

KAPITOLA 22

PŮVOD POSTUPNOU ÚPRAVOU: DARWINŮV NÁZOR NA ŽIVOT

Historické podmínky evoluční teorie

- Západní kultura odolává evolučním názorům na život
- Teorie geologického gradualismu připravují cestu evolučním biologům
- Lamarck zařazuje fosilie do evolučního kontextu

Darwinova evoluce

- Terénní výzkum pomohl Darwinovi vytvořit si svůj názor na život
- *Původ druhů* rozvíjí dvě hlavní myšlenky: výskyt evoluce a přírodní výběr jako její mechanismus
- Příklady přírodního výběru poskytují důkazy o evoluci
- Biologie je prostoupena důkazy evoluce
- Jaký je teoretický Darwinův názor na život?

BIOLOGIE VSTOUPILA DO DĚJIN 24. listopadu 1859, dne, kdy Charles Darwin publikoval svůj „Původ druhů přírodním výběrem“ (v anglickém originále „On the Origin of Species by Means of Natural Selection“ – viz vpravo nahoře). Darwinova kniha vykreslila soudržný obraz života spojením bodů, které by se mohly zdát jako ohromující soubor nepřítušných skutečností. Původ druhů zaměřuje pozornost biologů na obrovskou rozmanitost organismů – jejich původ a vzájemné vztahy, jejich podobnosti a rozdíly, zeměpisné rozšíření a adaptace na okolní prostředí. Pochopení evoluce předává informace do všech oblastí biologie, od odhalování živých molekul až po analýzy ekosystémů. Aplikováním evoluční biologie se mění medicína, zemědělství, biotechnologie či ochrana prostředí. Evoluce integruje všechny biologické obory, je proto

ON THE ORIGIN OF SPECIES

BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

OR THE
PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE
FOR LIFE.

By CHARLES DARWIN, M.A.,

FELLOW OF THE ROYAL, GEOLOGICAL, LINNEAN, ETC., SOCIETIES;
AUTHOR OF 'JOURNAL OF RESEARCHES DURING H. M. S. BEAGLE'S VOYAGE
ROUND THE WORLD.'

LONDON:

JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.

1859.

The right of Translation is reserved.

hlavní tematickou nití, vinoucí se touto knihou. Tento oddíl objevuje mechanismy, pomocí kterých se vyvinul život.

Darwin v „Původu druhů“ vyslovil dvě základní myšlenky. Za prvé tvrdil, že druhy organismů, které dnes obývají Zemi, pocházejí z druhu určitého předka. Za druhé předložil mechanismus evoluce, který nazval **přírodní výběr**. Základní myšlenkou přírodního výběru je skutečnost, že populace organismů se může v průběhu generací měnit, pokud jedinci s určitými dědičnými znaky zanechají více potomstva než ostatní jedinci. Výsledkem přirozeného výběru je **evoluční adaptace**, výskyt zděděných charakteristik, které zvyšují přežití organismu a rozmnožování ve specifickém prostředí. Dnešními slovy bychom mohli říci, že genetické složení populace se postupem času změnilo, což je jeden ze způsobů definování **evoluce**. Termín evoluce však také můžeme použít na mnohem větší škálu všeho, co se týká biologické historie, od nejranějších mikrobů až po obrovskou rozmanitost moderních organismů.

V této kapitole budete studovat Darwinův pohled na život a jeho historický vývoj.

HISTORICKÉ PODMÍNKY EVOLUČNÍ TEORIE

Abychom mohli s nadhledem pochopit Darwinův názor, je nutné jej porovnat s dřívějšími názory na Zemi a na život. Souhrn intelektuální revoluce, jako je dar-

Vývoj
vědy

winismus, logicky závisí na jeho umístění v čase. Nyní se podívejme na historické souvislosti Darwinova života a jeho myšlenek (obrázek 22.1).

Západní kultura odolává evolučním názorům na život

Původ druhů byl ve své době skutečně radikální, nejen jako výzva pro stávající vědecké názory, ale také proto, že otřásl nehlubšími kořeny západní kultury. Darwinův pohled na život ostře kontrastoval s konvenčním paradigma, že Země je stará jen několik málo tisíc let, je osídlena neměnnými formami života, které byly vytvořeny jednotlivě během jediného týdne, kdy Stvořitel dal vzniknout celému vesmíru. Darwinova kniha změnila světový názor, panující po staletí.

„Scala naturae“ a naturální teologie

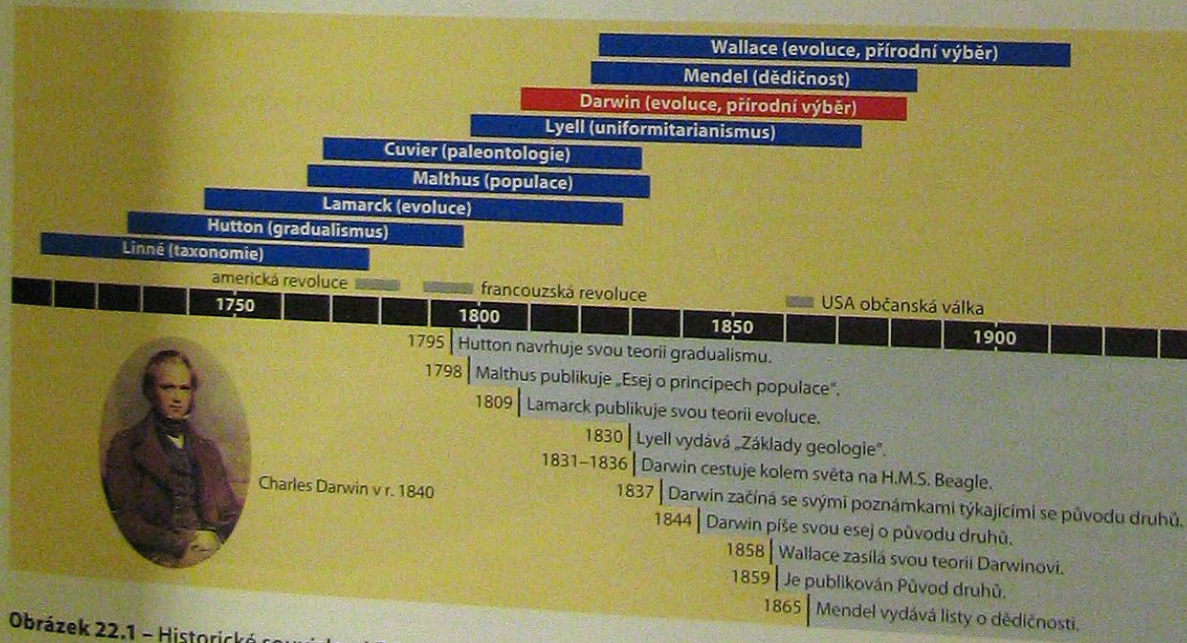
Mnoho klasických řeckých filozofů uvažovalo o postupné evoluci života. Avšak filozofové, kteří byli ovlivněni především západní kulturou, Platón (427-347 před n. l. a jeho žák Aristoteles (384-322 před n. l.) zastávali názory, které odporovaly jakémukoli evolučnímu konceptu. Platón věřil ve dva světy: reálný ideální svět a nedokonalý svět představ, který vnímáme našimi smysly. Evoluce by ve světě, kde jsou ideální organismy již perfektně přizpůsobeny svému prostředí, mohla mít opačný účinek, než by bylo žádoucí.

Aristoteles věřil, že by všechny živé formy mohly být uspořádány na určité stupnici neboli žebříčku podle vzrůs-

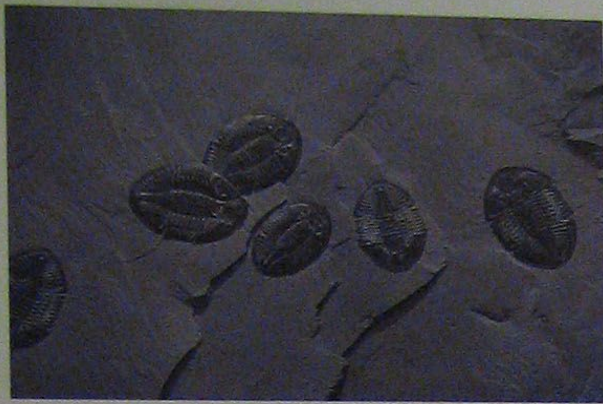
tající složitosti, později to bylo označováno jako *scala naturae* („stupně přírody“). Každá forma života měla přidělený svůj stupeň na tomto žebříčku a tento stupeň nemohl být vynechán. Podle tohoto názoru, který převažoval po více než 2000 let, jsou druhy stále, dokonalé a neměnné.

V židovsko-křesťanské kultuře – Starý zákon – je stvoření vysvětlováno tak, že druhy byly individuálně navrženy a nevyvíjí se. V 18. století v biologii v Evropě a Americe převažovala **naturální teologie**, filozofie určená k odhalení Stvořitelova plánu pomocí studia přírody. Naturální teologové viděli v adaptacích organismů důkaz, že Stvořitel vytvořil každý druh za určitým účelem. Hlavním předmětem naturální teologie byla klasifikace druhů, která by vedla k odhalení schodů stupnice života, jež Bůh vytvořil.

Karl Linné (1707-1778), švédský lékař a botanik, usiloval o nalezení řádu v rozmanitosti života „pro větší slávu boží“. Linné se specializoval na **taxonomii**, odvětví biologie, které se zaměřuje na pojmenování a klasifikaci rozličných forem života. Vyvinul dvouslovný čili binominální systém pojmenování organismů podle rodu a druhu, což je používáno dodnes. Linné navíc přijal systém řazení podobných druhů do hierarchie stále obecnějších kategorií. Například podobné druhy patří do stejného rodu, podobné rody tvoří stejnou čeleď a tak dále (viz obrázek 1.10). V čase Linného neurčovalo spojování podobných druhů žádnou evoluční příbuznost, ale o století později by se tento taxonomický systém stal ústředním bodem Darwinových evolučních argumentů.



