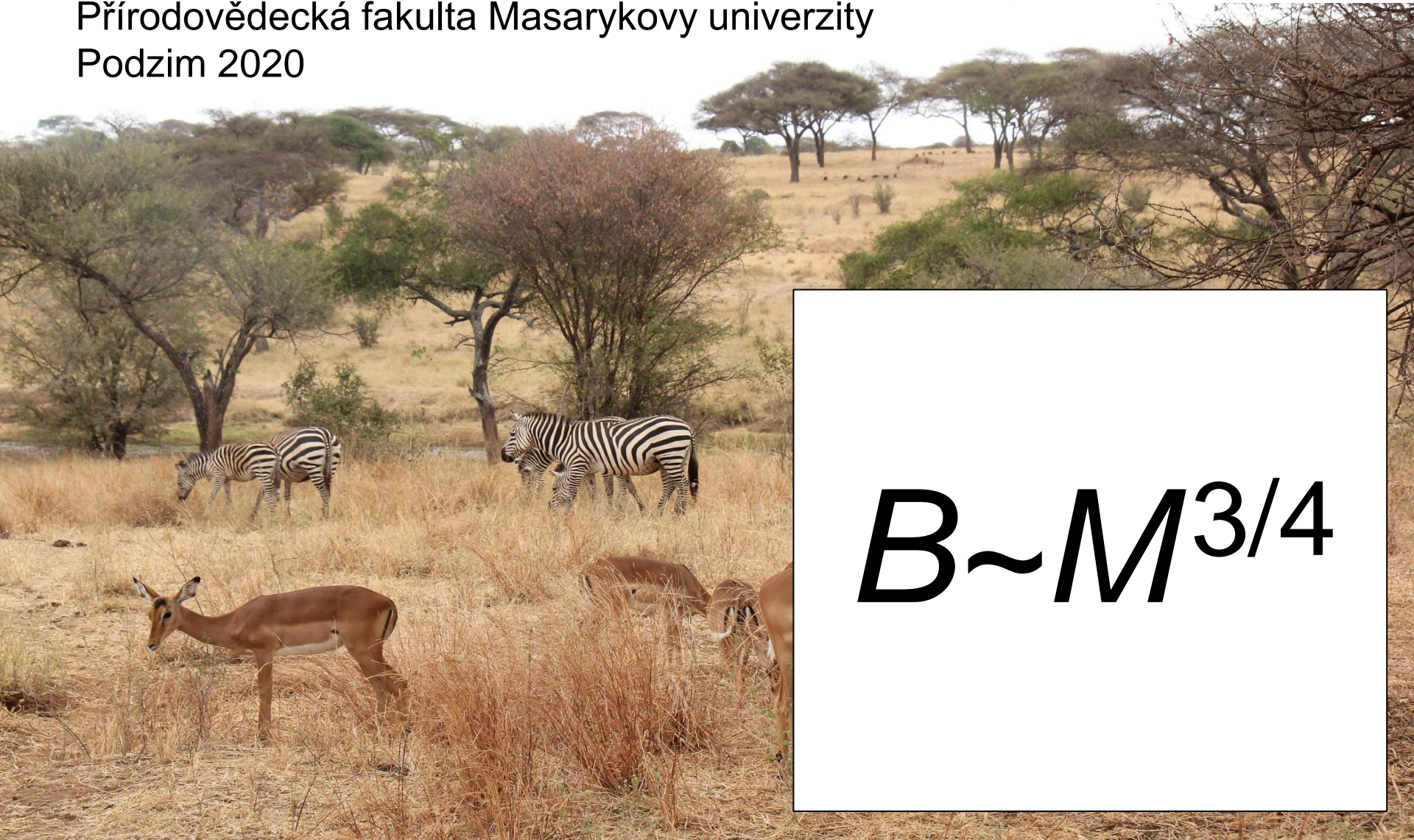


## 12. Metabolická teorie ekologie

Přednáší: Milan Chytrý, Ústav botaniky a zoologie,  
Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity  
Podzim 2020



$$B \sim M^{3/4}$$

# Metabolická teorie ekologie

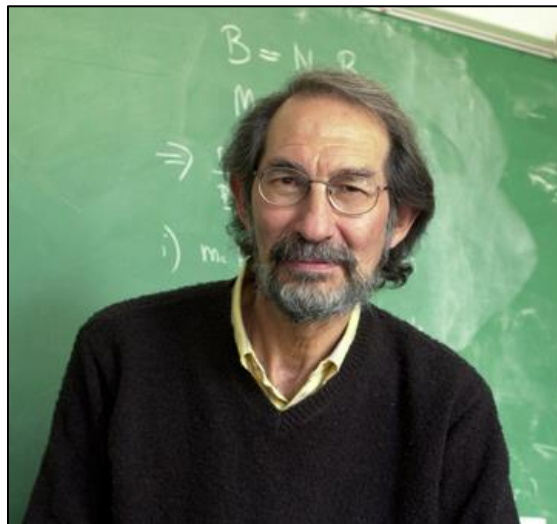
West et al. 1997, *Science*; Brown et al. 2004, *Ecology*

- Většinu ekologických patrností lze vysvětlit na základě různé intenzity metabolismu organismů
- Intenzita metabolismu závisí na velikosti a teplotě těla



Ecology 2004

James Brown



news.stanford.edu

Geoffrey West



news.arizona.edu

Brian Enquist

# Intenzita metabolismu (metabolický výdej)

- Množství energie spotřebované organismem za jednotku času
- Zpravidla se měří v klidovém stavu (bazální metabolismus)
- Je dán prací životně důležitých orgánů (srdce, plíce, mozek, svaly apod.)
- Jednotka: watt (práce 1 joulu vykonaná za 1 sekundu)



# Kleiberovo pravidlo

Kleiber 1947, *Physiological Reviews*

## Závislost intenzity metabolismu na hmotnosti těla



Storch 2004, *Vesmír*

# Kleiberovo pravidlo

Kleiber 1947, *Physiological Reviews*

## Závislost intenzity metabolismu na hmotnosti těla

$$B \sim M^{3/4}$$

$B$  ... intenzita metabolismu jedince (např. ve W)

