

Dvadsať rokov trvajúca evolúcia

V minulom článku sme hovorili o digitálnej evolúcii. Teraz sa zastavme pri zaujímavom experimente evolúcie biologických mikroorganizmov a pokúsme sa trochu demonštrovať výhody a nevýhody biologickej a digitálnej evolúcie z pohľadu experimentátora, ktorý sa snaží z prírody vydolovať nejaké informácie.

Lenského experiment

V experimente biológa Richarda Lenského z Michigan State University bola hlavnou hrdinkou baktéria *Escherichia coli*.

Ide o veľmi bežnú a nenáročnú, takmer „univerzálnu“, baktériu, veľmi často používanú v práci mikrobiológov. Myšlienka experimentu bola veľmi jednoduchá. Na začiatku si vzal Lenski jednu baktériu, z ktorej vytvoril množstvo klonov, z týchto klonov vybral 12 vzoriek a každú z nich vložil do samostatnej banky. Každý deň ráno svoje baktérie kŕmil trochu glukózy, ktorú však do popoludnia strávili a až do ďalšieho rána trpeli hladom. Na druhý deň ráno vybral z každej banky malú vzorku, vložil ju do novej banky, opäť ich nakŕmil dávkou glukózy a tento postup opakoval každý deň v priebehu 20 rokov a pokračuje v ňom dodnes.

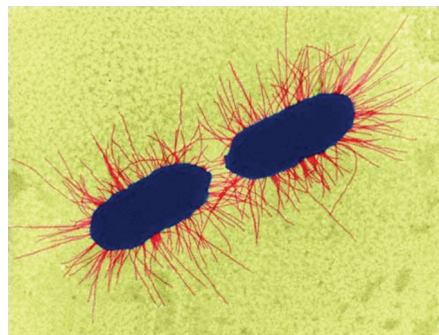
Vzhľadom k tomu, čo je o evolúcii známe, Lenski predpokladal, že bude v bankách prebiehať súťaž o zdroje, v tomto prípade o glukózu a teda dôjde k prirodzenému výberu. V každej generácii môže dôjsť u každej z baktérií k náhodnej mutácii, tá pre ňu môže byť škodlivá a baktériu zabiť alebo spomaliť jej rast, alebo naopak priaznivá a jej rast urýchliť. Baktérie so zvýhodňujúcou mutáciou by tak mali postupne v populácii dominovať, a to z dôvodu, že sú schopné rýchlejšie narásť a rozmnožiť sa – ostatné baktérie proste prevalcujú svojim počtom.

Lenského snahou bolo zistiť, či sa niečo podobné bude diať aj v tomto systéme. Aby bol schopný v budúcnosti podľa potreby sledovať vývoj svojich baktérií, vytváral si niečo ako fosílné záznamy. Každých 500 generácií zamrazil vzorku aktuálnych baktérií tak, aby tieto vzorky mohol kedykoľvek rozmraziť a hybernované baktérie tak znovu oživiť a skúmať ich vlastnosti.

Baktérie – jedna ze troch domén (nadříš) organizmů (Archea, Bacteria, Eukaryota), jednobuněčné organismy, které obvykle vytvářejí buněčnou stěnu, až na výjimky nemají obsah buňky rozdělený membránami na oddělené prostory. Typické tvary bakterií jsou kulové a tyčinkovité, mohou mít však i jiné tvary, například spirální. Velikost bakterií se obvykle pohybuje od zlomků mikrometrů po jednotky mikrometrů. Rozmnožují se nepohlavně, jsou však schopny si navzájem vyměňovat části DNA tzv. konjugací.

Klon – v biologii původně populace geneticky identických jedinců, později byl tento termín používán i pro jedince uměle vytvořené genetické kopie, v informatice kopie dat či částí kódu reprezentující vlastnosti a chování.

Fotografia baktérie *Escherichia coli* z elektronového mikroskopu. Dennis Kunkel Microscopy, Inc., 2001.