Obrázek 22.1 – Historické souvislosti Darwinova života a jeho myšlenek



Obrázek 22.2 – Fosilie trilobitů, živočichů, kteří žili v mořích před stovkami milionů let

Cuvier, fosilie a katastrofismus

Studium fosilií také pomohlo položit základy Darwinových myšlenek. **Fosilie** jsou zbytky či otisky organismů z minulosti, zachované v hornině (obrázek 22.2). Většina fosilií se nachází v **usazených horninách**, vytvořených z písku a bláta, které sedají na dna moří, jezer a močálů. Nové vrstvy usazeniny kryjí vrstvy starší a stlačují je do jednotlivých vrstev horniny, takzvaných strat. Později může eroze proniknout přes horní (mladší) vrstvy a odhalit starší pohřbené vrstvy. Zkameněliny ve vrstvách ukazují, jak organismy osídlily postupem času Zemi (obrázek 22.3).

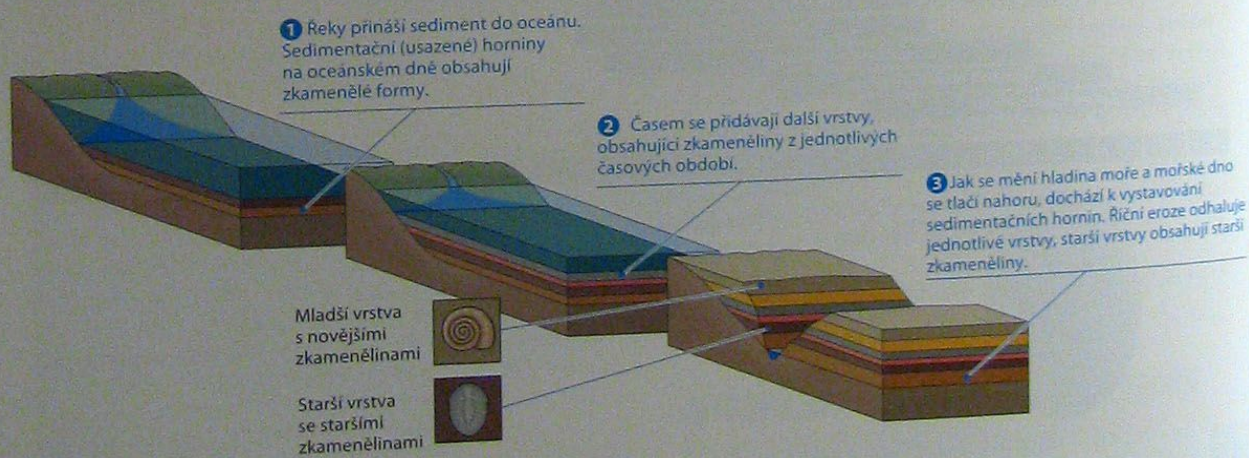
Paleontologie, studium fosilií, se výrazně vyvíjela díky francouzskému anatomovi Georgovi Cuvierovi (1769 až 1832). Uvědomil si, že historie života je zapsána v jednotlivých vrstvách obsahujících fosilie, dokumentoval sukcesi fosilních druhů v Pařížské pánvi. Všiml si, že každá vrstva je charakterizována jednou skupinou fosilních

druhů a že hlubší (starší) vrstva se od moderního života výrazně liší. Cuvier dokonce rozpoznal, že zánik (extinkce) byl běžnou událostí v historii života. V různých vrstvách se objevují nové druhy, zatímco jiné mizí. Cuvier byl svého času neochvějným oponentem evolucionistů. Místo toho obhajoval **katastrofismus**, spekulující o tom, že hranice vrstev časově odpovídají nějaké katastrofě, například záplavě či období sucha, což zničilo mnoho druhů žijících v té době. Předpokládal, že tyto periodické katastrofy byly obvykle omezeny na místní zeměpisné oblasti a že devastovaný region byl znovu osídlen druhy, přicházejícími z jiných oblastí.

Teorie geologického gradualismu připravují cestu evolučním biologům

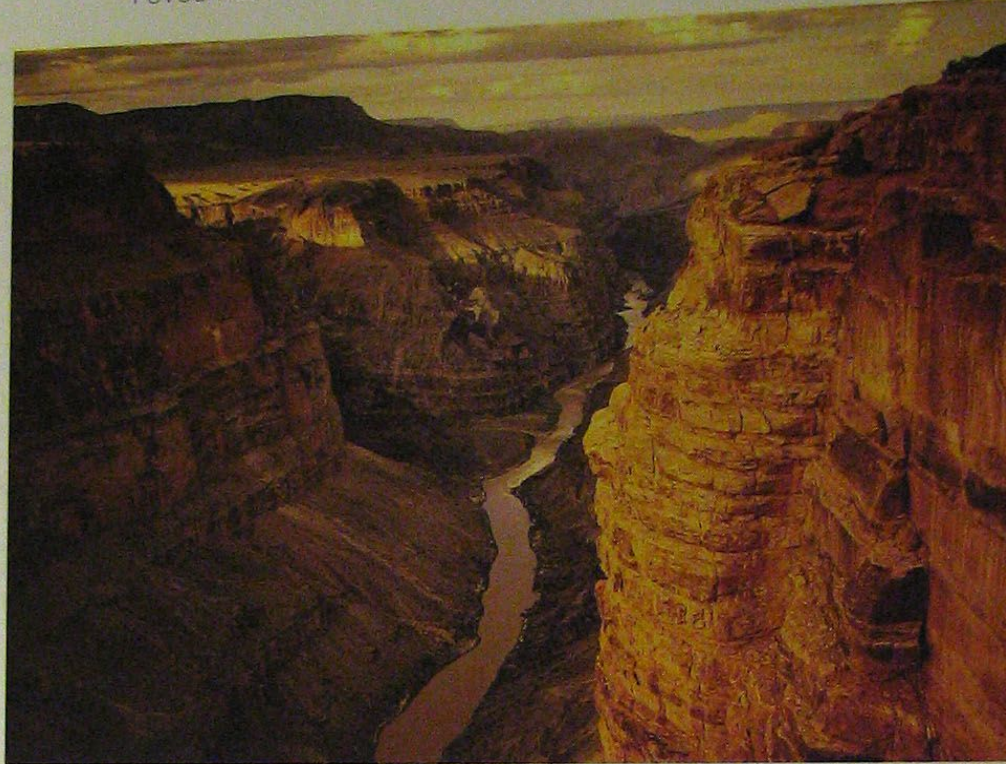
Cuvierově teorii katastrofismu konkurovala výrazně odlišná myšlenka zabývající se tvarováním zemské kůry geologickými ději. V roce 1795 skotský geolog James Hutton (1726–1797) navrhl možnost vysvětlit různé zemské tvary sledováním mechanismů, ke kterým dochází ve světě *v současnosti*. Například tvrdil, že kaňony byly vytvořeny řekami prorážejícími si cestu ve skalách a že usazeniny s mořskými fosiliemi byly vybudovány z částic, které vznikly erozí z půdy, a řekami byly přeneseny do moře (obrázek 22.4). Hutton vysvětloval zemské geologické znaky pomocí teorie **gradualismu**, která tvrdí, že opravdovou změnou je hromadění produktu pomalými, avšak nepřetržitými procesy.

Přední geolog Darwinovy doby Skot Charles Lyell (1797–1875), začlenil Huttonův gradualismus do teorie, známé jako **uniformitarianismus**. Název odpovídá Lyellově představě, že se geologické děje během historie Země neměnily. Tedy například síly, které vytvářejí hory a rozrušují je, stejně jako rychlosti, jimiž tyto síly působí, jsou v současnosti tytéž, jako byly v minulosti.



Obrázek 22.3 – Vznik sedimentační horniny a ukládání fosilií z různých časových období

Obrázek 22.4 – Vrstvy usazenin v Grand kaňonu. Řeka Colorado si proráží cestu skrz 2 000 metrů skály, tím dochází k odhalení sedimentačních vrstev, připomínajících obrovské strany knihy života. Když si prohlédnete stěnu kaňonu od jeho horního okraje až ke dnu, procházíte tak zpět stovkami milionů let. Každá vrstva pohřbívá zkameněliny, které představují určité organismy příslušného období historie Země.



Darwin byl silně ovlivněn dvěma závěry, které přímo vycházely z pozorování Huttona a Lyella. Za prvé, pokud je geologická změna důsledkem spíše pomalých, kontinuálních činností než náhlých událostí, pak musí být Země velmi stará, určitě mnohem starší než 6 000 let, jak bylo naznačeno mnoha teology na biblickém základě. Za druhé, velmi pomalé a nenápadné procesy přetrvávající po dlouhou dobu mohou přispívat k podstatné změně. Darwin každopádně nebyl prvním, kdo aplikoval princip gradualismu na biologickou evoluci.

Lamarck zařazuje fosilie do evolučního kontextu

Koncem 18. století několik přírodovědců, včetně Erasma Darwina, dědečka Charlese Darwina, tvrdilo, že život se vyvíjel podle toho, jak se měnilo prostředí. Avšak pouze jeden z předchůdců Charlese Darwina rozvinul podrobný model, který se pokusil vysvětlit, jak se život vyvíjí: Jean Baptiste Lamarck.

Lamarck publikoval svou teorii evoluce v roce 1809, v roce Darwinova narození. Lamarck byl zaměstnancem sbírky bezobratlých Přírodovědného historického muzea v Paříži. Srovnáváním současných druhů s fosilními formami mohl Lamarck sledovat, co se vyskytlo v několika příbuzenských liniích, každou v chronologickém sledu od starších fosilií k mladším, nakonec vedoucí k moderním druhům.

Lamarck si většinu pamatoval a uplatnil to při navrhování mechanismu, vysvětlujícího vývoj specifických adaptací. Zahrnuje dvě myšlenky – v Lamarckově době populární. První představuje názor, že ty části těla,

jež jsou hodně využívány ke spolupráci s prostředím, se zvětšují a zesilují, zatímco ty, které využívány nejsou, zakrňují. Mezi příklady, které Lamarck citoval, patří velký pažení biceps kováře, ohánějícího se kladivem, a žirafa, natahující svůj krk pro listy na vysokých větvích. Druhá myšlenka, kterou Lamarck přijal, se nazývala dědičnost získaných vlastností. Podle tohoto názoru modifikace organismů během života přechází na potomstvo. Dlouhý krk žirafy, jak Lamarck zdůvodňoval, by se postupně vyvíjel jako kumulativní produkt velkého množství generací předků, kdy se každý natahuje o něco více.