$M$  ... hmotnost těla

zvíře 10 x těžší než myš má 6 x intenzivnější metabolismus

100 x těžší

32 x intenzivnější

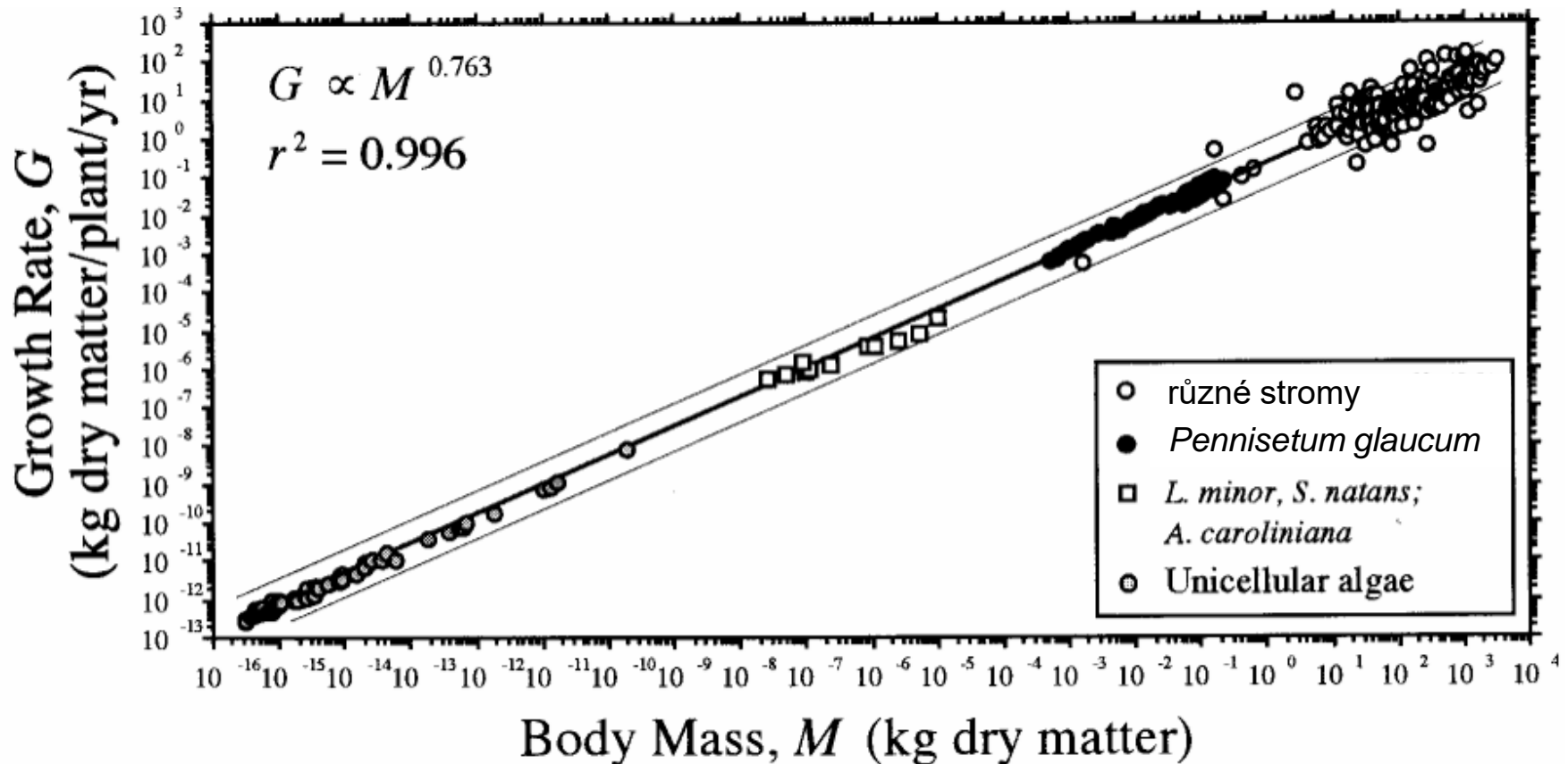
1000 x těžší

178 x intenzivnější

# Kleiberovo pravidlo

Kleiber 1947, *Physiological Reviews*

## Závislost intenzity metabolismu na hmotnosti těla



# Metabolická teorie ekologie

## Kontroverze ohledně velikosti exponentu

$B \sim M^{3/4}$  nebo  $M^{2/3}$  ?

### 2/3 (dřívější představa)

- organismy mají dvojrozměrný povrch, ale jsou trojrozměrné
- přes povrch energie uniká, ale uvolňuje se v objemu

### 3/4 (West et al. 1999, *Science*)

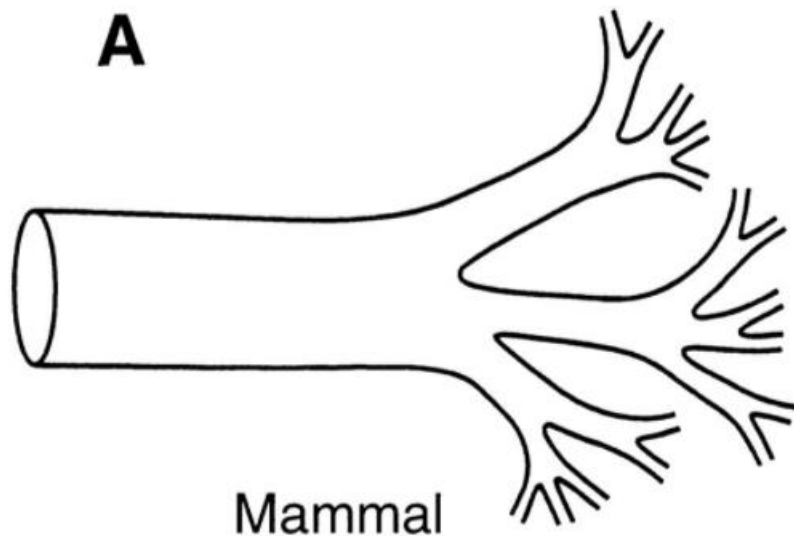
- organismy musí zprostředkovat přívod látek ke všem buňkám těla, což se děje pomocí fraktálních struktur (stále jemněji se větvících trubic)
- geometricky lze ukázat, že toto lze optimalizovat pro  $B \sim M^{3/4}$

