

Téma: Altruizmus a príbuzenská selekcia

Evolučná biológia je veda, ktorá skúma vývoj organizmov v dlhších časových obdobiach. Jej základy položil Charles Darwin už v devätnástom storočí. Podľa teórie, ktorú po Darwinovi rozpracovali aj mnohí ďalší biológovia, je základnou jednotkou prirodzeného výberu jedinec. Vďaka odlišnostiam medzi jedincami v rámci jedného druhu sú jednotliví jedinci rôzne úspešní v odovzdávaní svojich génov do ďalšej generácie. To v konečnom dôsledku vedie k tomu, že v populácii sa rozšíria potomkovia jedinca, ktorí bol úspešný v súťaži o zdroje s ostatnými jedincami svojho druhu. Hovoríme, že takýto jedinec mal vysokú evolučnú zdatnosť (*fitness*).

Teóriu prirodzeného výberu do istej miery dopĺňa **teória sebeckého génu**, ktorej autormi sú najmä William D. Hamilton, George C. Williams a Richard Dawkins. Podľa tejto teórie jednotkou evolúcie nie je jedinec, ale gén (presnejšie alela). Alela, ktorá úspešne zabezpečí prenos svojej kópie do ďalšej generácie, sa v populácii postupne rozšíri viac, než alela, ktorá pri svojom šírení nie je taká úspešná. Z dlhodobého hľadiska tak bude prvá alela v populácii podstatne rozšírenejšia a tým pádom evolučne úspešná.

Výhodou teórie sebeckého génu je, že dokáže vysvetliť fenomén altruizmu. **Altruizmus** je jav, pri ktorom jeden jedinec pomáha inému jedincovi, pričom sám pri tom znižuje svoju fitness. Typickým príkladom je napríklad správanie včelích robotníc - namiesto toho, aby sa samy rozmnožovali, starajú sa o kráľovnú. Z teórie sebeckého génu však vyplýva, že nie je podstatné, akým spôsobom je zabezpečený prenos génu do ďalšej generácie. Z tohto hľadiska môže byť pomáhanie vlastným príbuzným rovnako významné, ako investícia zdrojov do vlastného rozmnožovania. Pravdepodobnosť, že príbuzní tiež nesú kópiu danej alely je vysoká, a tak aj pomoc príbuzným môže umožniť prenos alely do potomstva. Takýto typ stratégie správania nazývame príbuzenská selekcia (*kin selection*).

1. príklad: Ako už bolo spomenuté, príbuzenská selekcia je dobrým vysvetlením pre niektoré pozorované výskyty altruizmu. Pre altruistu (jedinec A) je však výhodné pomáhať jedincovi B iba vtedy, keď platí

$$rB > C,$$

kde

r je miera príbuznosti jedincov A a B, teda percento génov (presnejšie aliel), ktoré zdieľajú.

B je výhoda, ktorú získa jedinec B vďaka pomoci altruistu,

C je strata jedinca A (altruistu) v dôsledku poskytnutia pomoci.

Pre rodiča a jeho potomka u diploidných organizmov platí, že miera ich genetickej príbuznosti je 1/2. Tým pádom, pre súrodencov je miera genetickej príbuznosti 1/4. Pre dvoch súrodencov totiž platí, že s každým rodičom zdieľajú 1/2 spoločných aliel. Ak každý zdieľa 1/2 aliel s matkou, potom navzájom zdieľajú $1/2 \cdot 1/2 = 1/4$ aliel po matke. To isté platí pre zdieľanie aliel po otcovi, preto aj po otcovi zdieľajú potomkovia 1/4 spoločných aliel. Dokopy po oboch rodičoch teda zdieľajú $1/4 + 1/4 = 1/2$ aliel, takže **r = 0,5**.

a) Včely sú typickým príkladom sociálneho hmyzu. Vyvinul sa u nich charakteristický spôsob určovania pohlavia jedincov. Larvy, ktoré sa vyliahnú z oplodnených vajíčok, a sú teda diploidné, sa vyvíjajú ako včely (samičky). Larvy, ktoré sa vyliahnú z neoplozených

vajíčok, a sú teda haploidné, sa vyvíjajú ako trúdy (samčekovia). Samčie aj samičie gaméty sú haploidné.