Nicméně neexistuje žádný důkaz, že získané znaky mohou být dědičné. Kováři mohou svou sílu a odolnost v průběhu života prací s těžkým kladivem zvyšovat, avšak tyto získané vlastnosti nezmění geny, přenášené gametami na potomky. I přesto, že je Lamarckova teorie evoluce dnes často zesměšňována kvůli svému chybnému předpokladu, že získané vlastnosti jsou dědičné, byl v Lamarckově době tento pojem obecně přijímán (a proto by Darwin nemohl nabídnout žádnou přijatelnou alternativu). Pro většinu Lamarckových současníků byl však mechanismus evoluce nepodstatnou záležitostí, pevně věřili, že druhy jsou fixovány a že žádná evoluční teorie by nemohla být brána vážně. Lamarck byl zavrhován především Cuvierem, který popíral, že druhy se ještě vyvíjí. Zpětně si Lamarck zasluhuje uznání pro svou teorii, která byla v mnoha ohledech vizionářská: pro tvrzení, že evoluce je nejlepším vysvětlením jak výskytu fosilií, tak nynější rozmanitosti života, pro jeho rozpoznání dlouhého stáří Země, a především pro jeho nadšený zájem o *adaptace vůči prostředí* jako primárního produktu evoluce.

DARWINOVA EVOLUCE

Vývoj vědy

Máme připravenou scénu pro Darwinovu evoluci. Na rozbřesku 19. století jako intelektuální klima stále dominuje naturální teologie. Začíná se kupit několik mraků pochybností ohledně stálosti druhů, žádný z nich však nemůže být hrozbou bouře hřímající na obzoru.

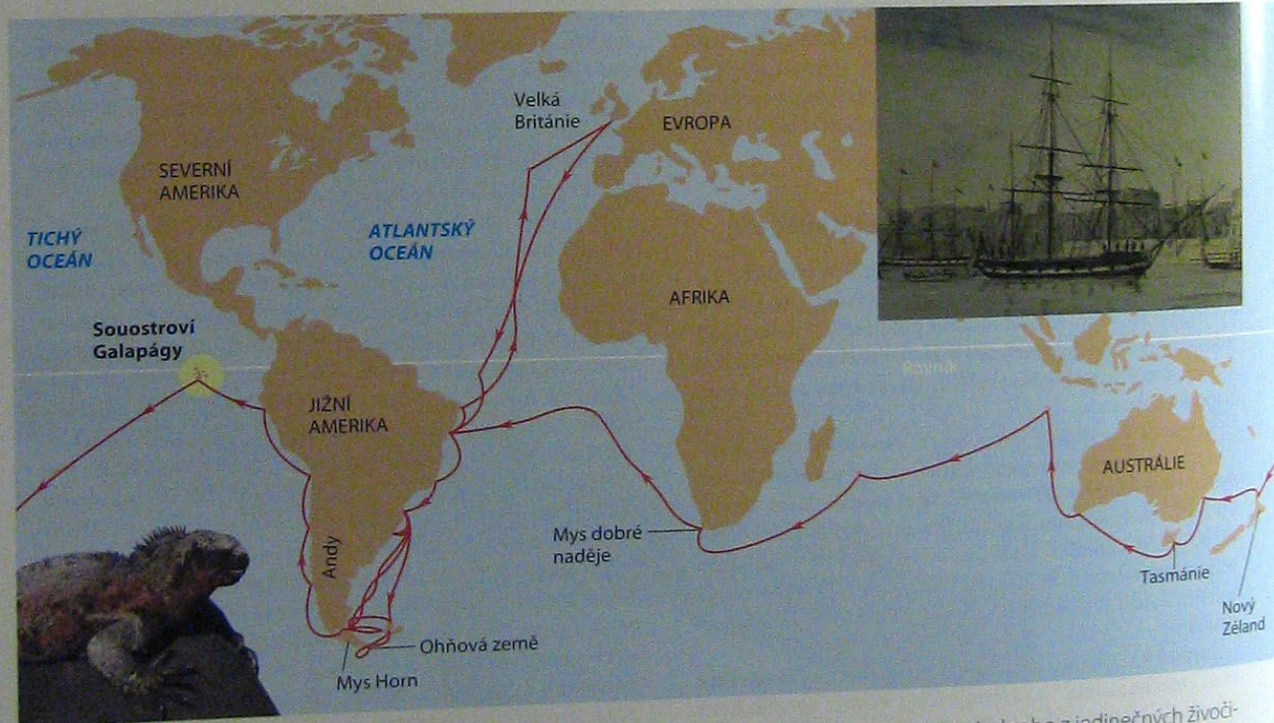
Charles Darwin (1809–1882) se narodil ve Shrewsbury v západní Anglii. Již jako chlapec se velice zajímal o biologii. Pokud zrovna nečetl přírodovědné knihy, chytal ryby, lovil a sbíral hmyz. Darwinův otec, významný lékař, neviděl žádnou budoucnost pro přírodovědce a poslal Charlese na univerzitu v Edinburghu studovat medicínu. Ve věku pouhých 16 let se Charlesovi zdála lékařská škola nudná a protivná. Opustil Edinburgh bez diplomu a krátce nato se zapsal na křesťanskou kolej univerzity v Cambridge s tím, že se stane knězem. V té době ve Velké Británii patřila většina přírodovědců a ostatních vědců k duchovenstvu a téměř všichni na svět nahlíželi v souvislostech naturální teologie. Darwin se stal chráněncem reverenda Johna Henslowa, profesora botaniky v Cambridge. Brzy poté, co Darwin v r. 1831 obdržel svůj bakalářský diplom, doporučil profesor Henslow čerstvého absolventa kapitánu Robertu Fitzroyovi, který připravoval průzkumnou loď *Beagle* na plavbu kolem světa. Darwin by zaplatil svou vlastní cestu a sloužil jako konverzační doprovod mladému kapitánovi. Fitzroy si Darwina vybral kvůli jeho vzdělání a původu ze stejné sociální třídy a zhruba stejnému stáří.

Terénní výzkum pomohl Darwinovi vytvořit si svůj názor na život

Plavba Beaglu

Darwinovi bylo 22 let, když v prosinci 1831 vyplul z Velké Británie na palubě HMS *Beagle* (obrázek 22.5). Prvotním cílem cesty bylo zmapování málo známých pobřežních míst jižní Ameriky. Když posádka lodi prozkoumávala pobřeží, strávil Darwin většinu času na břehu, kde pozoroval a sbíral tisíce vzorků jihoamerických rostlin a živočichů. Jak loď takto postupovala kolem kontinentu, pozoroval Darwin různé adaptace rostlin a živočichů, kteří osídlili tak různorodá prostředí, jako jsou brazilské džungle, rozlehlé pastviny argentinských pamp, pustá místa Ohňové země poblíž Antarktidy a tyčící se velikáni andských hor.

Darwin zaznamenal, že rostliny a živočichové, které studoval, měli jednoznačně jihoamerické znaky, výrazně se lišící od znaků evropských. To by samo o sobě nepřekvapilo. Darwin však také zaznamenal, že se rostliny a živočichové v mírných oblastech Jižní Ameriky více podobali druhům, žijícím v tropických oblastech tohoto kontinentu než druhům v mírných evropských regionech. Dále jihoamerické fosilie, které Darwin nacházel, třebaže se zřetelně lišily od moderních druhů, byly výrazně jihoamerické v porovnání s žijícími rostlinami a živočichy tohoto kontinentu.



Obrázek 22.5 – Plavba HMS Beagle. Dva vložené obrázky ilustrují loď a leguána mořského, jednoho z jedinečných živočichů, který se vyvíjel na souostrovi Galapágy.

Darwina zajímalo geografické rozšíření druhů. Například byl zvědavý na faunu na Galapágách, relativně mladém souostroví vulkanického původu, jež leží na rovníku asi 900 km západně od jihoamerického pobřeží (viz obrázek 22.5). Darwin plně nepochopil význam galapázkých živočichů, dokud své sbírky po návratu do Anglie v roce 1836 neprostudoval. Pak zjistil, že většina živočišných druhů na Galapágách nežije nikde jinde, i když připomínají druhy žijící na americké pevnině. Myslelo se, že ostrovy byly osídleny rostlinami a živočichy, kteří sem přišli z jihoamerické pevniny náhodně a pak se rozšířili na různé ostrovy. Mezi ptáky, které Darwin sbíral na Galapágách, bylo několik různých pěnkav, které i přes naprostou podobnost zřejmě patřily k různým druhům. Některé z nich byly jedinečné pro určité ostrovy, zatímco jiné druhy byly rozšířeny na dva nebo více vzájemně si blízkých ostrovů.

Na palubě lodi *Beagle* četl Darwin Lyellovy *Principles of Geology* („Základy geologie“). Díky Lyellovým myšlenkám, společně se zkušenostmi z Galapág, začal Darwin pochybovat o názoru církve, že Země je stálá a byla vytvořena před několika málo tisíci lety. Uznáním, že Země je velmi stará a stále se mění, udělal Darwin důležitý krok směrem k poznatku, že život na Zemi se také vyvíjí.



(a) Semenožravec.

Velká zemní pěnkava (*Geospiza magnirostris*) má velký zobák, který je přizpůsoben rozlouskávání semen, padajících z rostlin na zemi.



(b) Hmyzožravec. Malá stromová pěnkava (*Camarhynchus parvulus*) používá svůj zobák k chytání hmyzu.



(c) Hmyzožravec používající nástroje. Pěnkava (*Camarhynchus pallidus*) používá kaktusový trn nebo malou větvičku jako nástroje pro hledání termitů a jiného dřevokazného hmyzu.

Darwinovo zaměření na adaptace

Brzy po návratu do Velké Británie v roce 1836 začal Darwin s novým prozkoumáváním všeho, co během plavby na *Beagle* pozoroval. Začal zjišťováním původu nových druhů a adaptací na prostředí coby úzce příbuzných dějů. Mohly nové druhy vzniknout z předchozí formy nahromaděním adaptací vůči různému prostředí? Ze studií vytvořených po Darwinově plavbě biologové usuzují, že právě k tomuto došlo u galapázkých pěnkav. Mezi rozdíly pěnkav patří jejich zobáky, které jsou přizpůsobeny určité potravě, dostupné na jejich domovských ostrovech (obrázek 22.6). Darwin předpokládal, že vysvětlení vzniku těchto adaptací je nezbytné pro pochopení evoluce.