# Metabolická teorie ekologie

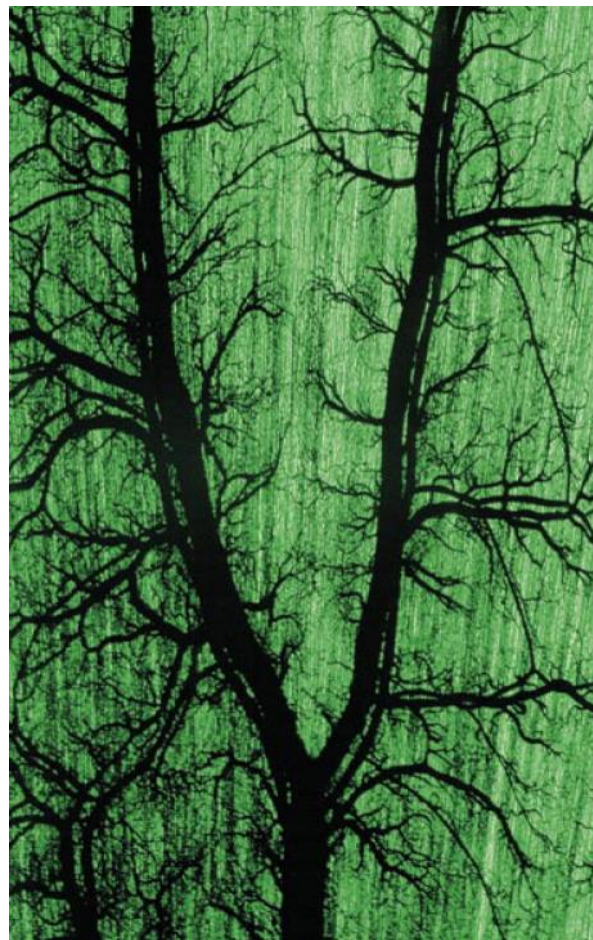
## Příklady fraktálních struktur

### Živočichové

oběhová nebo dýchací  
soustava složená z  
větvičích se trubic



### krevní řečiště





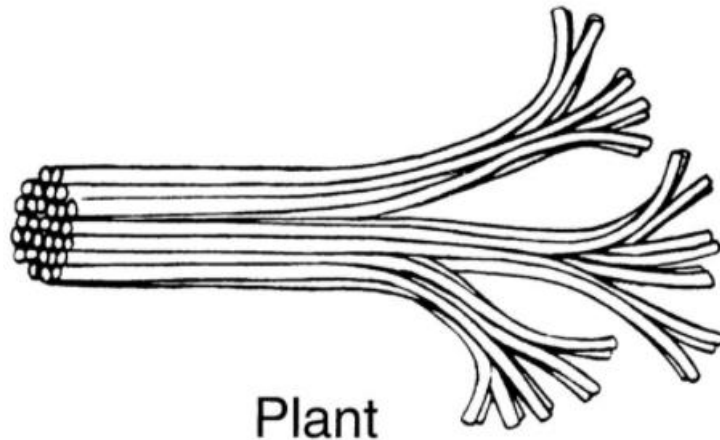
# Metabolická teorie ekologie

## Příklady fraktálních struktur

### Rostliny

vodivé pletivo tvořené  
cévními svazky

**B**

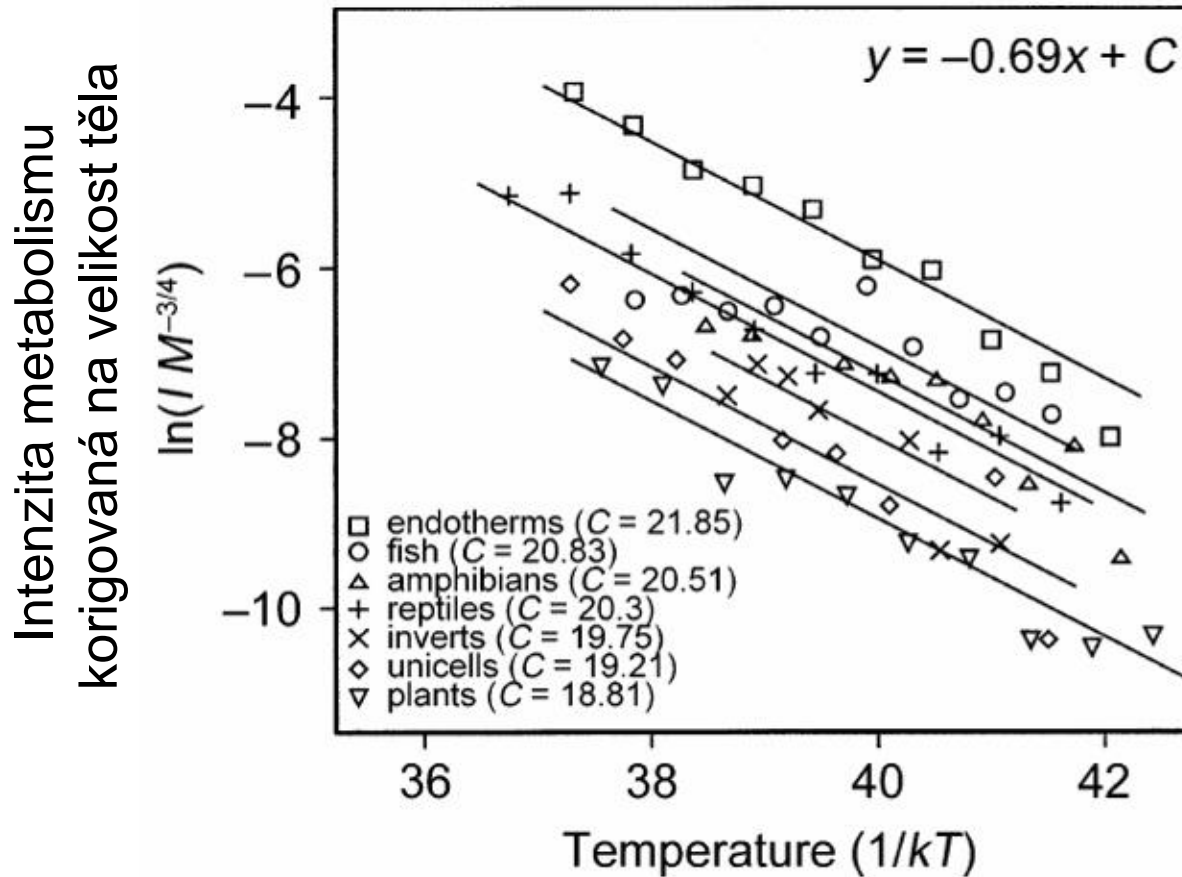


### "živočichové naruby"



# Metabolická teorie ekologie

Intenzita metabolismu závisí také na teplotě