Citrát – v úzkém slova smyslu sůl kyseliny citrónové, neboli kyseliny 2-hydroxypropan-1,2,3-trikarboxylové. V biochemii se pojmem citrát myslí též anion kyseliny citrónové, disociované ve vodě. Sama kyselina citrónová je bílá, krystalická látka kyselé chuti, používaná v potravinářství pod označením E330.

Glukóza – hroznový cukr, krevní cukr, monosacharid se šesti uhlíky. V čisté formě je to bílá, krystalická látka sladké chuti. V přírodě se vyskytuje jen v optické formě D, pak se nazývá dextróza. Pro červené krvinky a mozek je to jediný zdroj energie.

Plazmid – DNA nacházející se mimo bakteriálního chromozomu. Malá kruhová molekula DNA, která kóduje specifické informace. Vyskytuje se u archeí, některých bakterií a vzácně i eukaryot. Plazmidy hrají významnou roli v odolnosti bakterií vůči antibiotikům. Genetická informace uložená na plazmidech může být vyměňována mezi dvěma bakteriemi konjugací, což je obdoba pohlavního rozmnožování.

Bílkovina – protein, vysokomolekulární biopolymer aminokyselin s molekulovou hmotností tisíc až milión. Tvoří strukturální i funkční podstatu živé hmoty.

Základná vec, ktorej sa začali baktérie, pravidelne trápené hladom, prispôsobovať, bola rýchlosť prijímania glukózy. Keďže sa nedostatok tohto tovaru pravidelne opakoval, získali výhodu tie baktérie, ktoré si z neho dokázal ukrojiť najväčší podiel. Výsledkom bolo zrýchlené vstrebávanie glukózy z okolia a súčasné baktérie sú schopné prijať z prostredia glukózu za 75 % času ako pôvodný klon. Toto zistenie potvrdzuje schopnosť organizmov prispôsobovať sa svojmu okoliu a dalo sa viac menej predpokladať, omnoho zaujímavejšia je však nasledujúca skutočnosť.

Kŕmenie citranmi

Skúmané baktérie boli kŕmené nielen glukózou, ale čiastočne aj citranmi, čo sú soli kyseliny citrónovej. Citrany však baktérie *E. coli* nie sú schopné stráviť, čo je jeden z ich základných vymedzujúcich znakov. Problém je v tom, že nie sú schopné ho prepraviť cez svoju bunecnú membránu dovnútra bunky. (Z tohto pravidla existujú výnimky, a to klony *E. coli*, ktoré majú túto schopnosť kódovanú v DNA obsiahnutej v plazmidoch, Lenského baktérie však neobsahovali žiadne plazmidy.) Prekvapením bolo, keď po 33 127 generáciách si Lenski a jeho študenti všimli v jednej z kultúr zvláštneho zákalu, ktorý obyčajne znamenal kontamináciu vzorky cudzími baktériami. V tomto prípade kontamináciu vylúčili a ako príčinu určili pôvodné baktérie *E. coli* pochtňavajúce si na citrane. Keď tieto baktérie premiestnili do prostredia obsahujúceho citrany, bunky ich začali využívať ako jediný zdroj uhlíku.

Vzápätí sa začali zaoberať otázkou, kedy sa baktérie naučili tieto citrany spracovávať. Začali postupne rozmrazovať uložené fosílie a zistili, že prvýkrát sa títo konzumenti citranov objavili v 31 500.

generácii a to v 0,5% koncentrácii. Po nasledujúcich 1 000 generácií ich zastúpenie postupne rástlo až na 19 % až v 33 000. generácii takmer vymizli. Avšak už za ďalších približne 120 generácií začalo zastúpenie v populácii opäť rásť, až sa stali dominantnými a v populácii prevládli. Tento nárast, pokles a opätovný nárast naznačuje, že sa pravdepodobne jednalo o niekoľko

Dvanásť populácií Lenského baktérií, v každej banke je jedna populácia. Brian Baer, Neeraj Hajela, 25. 6. 2008.