Po roce 1840 zdokonaloval Darwin hlavní body své teorie přírodního výběru coby evolučního mechanismu. Ovšem své myšlenky dosud nevydává. Měl chatrné zdraví a domov opouštěl jen výjimečně. I přes svoje samotářství nebyl Darwin od vědecké komunity izolován. Darwin byl již známý jako přírodovědec díky svým dopisům a vzorkům, které do Velké Británie zasílal během plavby *Beagle*, často si dopisoval a byl také navštěvován Lyellem, Henslowem a dalšími vědci.

V roce 1844 Darwin napsal dlouhou esej o původu druhů a přírodním výběru. Darwin se však zdráhal veřejně představit svou teorii, zřejmě tušil povyk, který by tím vyvolal. Požádal tedy svou manželku o případné vydání této eseje, pokud by on sám zemřel dříve, než by bylo na téma evoluce napsáno jiné důkladné pojednání. I přes svou nerozhodnost pokračoval v kompilaci svých pozorování na podporu své teorie. Lyell, i když sám nebyl ještě o evoluci přesvědčen, však Darwinovi doporučoval publi-

Obrázek 22.6 – Galapázké pěnkavy. Na souostroví Galapágy se nachází celkem 14 druhů blízké příbuzných pěnkav, některé se vyskytují pouze na jediném ostrově. Nejnápadnější mezidruhové rozdíly jsou v jejich zobáčích, které se přizpůsobují přijímání různé potravy. Viz také obrázek 1.17b.

kovat tuto věc dříve, než ke stejným závěrům dojde někdo jiný a vydá je jako první.

V červnu 1858 se Lyellovy předpovědi vyplnily. Darwin obdržel dopis od Alfreda Wallaceho (1823–1913), mladého britského přírodovědce, pracujícího ve východní Indii. K dopisu byl přiložen rukopis, v kterém Wallace rozvinul teorii přírodního výběru, v podstatě se shodující s teorií Darwinovou. Wallace žádal Darwina o zhodnocení tohoto listu a o jeho zaslání Lyellovi, pokud by byl vhodný pro zveřejnění.

Darwin poslechl, přitom napsal Lyellovi: „Tvoje slova se stala skutečností jako odvěta... Nikdy jsem neviděl výraznější shodu náhod... takže všechna moje originalita, jestli kdy nějaká byla, bude zničena.“ Lyell a jeho kolega představili Wallaceho list, zároveň s Darwinovou nepublikovanou esejí z roku 1844, Linného společnosti v Londýně 1. července 1858. Darwin rychle dokončil *Původ druhů* a následující rok jej vydal. Přestože Wallace sepsal svoje myšlenky pro publikování jako první, Darwin rozvinul a podporoval teorii přírodního výběru mnohem více, takže je znám jako její hlavní architekt. Navíc Darwinovy poznámky potvrdily, že svou teorii přírodního výběru formuloval o 15 let dříve, než četl Wallaceho rukopis.

Během desíti let Darwinova kniha a její stoupenci přesvědčili většinu biologů, že biologická diverzita (rozmanitost) je produktem evoluce. Darwin měl úspěch tam, kde předchozí evolucionisté chybovali, částečně kvůli skutečnosti, že se věda začínala odklánět od naturální teologie, ale především kvůli tomu, že čtenáře přesvědčil bezvadnou logikou a množstvím důkazů, podporujících evoluci.

„Původ druhů“ rozvíjí dvě hlavní myšlenky: výskyt evoluce a přírodní výběr jako její mechanismus

Darwinismus má dvojitý význam. To odpovídá evoluci jako vysvětlení jednoty i rozmanitosti života a rovněž se vzta-

huje k Darwinovu konceptu přírodního výběru jako příčiny adaptivní evoluce.

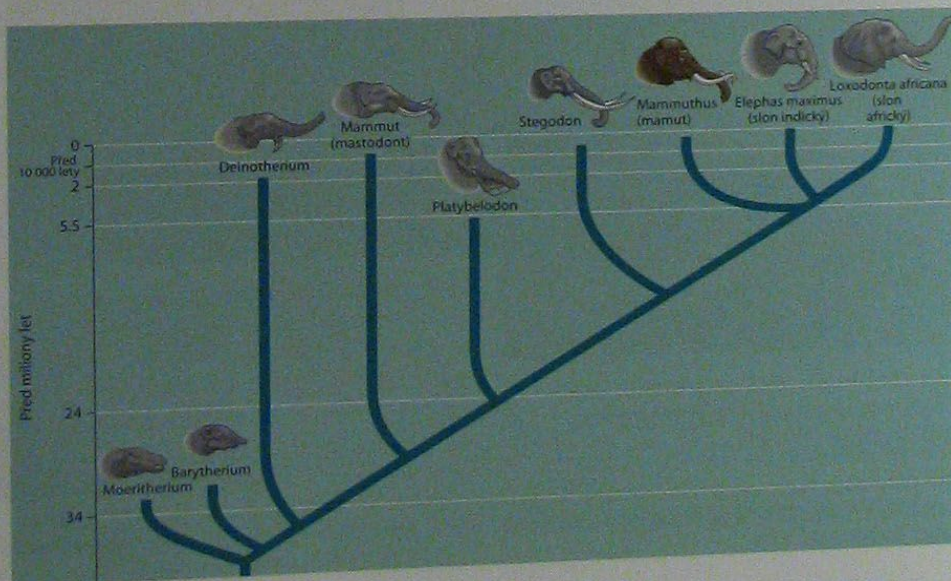
Původ postupnou úpravou („descent with modification“)

V prvním vydání *Původu druhů* nepoužil Darwin až do posledního odstavce slova *evoluce*, nahradil je vyjádřením „descent with modification“ (původ postupnou úpravou), frází, která shrnovala jeho náhled na život. Darwin vnímal jednotu života se všemi organismy vývojově odvozenými od určitého neznámého předka, žijícího dávno v minulosti. Jak se potomstvo onoho organismu předka po více než miliony let rozšiřovalo do různých prostředí, hromadily se rozličné modifikace čili adaptace, které určovaly jejich specifický způsob života.

Podle Darwinova pohledu je historie života jako strom, mnohočetně se větvící ze společného kmene až po vrcholy nejmladších větvíček, symbolizující rozmanitost žijících organismů. Na každém rozcestí evolučního stromu stojí předek, společný všem liniím evoluce, odštěpujícím se z tohoto místa. Úzce příbuzné druhy, například slon indický a slon africký, si jsou velmi podobné, jelikož sdílejí stejnou vývojovou linii ze společného předka až do relativně nedávného okamžiku divergence (rozbíhání) (obrázek 22.7). Většina evolučních větví, dokonce i některé hlavní, představuje mrtvé konce, kolem 99% všech druhů, jež kdy žily, jsou druhy vyhynulé.

Je ironií, že Linné, který pevně věřil v neměnnost druhů, poskytl Darwinovi spojení k evoluci, a to díky poznatku, že velká rozmanitost organismů by mohla být organizována do „skupin podřízených skupinám“ (Darwinovo rčení). Obrázek 1.10 uvádí hlavní taxonomické kategorie, uvedme zde jejich přehled: říše > kmen > třída > řád > čeleď > rod > druh.

Až po Darwina přirozená hierarchie Linnéova schématu odrážela rozvětvenou historii stromu života s organismy na odlišných taxonomických úrovních, původem se vztahujícími ke společnému předku. Dva druhy, jako



Obrázek 22.7 – Upravený původ. Tento evoluční strom řádu chobotnatci je založen především na pozorování fosilií – jejich anatomii, postupném objevení se v geologickém čase a geografickém rozložení. (Časová linie neodpovídá měřítku.)

jsou lvi a tygři, kteří patří do stejné čeledi (čeleď kočkovití), sdílejí mladšího společného předka než dva druhy, jako jsou lvi a sloni, náležející do stejné třídy (třída savci).

Přírodní výběr a adaptace

Jak funguje přirozený výběr? A jak přirozený výběr vysvětluje adaptace? Evoluční biolog Ernst Mayr rozčlenil logiku Darwinovy teorie přirozeného výběru do tří závěrů, založených na pěti pozorováních¹:

POZOROVÁNÍ #1: Všechny druhy mají tak velký fertilitační potenciál, že pokud by se všichni narození jedinci úspěšně rozmnožili, velikost jejich populace by se zvyšovala exponenciálně (obrázek 22.8).

POZOROVÁNÍ #2: Populace mají sklon udržovat si stálou velikost, výjimkou jsou sezónní výkyvy.

POZOROVÁNÍ #3: Zdroje prostředí jsou omezené.

ZÁVĚR #1: Produkce více jedinců, než může prostředí unést, vede k existenčnímu boji mezi jedinci populace, přičemž přežívá pouze část potomstva v každé generaci.

POZOROVÁNÍ #4: Jedinci populace se výrazně liší ve svých vlastnostech, žádná dvě individua nejsou zcela shodná (obrázek 22.9).

POZOROVÁNÍ #5: Velká část této proměnlivosti je dědičná.

ZÁVĚR #2: Přežití v existenčním boji není náhodné, částečně závisí na dědičné konstituci jedince. Ti jedinci, jejichž dědičné znaky nejlépe odpovídají jejich prostředí, zanechají pravděpodobně více potomstva než jedinci méně přizpůsobiví.

ZÁVĚR #3: Tato nestejněměrná schopnost jedinců přežít a rozmnožovat se povede k postupné změně populace, s vhodnými vlastnostmi hromadícími se po generace.

Hlavní Darwinovy myšlenky můžeme shrnout následovně:

Přírodní výběr představuje různorodý reprodukční úspěch (nestejněměrná schopnost jedinců přežít a rozmnožovat se). K přírodnímu výběru dochází díky interakcím mezi prostředím a variabilitou vlastní jednotlivým organismům vytvářejícím populaci.

Produktem přírodního výběru je adaptace populací organismů na jejich prostředí (obrázek 22.10, str. 436).