# Co ovlivňuje intenzita metabolismu

## Zpomalení růstu jedince v průběhu ontogeneze

- organismy v mládí rostou rychle, ale později se růst zpomaluje
- u většího těla jsou složitější transportní sítě, a proto i pomalejší metabolismus

# Co ovlivňuje intenzita metabolismu

## Velké organismy žijí déle

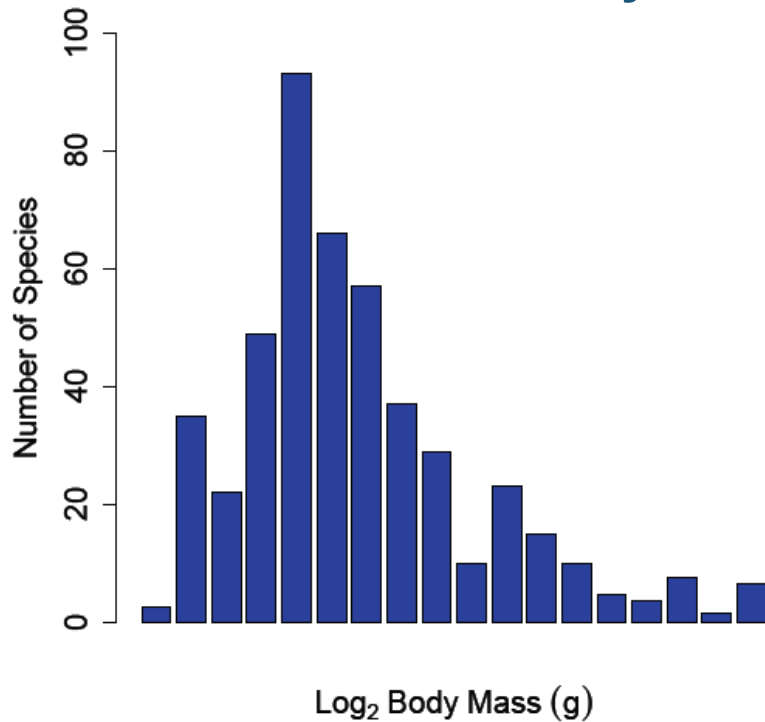
- čím intenzivnější metabolismus, tím rychleji se organismus opotřebuje
- velké organismy mají menší metabolický výkon na jednotku hmotnosti, proto žijí déle
- počet tepů srdce za život je u různě dlouho žijících obratlovců přibližně shodný