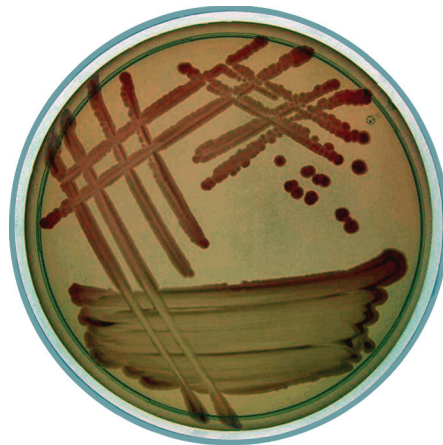


postupných mutácií. Prvá dovolila baktériám tráviť citrát, avšak nebola dostatočne úspešná v konkurencii s pôvodnými konzumentami glukózy, to takmer spôsobilo ich vyhynutie. Až následná ďalšia mutácia naučila baktérie tráviť citrát dostatočne účinne na to, aby boli schopné uspieť v konkurencii ostatných baktérií. Lenski sa so svojimi študentami pokúsil znovu prehrať evolúciu. Zobrali baktérie z vývojovej etapy pred vznikom konzumentov citranov a nechali ich vyvíjať sa v podobných podmienkach a z každého náznaku konzumácie citranov preniesli malú vzorku na Petriho misku obsahujúcu iba citrát. Podľa ich slov otestovali 40 biliónov buniek (to neznamená 40 biliónov testovaných vzoriek, aj malá vzorka obsahuje niekoľko miliónov buniek). Zistili, že z tejto hromady baktérií bola schopná tráviť citrany iba malá časť a že šanca na vznik tejto schopnosti je rádovo jedna ku biliónu.

Ďalšou úlohou teraz je zistiť konkrétne genetické mutácie, ktoré viedli k vývoju týchto klonov. Aby bola *E. coli* schopná živiť sa citranmi, potrebuje špeciálnu bielkovinu vo svojej bunecnej membráne, ktorá je schopná citrany dopraviť dovnútra. Je možné, že už existujúca bielkovina slúžiaca na prenos nejakej inej molekuly zmutovala do podoby, že bola schopná prenášať aj citrany. Ďalšie mutácie túto už zmutovanú bielkovinu ešte viac vylepšili, resp. jej vytvorili taký podporný aparát, aby bola schopná vykonávať tento prenos efektívnejšie a umožniť tak tomuto klonu poraziť (aspoň dočasne) ostatné klony v prirodzenom výbere, v súboji o zdroje a potomstvo.

Lenski pestoval svojich zhruba 30 000 generácií baktérií 20 rokov, neustále bojoval s kontamináciou, baktériám venoval nepretržitú starostlivosť a k vytváraniu „fosílnych“ záznamov používal zložité zmrazovacie techniky. Naproti tomu v digitálnej evolúcii, popísanej v minulom článku, prebehne 30 000 generácií organizmov (aj keď podstatne jednoduchších) za niekoľko minút, „fosília“ sa vyrobí kópiou dát na disk, je možné ich ľahko čítať a vyhľadávať v nich žiadané úseky. Tak ako sa Avida tímu pozorujúcemu digitálnu evolúciu podarilo demonštrovať vznik komplexnej funkcie porovnania dvoch čísiel, podarilo sa Lenského tímu ukázať, že vznik komplexných funkcií, v tomto prípade trávenie citranov, je možný aj v biológii. Môžeme teda predpokladať, že základné princípy evolúcie a prirodzeného výberu sú v oboch prípadoch zhodné, aj keď dôležité a zaujímavé je samozrejme štúdium oboch druhov evolúcie.

■ Vladimír Scholtz, 8. 5. 2009, AB 19/2009



Baktéria *Escherichia coli* vyrastená na Endovej pôde.
Foto autor.

Baktéria *Escherichia coli*. Mattosaurus, 2009.