Podívejme se podrobně na důležité Darwinem rozpoznávané vztahy mezi přírodním výběrem, existenčním bojem a schopností organismů „přemnožit se“. Darwin začal podle všeho rozeznávat existenční boj poté, co přečetl esej o lidské populaci, sepsaný roku 1798 Thomasem Malthusem (viz obrázek 22.1). Malthus tvrdil, že mnoho lidského trápení – nemoc, hlad, ztráta domova a válka – je nevyhnutelným důsledkem neúměrného zvyšování potenciálu lidské populace vzhledem k potravním zásobám a dalším



Obrázek 22.8 – Nadprodukce potomstva. Shluk milionů spor exploduje z této pýchavky, jednoho druhu houby. Vítr roznese spory do širokého okolí. Pouze z malé části spór bude skutečně vznikat potomstvo, které přežije a bude se rozmnožovat.



Obrázek 22.9 – Několik barevných aberací populace asijských sluněček

zdrojům. Schopnost přemnožení je charakteristická pravděpodobně pro všechny druhy. Z mnoha nakladených vajíček, mládat a rozšířených semen svůj vývoj dokončí a zanechá vlastní potomstvo pouze malá část (viz obrázek 22.8). Zbytek je sežrán, zmrzne, vyhladoví, onemocní, nepáří se nebo z jiných důvodů není schopen se rozmnožit.

V každé generaci filtrují faktory prostředí zděděné odchylky, některé z nich přitom upřednostňují před ostatními. Diferenciální reprodukce – kdy organismy, nesoucí znaky upřednostňované prostředím, produkují více potomstva než organismy bez těchto znaků – vyústuje v nerovnoměrné zastoupení favorizovaných znaků v následující generaci. Tato zvyšující se frekvence favorizovaných znaků v populaci představuje evoluci.

¹ Pevzato podle E. Mayr, *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982).



(a) Květní kudlanka v Malajsii



(b) Trinidatská stromová kudlanka, napodobující mrtvé listy



(c) Kudlanka ze Střední Ameriky, připomínající zelený list

Obrázek 22.10 – Maskování jako příklad evoluční adaptace. Příbuzné druhy hmyzu, nazývané kudlanky, mají rozličné tvary a barvy, které se rozvíjejí v různých prostředích.

Darwin ilustroval sílu selekce jako evoluční sílu pomocí příkladů z **umělého výběru (artifciální selekce)**, křížení domestikovaných rostlin a živočichů. Lidé po mnoho generací modifikují jiné druhy výběrem jedinců s požadovanými znaky. Rostliny a živočichové, které využíváme jako potravu, se často svým divokým předkům podobají jen nepatrně (obrázek 22.11). Síla selektivního křížení je zvláště patrná u našich domácích miláčků, kteří byli vyšlechtěni spíše pro oblibu než pro svůj užitek.

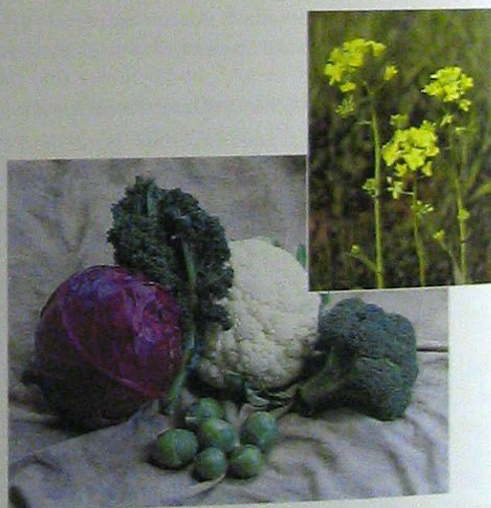
Pokud může být umělou selekcí v relativně krátkém časovém období dosaženo tak velké změny, zdůvodňoval Darwin, pak přirozený výběr by měl být v průběhu stovek

či tisíců generací schopen značné modifikace druhu. Dokonce i tehdy, když jsou výhody určitých dědičných znaků ve srovnání s jinými jen nepatrné, budou se výhodné odchylky v populaci po mnoha generacích přírodního výběru hromadit, a eliminovat tak znaky méně výhodné.

Darwin začlenil gradualismus, důležitý koncept Lyellovy geologie, do evoluční teorie. Nahlížel na život jako na vývoj díky postupnému hromadění okamžitých změn a předpokládal, že přírodní výběr, ke kterému dochází v různých souvislostech po obrovská časová údobí, by mohl objasňovat celou rozmanitost života.



(a) Chovatelé dobytka pravěké Afriky. Před zhruba 5 000 lety tento skalní umělec maloval portréty severoafrických lidí s jejich různými dobytčími plemeny. Tisíce podobných maleb dokumentují jasné povědomí proměnlivosti ve fyzikálních vlastnostech domestikovaných živočichů. První farmáři propagovali určité varianty pomocí selektivního křížení dobytka a obilnin.



(b) Různorodá zelenina odvozená z divoké hořčice. Zeli, kadeřavá kapusta, růžičková kapusta, květák a brokolice mají společného předka v jednom druhu divoké hořčice. Pomocí selekce byly zvýrazněny různé části rostliny a pěstitelé získali výrazně odlišné výsledky.

Obrázek 22.11 – Umělá selekce

Nyní můžeme shrnout dva hlavní znaky Darwinova pohledu na život: (1) Různé formy života vznikají pomocí „původu postupnou úpravou“ („descent with modification“) z předků a (2) modifikačním mechanismem je přírodní výběr, uskutečňující se po dlouhá časová období.

Některé důmyslné znaky přírodního výběru. Na tomto místě musíme zdůraznit několik důmyslných znaků přírodního výběru. Jedním z nich je význam populací pro evoluci. Prozatím si budeme populaci definovat jako skupinu vzájemně se křížících jedinců, náležejících k určitému druhu a sdílejících společnou zeměpisnou oblast. Populace je nejmenší jednotkou, která se může vyvíjet. K přírodnímu výběru dochází díky interakcím mezi jednotlivými organismy a jejich prostředím, jedinci se však nevyvíjí. Evoluce může být měřena pouze jako změny relativních podílů dědičných variací v populaci postupem generací.

Jiným klíčovým bodem přírodního výběru je skutečnost, že výběr může zesilovat či zeslabovat *pouze* zděděné varianty. Jak jsme mohli vidět, organismus se může v průběhu svého života díky svým vlastním zkušenostem upravovat a tyto získané vlastnosti mohou organismus dále přizpůsobovat jeho prostředí, neexistuje však žádný důkaz, že vlastnosti získané během života mohou být děděny. Musíme rozlišovat mezi adaptacemi, které organismus získává svými vlastními činnostmi, a adaptacemi zděděnými, jež se v populaci po mnoho generací vyvíjejí jako výsledek přírodního výběru.

Navíc je nutné zdůraznit, že zvláštnosti přírodního výběru jsou situační, faktory prostředí se místo od místa a čas od času liší. Adaptace v jedné situaci může být bezcenná, nebo za jiných okolností dokonce škodlivá. Některé příklady objasní tuto situační vlastnost přírodního výběru.

Příklady přírodního výběru poskytují důkaz o evoluci

Přírodní výběr a adaptivní evoluce jsou příčinou pozorovatelného fenoménu. Jak bylo popsáno v rozhovoru v úvodu této kapitoly, Peter a Rosemary Grantovi z Princetonské univerzity dokumentují přírodní výběr a evoluci populací pěnkav na Galapágách. Nyní se podíváme na další příklady přírodního výběru coby velmi rozšířeného mechanismu evoluce populací.

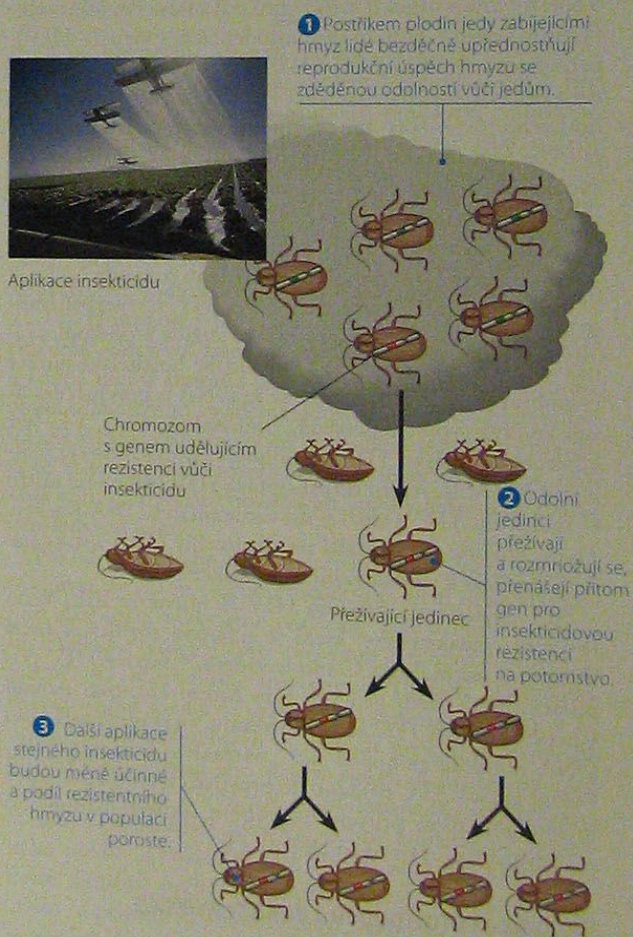
Přírodní výběr v současnosti: Evoluce hmyzu rezistentního vůči insekticidům

Klasickým a znepokojujícím příkladem přírodního výběru je evoluce insekticidové rezistence u stovek hmyzích druhů. Insekticidy jsou jedy používané k zabíjení hmyzu, který škodí na zemědělských půdách, v bažinách, na zahradkách a v domácnostech. Příkladem je DDT, v mnoha zemích nyní zakázané, a malathion. Insekticidy byly používány k likvidaci hmyzu, který požírá naše plodiny, přenáší nemoci typu malárie, anebo nás pouze obtěžuje v okolí domu či při kempování. Tyto chemické zbraně se však časem ukázaly být jako dvojsečné meče. Jedná se

o jedy, jež nejsou pro zamýšlené cíle specifické, jejich rozšířené používání produkuje některé kolosální environmentální problémy, jež budeme podrobněji rozebírat v 54. kapitole. Nyní je našim cílem sledovat evoluční důsledek zavlečení těchto chemikálií do prostředí hmyzu.