# Co ovlivňuje intenzita metabolismu

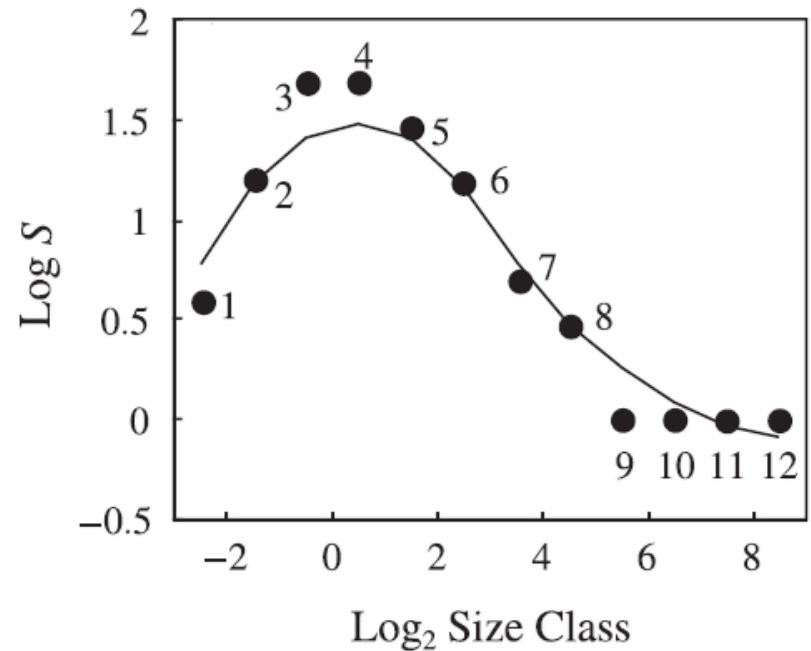
## Distribuce velikosti těla organismů

### Terestriční savci Severní Ameriky



Brown & Nicoletto 1991,  
*American Naturalist*

### Hlubokomořští plži severozápadního Atlantiku

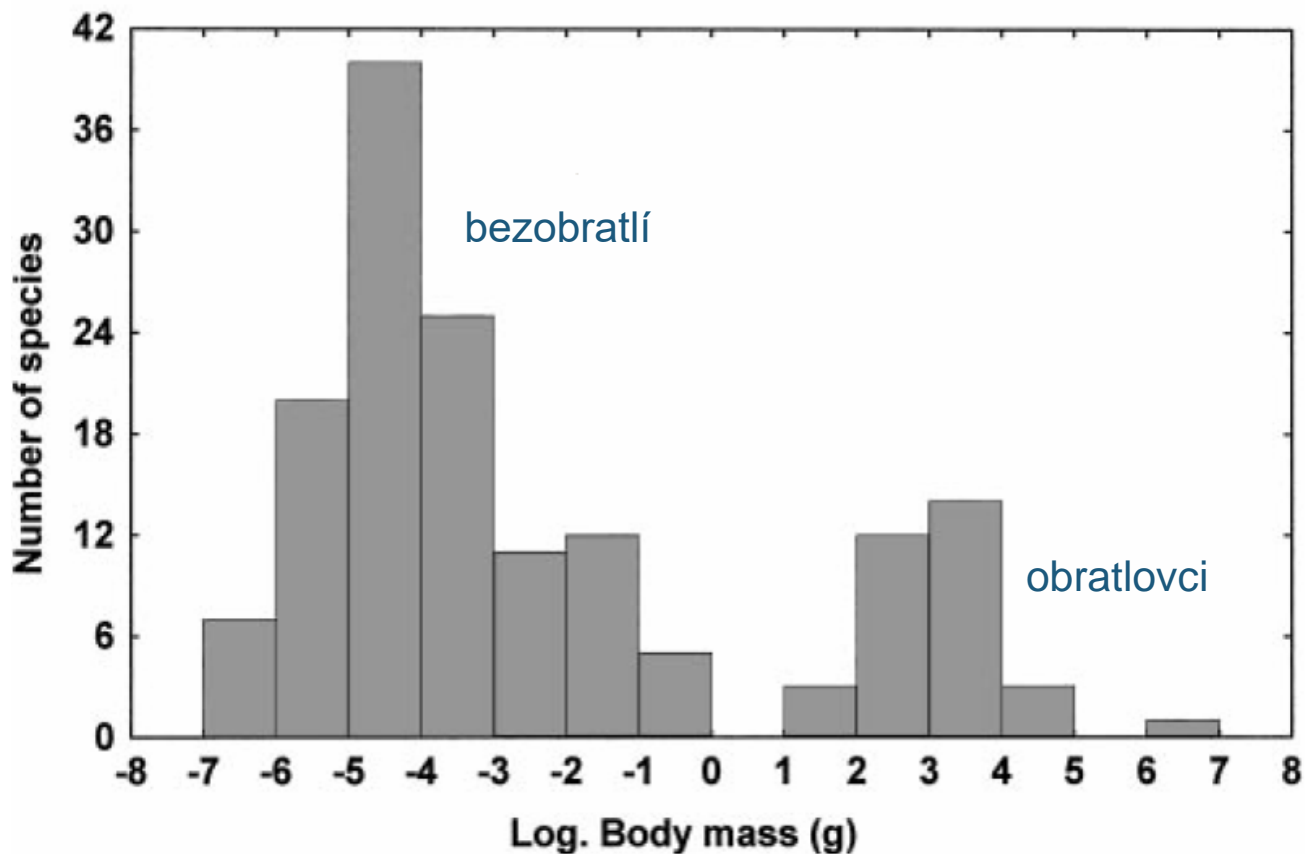


McClain 2004, *Global Ecology and Biogeography*

# Co ovlivňuje intenzita metabolismu

## Distribuce velikosti těla organismů

Marion Island – všichni terestriční živočichové



# Co ovlivňuje intenzita metabolismu

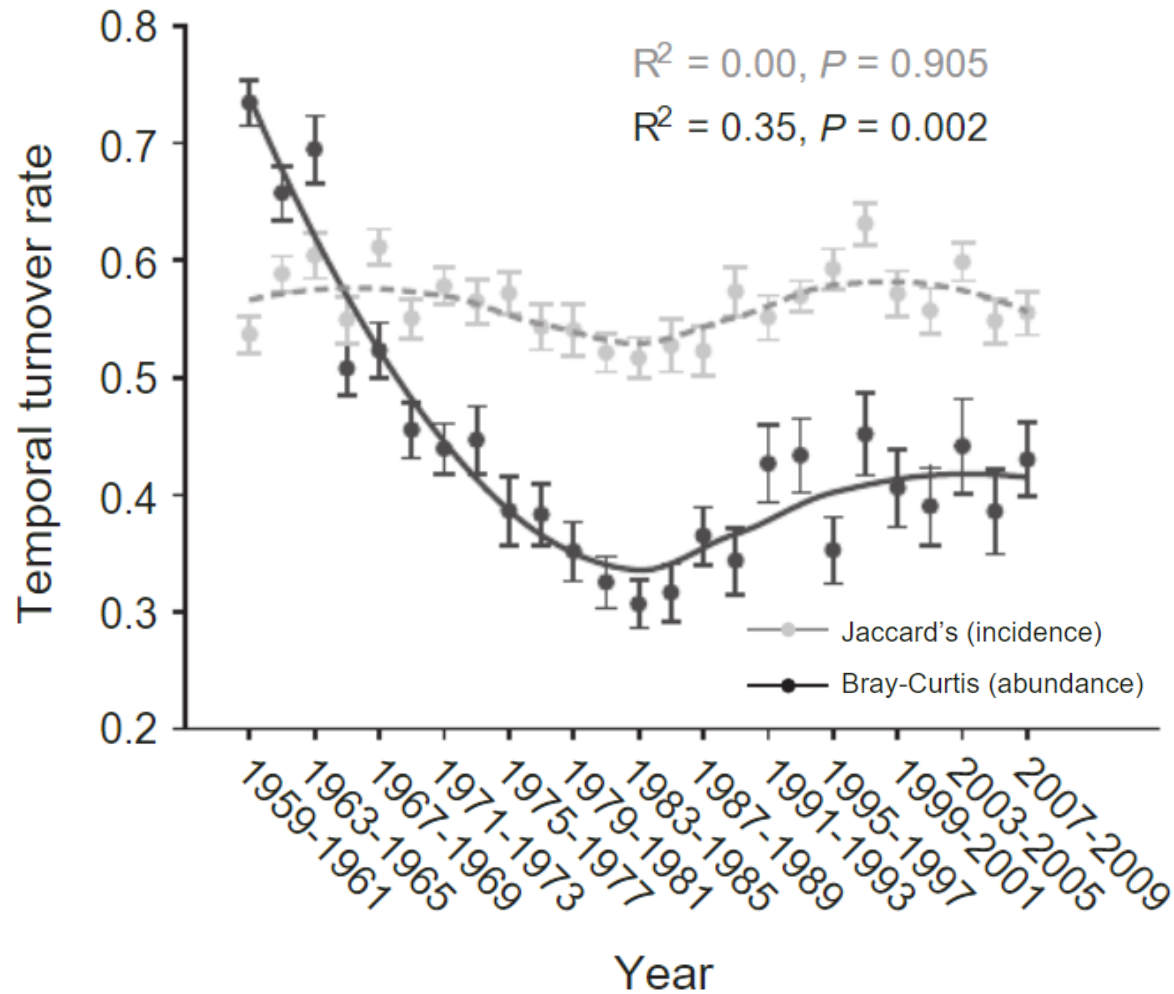
## Distribuce velikosti těla organismů

### Proč je většina druhů malých?

- **speciace:** malé organismy žijí krátce, mají kratší generační dobu, proto je u nich rychlejší speciace
- **vymírání:** velké organismy spotřebují víc zdrojů na jednoho jedince, proto musí mít menší populace, které jsou náchylnější k vymření