Predpokladajte, že celé včelstvo (vrátane jeho novej kráľovnej) je potomstvom jednej kráľovnej a jedného trúda. Aká je miera genetickej príbuznosti pre dvojicu nová kráľovná a robotnica (súrodenci) ? Uvedte aj postup výpočtu.

b) Ako sa nazýva spôsob rozmnožovania, pri ktorom sa vyvíja jedinec z neoplodneného vajíčka?

c) Vypočítajte, či by sa robotnici na základe teórie príbuzenskej selekcie vyplatilo viac sa osamostatniť a mať vlastných potomkov alebo je pre ňu výhodnejšie pomáhať kráľovnej. Predpokladajte, že teoretický počet potomkov je 1000 pre včelu, ktorej so starostlivosťou o potomstvo nepomáhajú iné včely a 5000, keď jej iné včely pomáhajú. Využite vzorec $rB > C$. V odpovedi uveďte aj postup výpočtu. Uvažujte B ako zisk kráľovnej, ktorej pomáhajú robotnice a C ako stratu robotnice, ktorá sa nerozmnožuje sama.

2. príklad: V prírode existujú aj prípady altruizmu, u ktorých sa určite nejedná o príbuzenskú selekciu. Príkladom môže byť netopier *Desmodus rotundus*, ktorý žije v Južnej Amerike a vytvára veľké kolónie. Tento netopier sa živí krvou dobytky. V prípade, že sa niektorému jedincovi nepodarí získať potravu, často sa stáva, že iný jedinec zo skupiny mu vyvrhne trochu krvi, ktorú sám získal. Ako by ste vysvetlili tento typ altruizmu, tj. aký zisk má altruista?

3. príklad: V rôznych populáciách v prírode funguje altruizmus vďaka tomu, že ak jeden jedinec prejaví altruistické správanie voči inému, ten mu to neskôr pravdepodobne oplätí. Túto situáciu nazývame reciproký altruizmus. V populácii, kde funguje tento typ altruizmu, by pre jednotlivca bolo najvýhodnejšie nepomáhať ostatným a len využívať altruistické správanie zvyšných členov skupiny. Keďže v tomto prípade by mal „zradca“ najväčšiu výhodu, zanechal by najviac potomstva a postupne by v populácii prevládli samí zradcovia. Táto situácia predstavuje zdanlivo „**paradox**“ v evolúcii altruizmu.

Vašou úlohou bude overiť, aká stratégia je dlhodobou úspešná. Správanie jedincov v populácii si môžeme zjednodušene predstaviť ako hru s danými pravidlami. Predstavte si modelovú skupinu, kde jedinci hrajú po dvojiciach medzi sebou takúto hru. V prípade, že obaja spolupracujú, dostane každý z nich **3 body**. V prípade, že jeden zradí a ten druhý spolupracuje, zradca dostane **5 bodov** a spolupracujúci **0 bodov**. V prípade, že obaja zradia, dostane každý **1 bod**. V našej skupine sa nachádzajú tri typy stratégií:

Stratégia A - jedinec vždy spolupracuje (altruista).

Stratégia B - jedinec sa správa vždy ako „zradca“.

Stratégia C - v prvom ťahu sa jedinec správa ako altruista a v každom ďalšom ťahu ide rovnako, ako jeho súper o ťah predtým.

Prvá časť hry pozostáva z piatich kôl. V každom kole sa stretne každý hráč s každým.

V prvej tabuľke budú uvedené body, ktoré jednotliví hráči získajú v každom kole. Napríklad v prípade, že sa stretne A a A, teda altruista s altruistom, budú vždy spolupracovať, a tak v každom kole obaja dostanú po 3 body.

Ak sa stretnú A a B, teda altruista so zradcom, v každom kole zradca zradí a altruista bude spolupracovať, preto si vždy rozdelia body v pomere 0/5.

Ak sa stretne A s C, altruista bude vždy spolupracovať. Stratégia C bude v prvom kole spolupracovať, a potom opakuje predchádzajúci ťah súpera, čo je v tomto prípade spolupráca. Body si teda podelia v pomere 3/3 v každom kole.

a) Doplňte zvyšok tabuľky.

	1.kolo	2.kolo	3.kolo	4.kolo	5.kolo
A-A	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3
A-B	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
A-C	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3
B-B					
B-C					
C-C					

b) Zrátajte, koľko bodov bude mať po piatich kolách bodov **jeden** hráč danej stratégie.

A	B	C
30		

Predpokladajte, že v dôsledku nízkeho bodového zisku boli v druhej časti hry vyradení všetci altruisti, takže už zostali len stratégie B a C. Druhá časť hry pokračuje ako prvá časť.

c) Vyplňte tabuľku vzájomných hier.

	1.kolo	2.kolo	3.kolo	4.kolo	5.kolo
B-B					
B-C					
C-C					

d) Zrátajte, koľko bodov bude mať po piatich kolách bodov hráč danej stratégie.

B	C

e) Z výsledkov, ktoré vám vyšli, ktorá stratégia je podľa vás najúspešnejšia z dlhodobého hľadiska?

f) Ako by výsledky, ktoré vám vyšli, mohli vysvetľovať „paradox“ v evolúcii reciprokeho altruizmu?