Ať je kdekoli k potlačení zemědělských škůdců použit nový typ insekticidu, následuje stejný příběh. První výsledky jsou povzbuzující. Relativně malé množství jedu rozprášeného na obilniny může zabít 99 % hmyzu. Avšak následující postřiky jsou stále méně a méně účinné. Jednou možností je zvýšit dávku jedu, to však přináší vysoké finanční náklady (nevztahující se k prostředí). Jinou strategií je pro zemědělce přesun k jinému insekticidu, dokud i ten nepřestane působit.

Přírodní výběr je tím, co způsobuje evoluci rezistence vůči insekticidům. Relativně málo přeživších jedinců po první insekticidové vlně představuje hmyz s geny, které jim nějakým způsobem umožňují odolávat chemickému útoku (obrázek 22.12). V některých případech několik málo jedinců nese geny, kódující enzymy, jež poškozují insekticid. Jed zabíjí většinu příslušníků hmyzí populace, zůstávají rezistentní jedinci a ti se rozmnožují. A jejich



Obrázek 22.12 – Evoluce insekticidové rezistence v hmyzích populacích

potomstvo dědí geny pro insekticidovou rezistenci. V každé generaci se podíl vůči insekticidům rezistentních jedinců v hmyzí populaci zvyšuje. Populace se přizpůsobuje změnám svého prostředí.

Tento příklad hmyzí adaptace na insekticidy upozorňuje na dva klíčové body přírodního výběru. Za prvé si všimněte, že přírodní výběr je spíše proces úpravy než tvořivý mechanismus. Insekticid nevytváří odolné jedince, ale vybírá odolný hmyz, který je již v populaci přítomen. Za druhé si znovu všimněte, že přírodní výběr funguje v určitém čase na určitém místě. Upřednostňuje ty vlastnosti v proměnlivé populaci, které se hodí do současného místního prostředí. Co je v jedné situaci adaptivní, může být za jiných okolností zbytečné, či dokonce škodlivé. Například některé genetické mutace, které obdařují mouchy domácí rezistencí vůči insekticidu DDT, snižují také růstovou rychlost much. Dříve, než bylo DDT zavlečeno do prostředí, byly tyto určité geny handicapem. Objev DDT však změnil arénu prostředí a dal přednost jedincům vůči insekticidu rezistentním.

Přírodní výběr v akci: Evoluce viru HIV rezistentního vůči léčivům

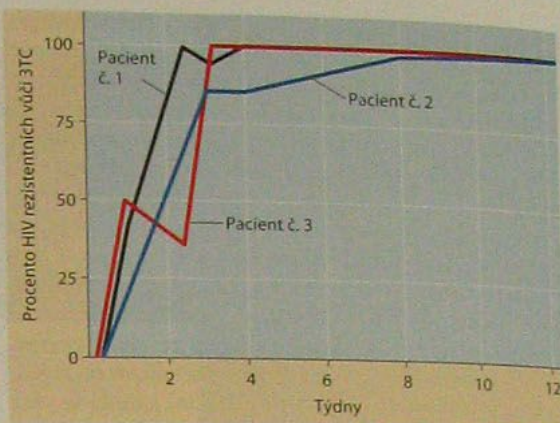
Vědci vyvinuli množství léčiv pro boj s lidským imunodeficitním virem („human immunodeficiency virus“ – HIV), patogenem, způsobujícím AIDS (viz kapitola 18). V každém případě se rezistence vůči léčivu v HIV populaci jednotlivého pacienta rychle rozvíjí brzy poté, co byla započata léčba touto látkou. Například obrázek 22.13 dokresluje evoluci rezistence vůči léčivu, nazvanému 3TC. Všimněte si, že 3TC-rezistentní formy HIV začínají početně narůstat téměř okamžitě a po několika málo týdnech tvoří 100 % celkové HIV populace u každého pacienta.

Vědci nastílnili interferenci léčiva 3TC s reverzní transkriptázou, enzymem, který HIV využívá k překopírování svého RNA genomu do DNA lidské hostitelské buňky (viz obrázek 18.7). Pamatujte si, že DNA je polymer sestávající ze čtyř typů nukleotidů, zkráceně A, G, T a C (viz kapitola 16). Látka 3TC napodobuje C (cytosinový) nukleotid DNA. Reverzní transkriptáza HIV přijme na místo C molekulu 3TC a vloží ji do vznikajícího DNA řetězce. Touto chybou končí další prodlužování DNA a tím pádem dochází k zablokování reprodukce HIV.

3TC rezistentní varianta HIV je mírně se lišící verzí reverzní transkriptázy, která je schopna rozlišovat mezi léčivem a normálním C nukleotidem. Členové HIV populace, kteří zdědí gen pro tuto formu enzymu, nemají v nepřítomnosti 3TC žádnou výhodu, ve skutečnosti svou DNA replikují pomaleji než „normální“ varianta HIV. Pokud je však 3TC přidáno do prostředí těchto virů, stává se možnou silou přírodního výběru, upřednostňujícího rozmnožování rezistentních jedinců.

Biologie je prostoupena důkazy evoluce

Zkoumali jsme případy evoluce pomocí přírodního výběru, ke kterému dochází dostatečně rychle, aby mohl být pozorován přímo. Nicméně k mnohem větším změnám



Obrázek 22.13 – Evoluce lékové rezistence u HIV.

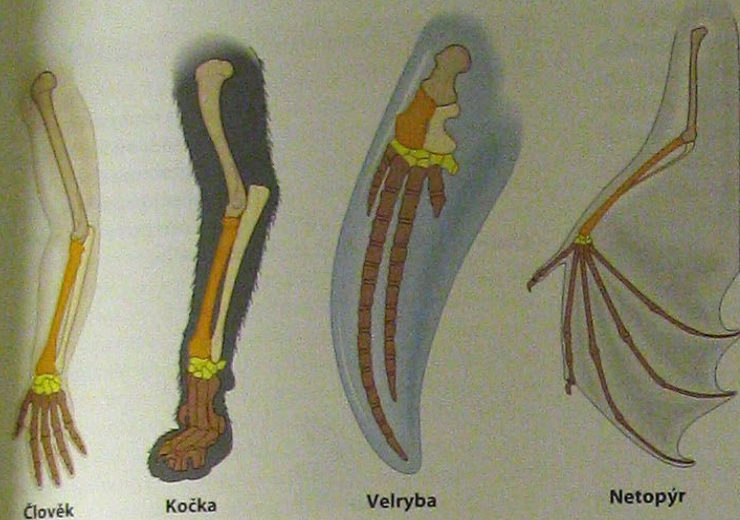
U pacientů léčených anti-HIV látkou 3TC je na počátku léčby přítomno velmi malé množství vůči léku rezistentních virů, časem však přirozený výběr jejich četnost zvyšuje. Přestože se přesný časový průběh u pacientů liší, 3TC-rezistentní HIV tvoří během několika málo týdnů ve všech případech 100 % virové populace.

biologické rozmanitosti, doloženým fosilním záznamem, dochází v časovém období přesahujícím stovky milionů let. Důkaz, že rozmanitost života je výsledkem evoluce, postupuje každou výzkumnou oblast biologie. A s tím, jak se biologie rozvíjí, nová zjištění, včetně objevů molekulární biologie, pokračují v potvrzování Darwinova životního pohledu.

Homologie

Původ postupnou úpravou, Darwinovo označení evoluce, vyjadřuje, že nové druhy pochází z pradávých druhů díky hromadění modifikací při adaptaci populace na nová prostředí. Neotřelé znaky, které charakterizují nový druh, nejsou zcela nové, ale jsou pozměněnými verzemi pradávých znaků. Druhy se společným původem by musely vykazovat skryté podobnosti, dokonce i v těch znacích, které již delší dobu neodpovídají své funkci. Podobnost týkající se vlastností, jež jsou výsledkem společného původu, je známá jako **homologie**.

Anatomické homologie. Původ postupnou úpravou je zřejmý v anatomických podobnostech mezi druhy, které patří do stejné taxonomické kategorie. Například přední končetinu lidí, koček, velryb, netopýrů a všech dalších savců vytváří mnoho shodných kosterních elementů, přestože mají tyto údy velmi odlišné funkce (obrázek 22.14). Samozřejmě že nejlepší způsob sestavení infrastruktury netopýřího křídla není tím nejlepším způsobem pro stavbu velrybí ploutve. Takové anatomické zvláštnosti nemají žádný smysl, pokud jsou tyto struktury ojedinelé a vzájemně nesouvisejí. Pravděpodobnější je vysvětlení, že základní podobnost těchto předních končetin je důsledkem původu všech savců ze společného předka. Přední končetiny, křídla a paže různých savců jsou obměnami



Obrázek 22.14 – Homologní struktury: anatomické znaky původu postupnou úpravou. Přední končetiny všech savců jsou sestaveny ze stejných kosterních elementů (na tomto obrázku barevně odlišeno). Hypotéza, že všichni savci pocházejí ze společného předka, předpokládá, že by jejich přední končetiny, i přes svou rozličnou adaptaci, byly obměnami společného anatomického tématu.

společného strukturálního námětu. Pokud vezmeme v úvahu různé funkce každého druhu, vidíme, že základní struktury byly modifikovány. Tyto anatomické znaky evoluce se nazývají **homologní struktury**.

Srovnávací anatomie, mezidruhové porovnávání tělesných struktur, potvrzuje, že evoluce je remodelační proces. Historické tlaky tohoto procesu jsou patrné v anatomických nedokonalostech. Například lidský kolenní kloub a páteř jsou odvozeny z pradávných struktur, které tvořily oporu čtyřnohým savcům. Téměř nikdo z nás nedosáhne vysokého věku, aniž by neměl nějakou zkušenost s problémy kolena či zad. Pokud by tyto struktury tvořily speciální oporu naší dvojnohé pozice jako první, mohli bychom očekávat, že budou méně zranitelné. Anatomické remodelace, které se objevily, byly patrně ovlivněny naší evoluční historií.

