



PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta UK

Tisková zpráva

Metabolická teorie biologie: začátek konce?

(Praha 21.10. 2019) Metabolická teorie ekologie, která vznikla na přelomu tisíciletí, si nárokovala privilegium popisovat nejzákladnější rovinu zákonů, jimiž se řídí rychlost všech biologických procesů na Zemi. Tým ekologů, jehož součástí byl i profesor David Storch z katedry ekologie, však v prestižním časopise PNAS nedávno publikoval článek založený na analýzách obřích datových souborů, který ukazuje, že metabolismus pravděpodobně není tou nejzákladnější rovinou popisu.

Na přelomu tisíciletí vznikla přičiněním řady autorů velmi vlivná biologická teorie, tzv. metabolická teorie ekologie, která tvrdí, že metabolismus souvisí matematicky předpověditelně (škálovaně, ang. "scaling") s velikostí organismu a tato závislost se následně projevuje v rychlosti všech klíčových životních procesů. Vůdčí ideou této teorie je představa, že s velikostí těla se metabolismus nemění proporčně, kdy dvakrát větší organismus by měl dvakrát větší metabolismus, ale disproporčně. Vyneseme-li si metabolismus vůči tělesné hmotnosti v logaritmické škále do grafu, pak získáme přímkou, jejíž sklon odpovídá zhruba koeficientu $\frac{3}{4}$ - a právě toto je bráno jako axiom metabolické teorie.

Metabolická teorie tvrdí, že od metabolismu je odvozena řada dalších procesů, jako je např. růst biomasy, délka života, tepová frekvence, dechová frekvence, takže po vynesení těchto veličin vůči velikosti těla v logaritmické škále vyjde vždy sklon přímkou $\frac{3}{4}$. Data, která tuto teorii potvrdovala, vycházela především z měření fyziologických vlastností těl obratlovců, zejména savců. Síla teorie však nespočívala pouze v tom, že dobře odpovídala empirickým datům, ale také v tom, že poskytovala obecné vysvětlení, proč by měl sklon přímkou právě hodnotu $\frac{3}{4}$.

Teorie má řadu dalších využití, např. v ochraně přírody. Představme si např. nějaký organismus, který projde výrazným snížením počtu jedinců. Metabolická teorie může

poskytnout rámec pro předpověď, jak rychle se druh z této krize vzpamatuje. To je totiž řízené právě těmito škálovacími zákonitostmi - teorie dokáže dobře vysvětlit, proč se např. myši množí rychle, ale mají kratší dobu života - na rozdíl např. od slonů. Škálování růstu lze ale využít i zcela mimo biologii. Např. jeden ze zakladatelů metabolické teorie, britský fyzik Geoffrey West napsal slavnou knihu "Scale", v níž popisuje efekt škálování v urbanistickém rozvoji, např. jak s velikostí města roste blahobyt obyvatel, kriminalita, infrastruktura, porodnost atd.

O univerzální platnosti teorie však začala odborná komunita postupně pochybovat. Proti svědčila jak některá data, teorie byla však torpédovaná i teoretiky, kteří poukazovali na některé její vnitřní inkonzistence. Ekolog Ian Hatton z Princetonské univerzity šel v kritice metabolické teorie ještě dále. V článku, otištěném před několika lety v Science, ukazuje, že sklon $\frac{3}{4}$ lze najít i na ekosystémové úrovni, i když tehdy když do toho nevstupuje individuální metabolismus. Začalo se ukazovat, že sklon $\frac{3}{4}$ je spíše univerzální charakteristikou růstu, která je možná nezávislá na metabolismu jedince. Dalším krokem v erozi metabolické teorie je právě článek v časopise PNAS (Proceedings of the National Academy of Science), jehož spoluautorem je vedle Iana Hattona i prof. David Storch. Během mnoha let se podařilo nasbírat obrovský datový soubor, týkající se metabolismu, velikosti těla, rychlosti produkce biomasy, populačních početností a délky života, tedy komplex zcela základních dat o životních strategiích (life-history) organismů napříč celou eukaryotickou doménou života.

Když jej autoři článku začal analyzovat, objevilo se hned několik překvapivých věcí. První z nich bylo, že sklon křivky napříč různými skupinami (a tedy ne pouze v rámci savců, ptáků atd.) nepodléhá $\frac{3}{4}$ zákonu, ale blíží se spíše koeficientu 1, metabolismus je tedy v tomto měřítku přibližně přímo úměrný velikosti. Škálování se tedy liší, když se podíváme na všechny organismy najednou nebo když se podíváme na jednotlivé skupiny - "kanonické" $\frac{3}{4}$ tedy univerzálně neplatí. Poté se autoři podívali na produkci biomasy (počítanou jako kombinaci individuálního růstu + produkce potomstva). Ukázalo se, že produkce biomasy škáluje prakticky univerzálně s koeficientem $\frac{3}{4}$, a to jak uvnitř skupin, tak napříč všemi eukaryoty, a je tedy zjevně mnohem univerzálnější než škálování samotného metabolismu. Zdá se tedy, že to byl právě metabolismus, který se přizpůsobuje omezeným možnostem růstu a jeho $\frac{3}{4}$ škálování je spíše důsledek a nikoliv příčina. Možná je tedy podstatou rozdílné rychlosti životních procesů nějaká hluboká zákonitost ovlivňující dynamiku růstu a metabolismus je druhotný.

[Ian A. Hatton, Andy P. Dobson, David Storch, Eric D. Galbraith, Michel Loreau, Linking scaling laws across eukaryotes, Proceedings of the National Academy of Sciences Oct 2019, 201900492; DOI: 10.1073/pnas.1900492116](#)

Kontakt:

Prof. David Storch, Ph.D.
Email: storch@cts.cuni.cz