# Co ovlivňuje intenzita metabolismu

## Rychlost sukcese





# Co ovlivňuje intenzita metabolismu

## Rychlost sukcese

- je rychlejší v iniciálních stadiích, protože uvolněný prostor snadněji kolonizují malé druhy (rostou rychle, žijí krátce)
- postupně se zpomaluje kvůli šíření velkých druhů (rostou pomalu, žijí dlouho)



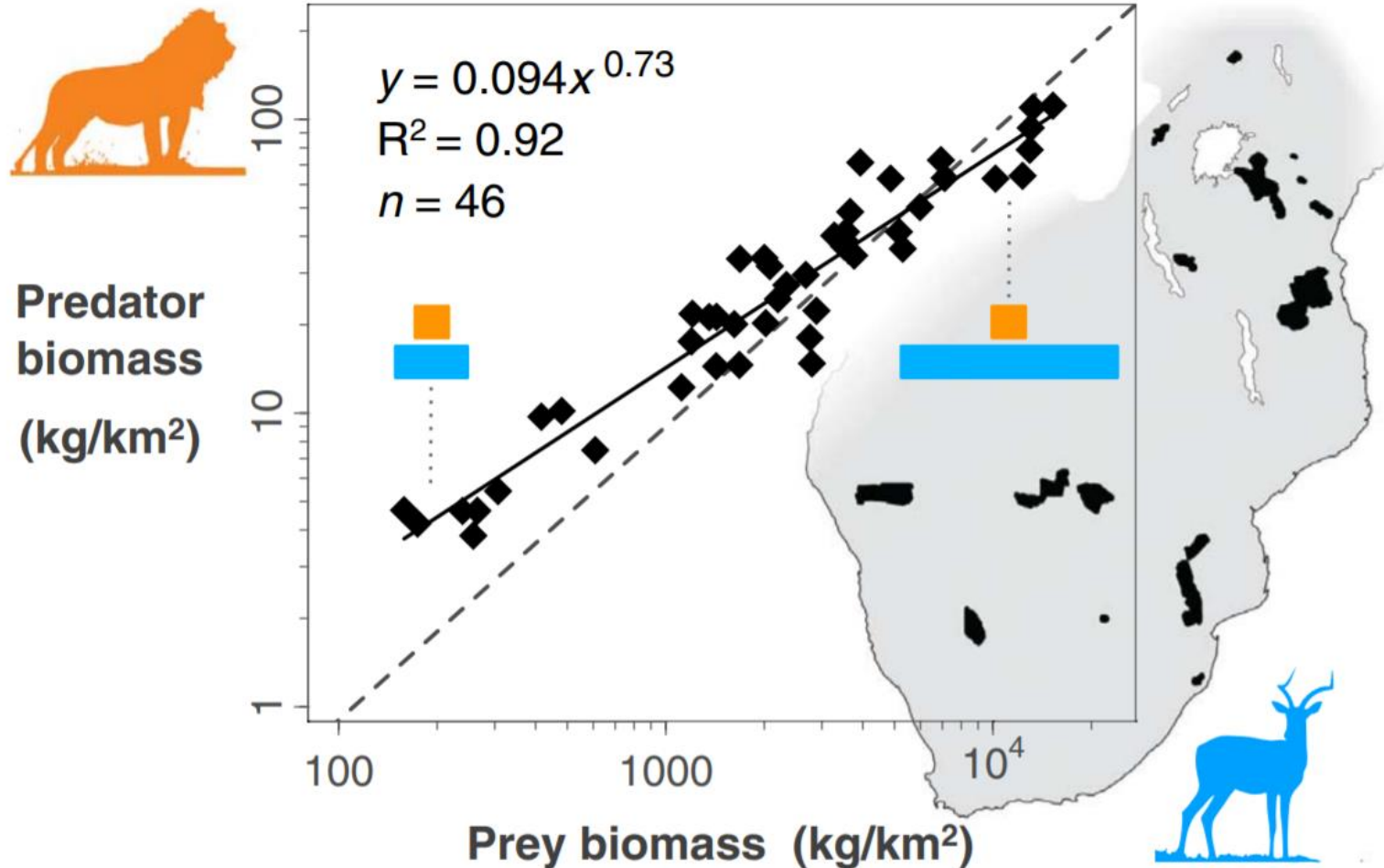
# Co ovlivňuje intenzita metabolismu

## Rychlost evoluce

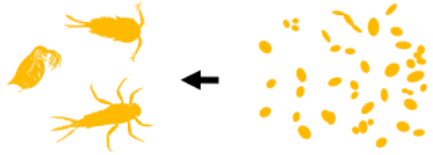
- je rychlejší u organismů z teplejších oblastí  
(jedno z vysvětlení latitudinálního gradientu diverzity)
- je rychlejší u menších organismů  
(jedno z vysvětlení převahy malých druhů)
- je rychlejší u endotermních organismů než u ektotermních organismů se stejně velkým tělem