Některé z nejzajímavějších struktur jsou **rudimentární orgány**, struktury nepatrného, pokud vůbec nějakého, významu pro organismus. Rudimentární orgány jsou historickými pozůstatky struktur, které měly u našich předků významné funkce. Například kostra některých hadů si ponechává zbytky pánve a končetinových kostí svých vzpřímených předků. Tyto struktury bychom neočekávali, pokud by hadi byli jiného původu než ostatní obratlovci.

Embryologické homologie. Někdy se homologie, které nejsou patrné u dospělých organismů, ozřejmí pohledem na jejich embryonální vývoj. Například všechny zárodky obratlovců mají v některém stadiu svého vývoje v oblasti krku struktury, nazývané faryngeální vaky. Tyto embryonální struktury se vyvíjí v homologní struktury velmi odlišných funkcí, například žábry ryby či Eustachova trubice spojující u lidí a jiných savců střední ucho s krkem.

Molekulární homologie. Anatomické homologie nám nemohou pomoci při spojení tak výrazně vzdálených organismů jako jsou rostliny a živočichové, kteří nesdílejí žádnou anatomii. Nicméně rostliny a živočichové, současně se všemi ostatními organismy, sdílejí určité vlastnosti na molekulární úrovni: Například všechny druhy života využívají stejný základní genetický mechanismus DNA a RNA a genetický kód je nutně univerzální (viz kapitola 17). Je jasné, že jazyk genetického kódu prochází všemi větvemi stromu života od jeho počátku v časných živých formách. Molekulární biologie poskytuje nové nástroje, objasňující evoluční vztahy diverzity života.

Homologie a strom života.

Homologie odrážejí taxonomickou hierarchii stromu života. Některé homologie, jako je genetický kód, jsou společné všemu živému, jelikož se datují zpětně do hluboké pradávne minulosti. Homologie, které se vyvíjí v dnešní době, jsou sdíleny pouze menšími větvemi stromu života. Například všichni čtyřnožci (tetrapoda, z řeckého *tetra* „čtyři“ a *pod* „chodidlo“), větev obratlovců, sestávající z obojživelníků, plazů, ptáků a savců, sdílejí stejnou základní pětiprstou končetinovou strukturu, u savců ilustrováno na obrázku 22.14. Homologie tedy vytvářejí vrstevnatý charakter, přičemž všechno živé má společnou nejhlubší vrstvu a každá menší skupina přidává nové homologie k tomu, co již bylo sdíleno s většími skupinami. Tento hierarchický charakter je přesně to, co bychom očekávali v případě, že se život vyvinul a rozrůznil ze společného předka, není však tím, co bychom pozorovali, kdyby jednotlivé druhy vznikaly odděleně.

Pokud homologie odrážejí evoluční historii, musíme očekávat, že při srovnávání molekul či kostí nebo jakékoli jiné vlastnosti nalezneme podobné znaky. Nové nástroje molekulární biologie spíše potvrzují evoluční stromy, založené na srovnávací anatomii a dalších metodách. Mezidruhové evoluční vztahy jsou dokumentovány v jejich DNA a bílkovinách – v jejich genech a genových produktech. Pokud dva druhy obsahují knihovny plné genů a bílkovin s výrazně se podobajícími sekvencemi, budou tyto sekvence pravděpodobně kopii od společného předka. (Pokud se dva dlouhé odstavce kromě občasné záměny určitého písmene zcela shodují, jistě bychom to připsali jedinému zdroji.) Tabulka 22.1 srovnává aminokyselinové sekvence lidského hemoglobinu, krevní bílkoviny přenášející kyslík, s hemoglobinem ostatních obratlovců. Data ukazují stejný charakter evolučních







vztahů, který vědci objevují, když srovnávají jiné bílkoviny nebo posuzují vztahy, založené na nemolekulárních metodách, jako je kosterní anatomie. Darwinův životní pohled předpokládá, že různé typy homologii – anatomické, embryologické a molekulární – budou spadat do stejného hierarchického charakteru, protože se všechny vyvíjely během stejného štěpení evoluční historie.

Biogeografie

Geografické rozšíření druhů – **biogeografie** – jako první svědčilo o Darwinově evoluci. Druhy mají sklon se více podobat jiným druhům ze stejné oblasti než druhům žijícím stejným způsobem, ale v odlišných oblastech. Například Austrálie je domovem skupiny savců – vačnatců – kteří se liší od druhé skupiny savců – placentálů – kteří žijí jinde na Zemi. (Placentálové jsou savci, kteří svůj zárodečný vývoj dokončují v děloze, zatímco vačnatci se rodí jako embrya a svůj vývoj dokončují ve vnějším vaku.) Někteří australská vačnatci mají placentální vzhled s podobnými adaptacemi života jako na jiných kontinentech. Například lesní vačnatec, nazývaný veverkovec krátkohlavý, se vzhledem podobá poletušce, placentálu, žijícímu v lesích Severní Ameriky (obrázek 22.15). Tito dva savci se přizpůsobili stejnému způsobu života, ale vyvinuli se nezávisle z různých předků. Veverkovec krátkohlavý je vačnatec, více příbuzný klokanům a jiným australským vačnatcům než poletuškám či kterýmkoli jiným placentálním savcům. Veverkovec je vačnatec ne proto, že je to nezbytné pro jeho způsob života, ale jednoduše proto, že jeho předkové byly vačnatci. Jedinečná australská fauna se rozrůznila na onom ostrovním kontinentě poté, co se ocitla v izolaci od zemské pevniny, na které se rozvíjeli placentální savci. Podobnost mezi veverkovci a poletuškami je příkladem toho, co biologové nazývají konvergentní evoluce (podrobně se budeme konvergencí zabývat v kapitole 25).

Ostrovy jsou ukázkovými příklady evolučních důkazů. Obecně se na nich nachází mnoho druhů rostlin a živočichů, kteří jsou **endemičtí**, což znamená, že je nenajdeme nikde jinde na světě. A dokonce, jak Darwin pozoroval při třídění své sbírky z plavby na *Beagle*, většina ostrovních druhů je úzce příbuzná s druhy z nejbližší pevniny či sousedního ostrova. To vysvětluje, proč dva ostrovy s podobným prostředím v různých částech světa jsou osídleny ne úzce příbuznými druhy, ale druhy taxonomicky spojenými s rostlinami a živočichy nejbližší pevniny, kde je prostředí často zcela odlišné. Zřetězené ostrovy čili souostrovy (archipelaga) jsou ve své biogeografii zvláště zajímavé. Pokud druh, který proniká z pevniny na ostrov, dosáhne ve svém novém prostředí úspěchu, může dát vzniknout několika novým druhům coby populacím, šířícím se na ostatní ostrovy. Příklad pěnkvav na souostroví Galapágy byl řešen již dříve v této kapitole. Obrázek 22.16 dokresluje jiný příklad, evoluci octomilek (*Drosophila*) na Havajském souostroví.

Tabulka 22.1 Molekulární údaje a evoluční vztahy obratlovců

Druh	Počet aminokyselin, které se liší od lidského hemoglobinového polypeptidu (celková délka řetězce = 146 aminokyselin)
Člověk 	0
Opice r. Rhesus 	8
Myš 	27
Drůbež 	45
Žába 	67
Mihule 	125



Obrázek 22.15 – Různé zeměpisné oblasti, různé „větve“ savců. Veverkovec krátkohlavý je příkladem rozmanitého života vačnatců, který se vyvíjel v izolaci na ostrovním australském kontinentě. Podobnost mezi veverkovci a placentálními poletuškami Severní Ameriky je dána blízkým evolučním vztahem, ale konvergentní evolucí v podobných podmínkách prostředí.

Fosilní záznam

Řada po sobě jsoících fosilních forem je srovnatelná s tím, co známe z jiných typů důkazů, týkajících se hlavních vývojových větví stromu života. Například pozorování z biochemie, molekulární biologie a buněčné biologie zařazuje prokaryota jako předky všeho živého a předpokládá, že prokaryota musí ve fosilním záznamu předcházet kompletnímu eukaryotickému životu. Navíc nejstaršími známými fosiliemi jsou prokaryota. Jiným příkladem je chronologické objevení se různých tříd obratlovců ve fosilním záznamu. Rybí fosilie jsou staršího data než ostatní obratlovců, pak jsou obojživelníci, následují plazi, poté savci a ptáci. Toto pořadí v historii vývoje obratlovců odpovídá tomu, co bylo zjištěno mnoha jinými typy důkazů. Naproti tomu myšlenka, že všechny druhy byly vytvořeny jednotlivě ve zhruba stejném čase, předpokládá, že všechny třídy obratlovců se poprvé objevují ve fosilním záznamu v horninách stejného stáří, jedná se o zvláštnost, kterou paleontologové skutečně pozorují.

Darwinův životní pohled předpokládá, že také evoluční přechod by musel ve fosilním záznamu zanechávat jisté známky. Paleontologové objevili zkameněliny mnoha přechodných forem, které spojují starší fosilie s moderními druhy. Například série fosilií dokumentuje změny ve tvaru a velikosti lebky, které se vyskytují u savců, vyvíjejících

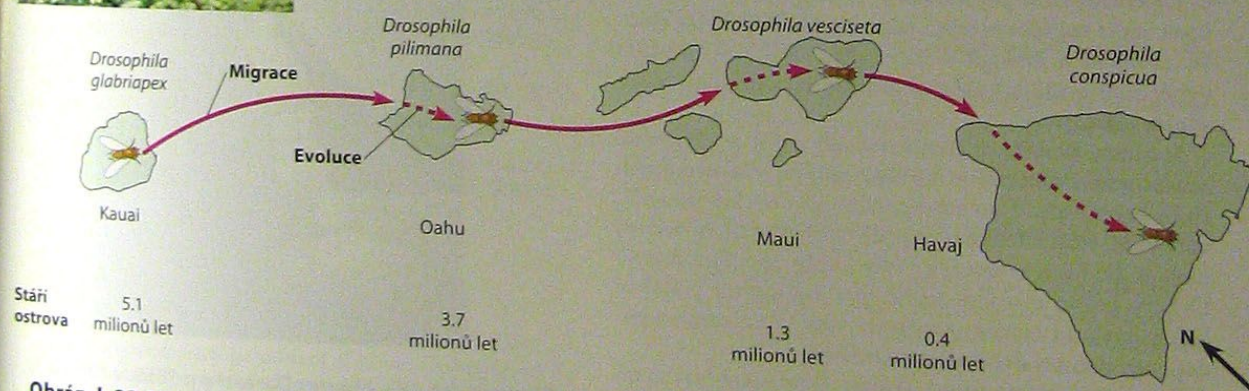
se z plazů. Každý rok paleontologové objeví další významné spojnice mezi moderními formami a jejich předky. Například během několika málo minulých let našli vědci zkamenělé velryby, které spojují tyto vodní savce s jejich suchozemskými předchůdci (obrázek 22.17, str. 442).