# Současný pohled na metabolickou teorií

## Biomasa predátorů a kořisti na afrických savanách



# Současný pohled na metabolickou teorii



▼ Zooplankton biomass vs total algal community biomass

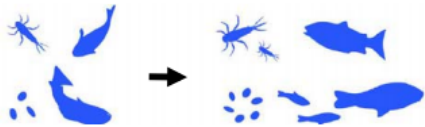
$k = 0.71$  (0.65, 0.76),  $n = 667$

Production-biomass scaling



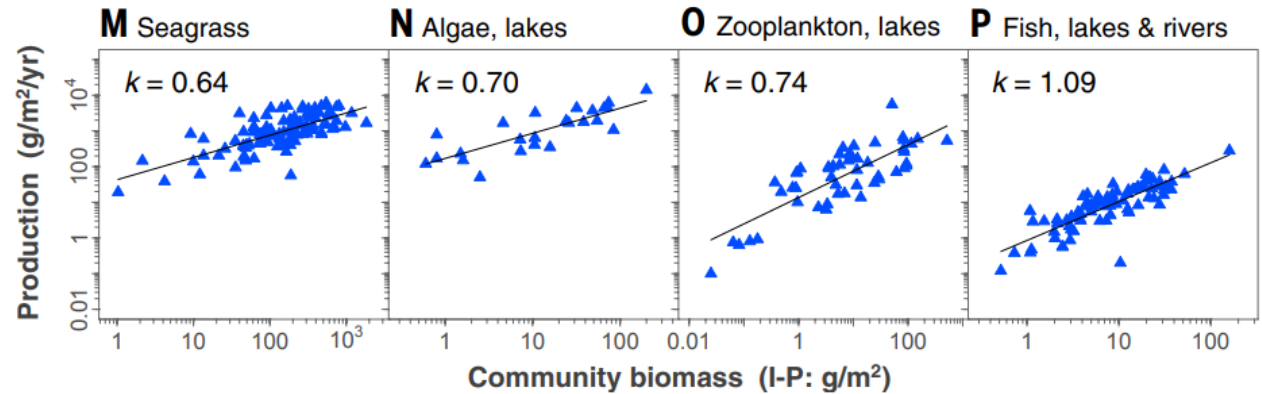
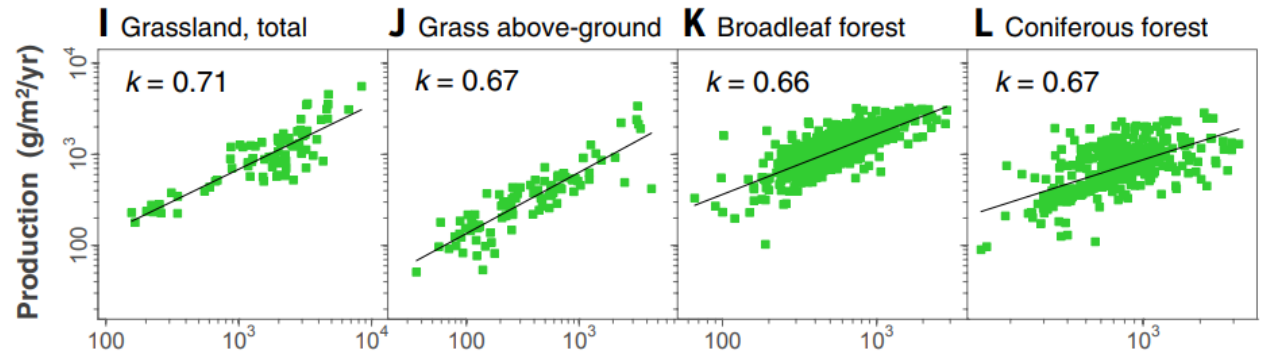
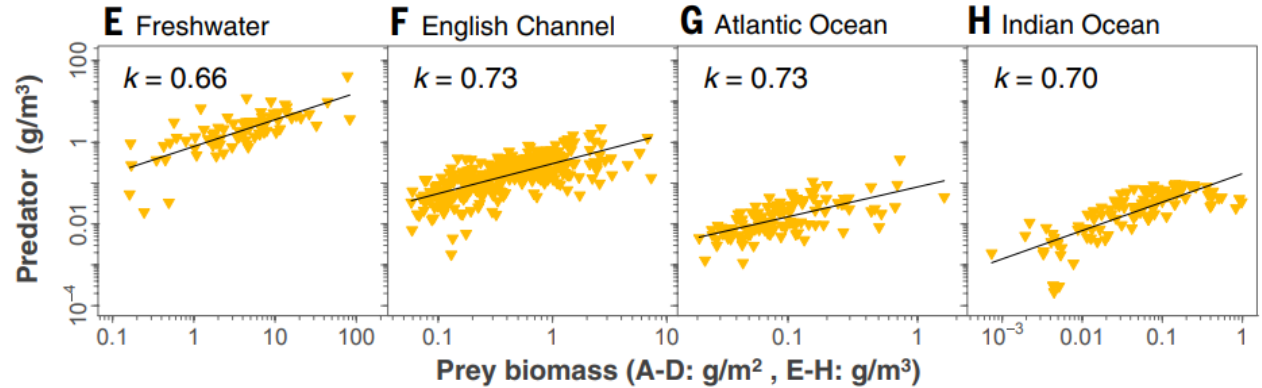
■ Plant community production vs total foliage biomass

$k = 0.67$  (0.64, 0.71),  $n = 1153$



▲ Aquatic trophic community production vs total biomass

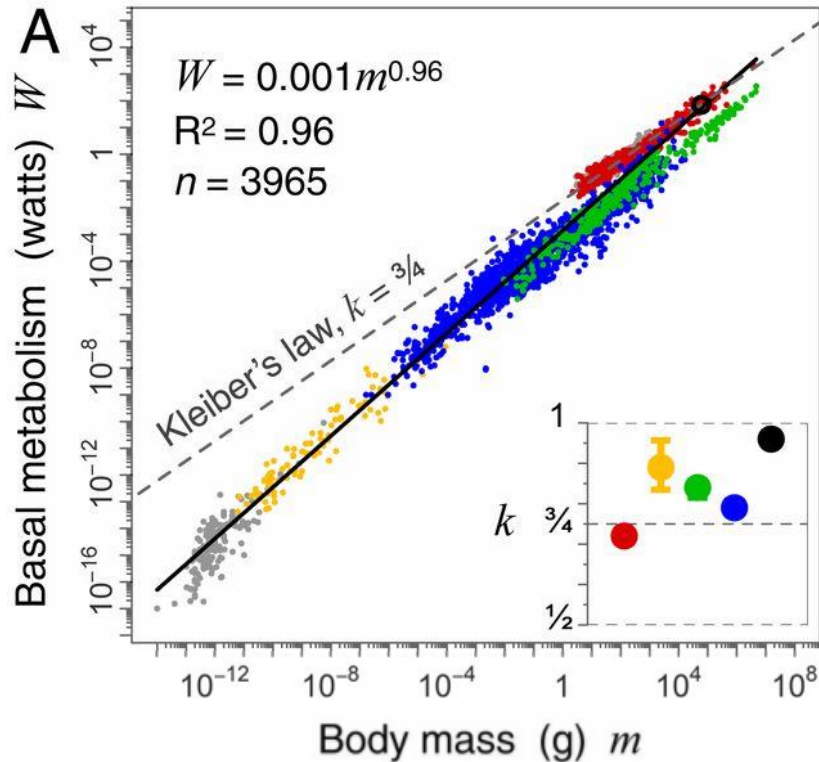
$k = 0.76$  (0.68, 0.83),  $n = 256$





# Současný pohled na metabolickou teorii

## Intenzita metabolismu



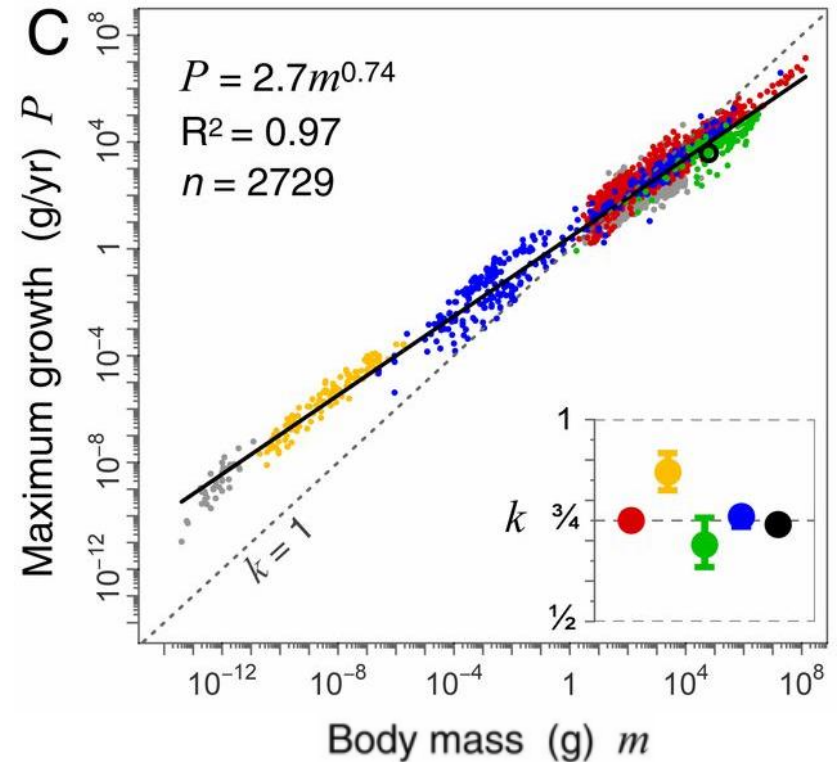
● Mammal

● Protist

● Plant

● Ectotherm

## Rychlost růstu

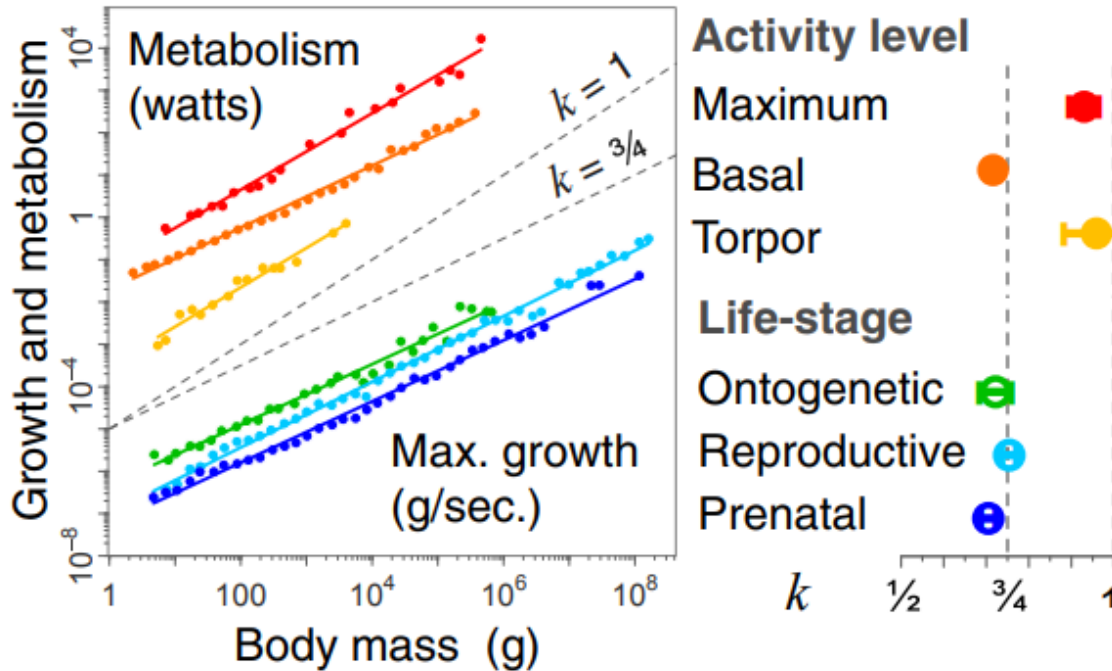


● Plant

● Ectotherm

# Současný pohled na metabolickou teorii

**B** Mammal scaling bounds



**C** Causal pathways