Darwinův pohled na život tedy v biologii přetrvává, jelikož je podporován nezávislými typy důkazů: evolučními znaky homologie, které je spojují v prostoru (biogeografie) a čase (fosilní záznam).

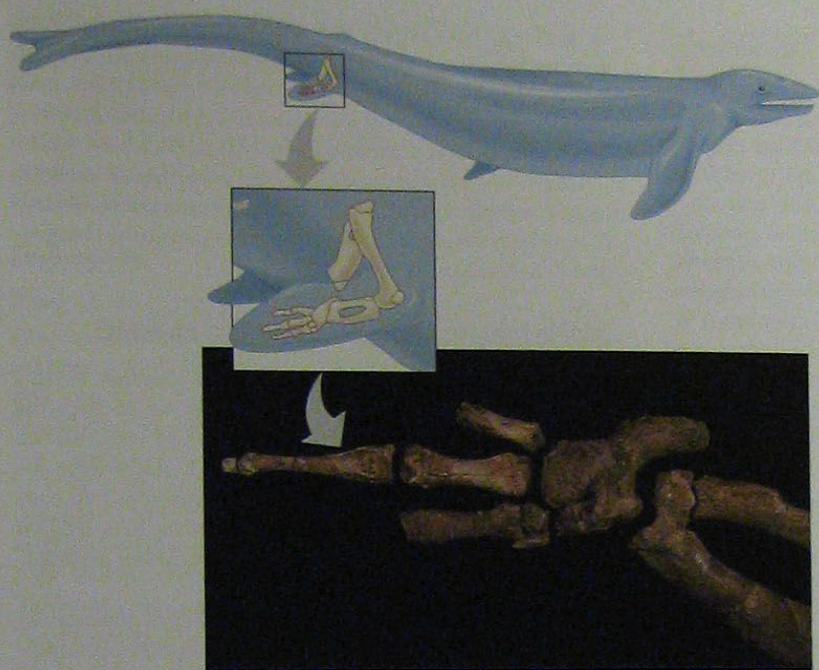
Jaký je teoretický Darwinův pohled na život?

Někteří lidé opouští darwinismus jako „pouhou teorii“. Tato taktika vynulování evolučního pohledu na život má dvě chyby. První chybou je rozdělení dvou Darwinových tvrzení: že se moderní druhy vyvinuly z pradávných forem a přírodní výběr je hlavním mechanismem této evoluce. Závěr, že se život vyvíjí, je založen na historických důkazech – známkách evoluce, diskutovaných v předchozím oddíle.

Co lze tedy teoreticky říct o evoluci? Teorie představují naše snahy vysvětlit skutečnosti a začlenit je do přesahujících souvislostí. Pro biology představuje Darwinova teorie přírodního výběru – mechanismus, který Darwin navrhl k vysvětlení historických skutečností vývoje, doloženého fosiliemi, biogeografií a jinými typy důkazů.



Obrázek 22.16 – Evoluce druhů octomilky (*Drosophila*) na Havajském souostroví. Geologové určili stáří těchto vulkanických ostrovů, postupně od Kauai (nejstarší) až po velký ostrov Havaj (nejmladší, stále se zvětšující díky tomu, jak aktivní sopky přidávají lávovou horninu k pobřeží). Na ostrovech je zhruba 500 endemických druhů octomilek rodu *Drosophila*, všechny pocházejí ze společného předka, který přišel na Kauai před více než 5 miliony let. Šipky sledují historii jen několika málo druhů jedné evoluční větve. Výběr určitého druhu má úzkou spojitost se stářím jeho domovského ostrova.



Obrázek 22.17 – Přechodná fosilie spojující minulost a přítomnost.

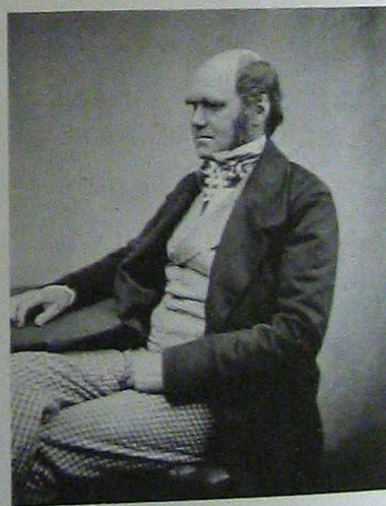
Hypotéza, že velryby se vyvinuly z terrestrických (suchozemských) předků, předpokládá u velryb náznaky čtyř končetin. Paleontologové pracující v Egyptě a Pákistánu identifikovali vyhynulé velryby, které měly zadní končetiny. Zde jsou ukázány zkamenělé končetinové kosti *Basilosaura*, jedné z oněch dávných velryb. Tyto velryby byly již vodními živočichy, které již delší doby své kosti nevyužívaly ke své opoře. Kostí končetin ještě starší zkamenělé velryby označované jako *Ambulocetus* jsou statnější. *Ambulocetus* mohl svůj čas trávit na souši i ve vodě.

Argument, že jde „jen o teorii“, uvažuje pouze druhé Darwinovo hledisko, teorii přírodního výběru. To nás vede k druhé chybě v případě „pouhé teorie“. Termín *teorie* má ve vědě velmi odlišný význam od běžného života. Běžné používání slova *teorie* je velmi blízké tomu, co vědci označují jako hypotézu. Teorie, například Newtonova teorie gravitace nebo Darwinova teorie přírodního výběru, objasňují mnoho faktů a snaží se vysvětlit velkou variabilitu jevů. Podobná sjednocující teorie se nestane ve vědě široce uznávanou, dokud její předpoklady nebudou podrobeny důkladnému a nepřetržitému testování pomocí experimentů a pozorování (viz kapitola 1). Dokonce i pak vědci nepřijmou teorii jako dogma. Například mnoho evolučních biologů se nyní ptá, zdali sám přírodní výběr zodpovídá za evoluční historii, pozorovanou ve fosilním záznamu.

Studium evoluce je živější než kdy jindy a některými současnými debatami se budeme zabývat v následujících třech kapitolách. Tyto otázky, zabývající se tím, jak se život vyvíjí, však v žádném případě neznamenaají, že většina biologů hodnotí samotnou evoluci coby „pouhou teorii“. Debaty kolem evoluční teorie jsou argumenty podobné konkurenčním teoriím gravitace, víme, že předměty padají, zatímco my debatujeme o příčině.

Připsáním rozmanitosti života přirozeným příčinám spíše než nadpřirozenému vzniku dodal Darwin biologii zvuk, vědecký základ (obrázek 22.18). Přesto jsou rozma-

nité produkty evoluce elegantní a inspirující. Jak řekl Darwin v posledním odstavci v *Původu druhů*, „V tom velkolepost tohoto pohledu na život“.



Obrázek 22.18 – Charles Darwin v r. 1859, v roce, kdy byl vydán *Původ druhů*

SHRNUTÍ 22. KAPITOLY

SHRNUTÍ KLÍČOVÝCH POJMŮ

HISTORICKÉ PODMÍNKY EVOLUČNÍ TEORIE

- Zapadní kultura odolává evolučním názorům na život (429–430, obrázek 22.1). Darwinova teorie, že přírodní výběr zodpovídá za evoluční změnu, byla radikálním odklonem od převládajícího náboženského a filozofického klimatu západní kultury.
- Teorie geologického gradualismu připravují cestu evolučním biologům (430–431, obrázek 22.4). Geologové Hutton a Lyell si všimli, že změny zemského povrchu mohou být výsledkem pomalých, nepřetržitých činností.
- Lamarck zařazuje fosilie do evolučního kontextu (431). Lamarck pomohl Darwinovi razit cestu zdůrazňováním interakcí mezi organismy a jejich prostředím.

DARWINOVA EVOLUCE

- Terénní výzkum pomohl Darwinovi vytvořit si svůj názor na život (432–434, obrázek 22.5 a 22.6). Darwinovy zkušenosti během plavby HMS *Beagle* mu zajistily mnoho

podkladů pro myšlenku, že nové druhy vznikají z dávných forem nahromaděním adaptací.

- **Původ druhů rozvíjí dvě hlavní myšlenky: výskyt evoluce a přírodní výběr jako její mechanismus** (434–437, obrázek 22.7–22.11). Přírodní výběr je založen na rozdílném reprodukčním úspěchu, což je umožněno zděděnou variabilitou mezi jedinci jakékoli populace a sklonem populace produkovat mnohem více potomstva, než může prostředí podpořit. Přírodní výběr vyústuje v adaptaci, výskytu živých jedinců se zděděnými znaky, velmi dobře upravenými pro místní prostředí.
- **Příklady přírodního výběru poskytují důkazy o evoluci** (437–438, obrázek 22.12, 22.13). Přírodní výběr a adaptivní evoluce, která jej způsobuje, jsou pozorovatelnými jevy.
- **Biologie je prostoupena důkazy evoluce** (438–441, obrázek 22.14–22.17). Evoluce je potvrzena důkazem z homologií, mezidruhových podobností, daných společným původem. Biogeografie a fosilní záznam obecně podporují evoluční závěry, založené na homologiích.
- **Jaký je teoreticky Darwinův názor na život?** (441–442, obrázek 22.18). Darwinova teorie přírodního výběru sjednocuje biologii a zařazuje ji mezi skutečné vědy.

Test

1. Myšlenky Huttona a Lyella, které Darwin začlenil do své teorie, se vztahovaly k:
 - a) stáří Země a postupné změně
 - b) extinkcím patrným z fosilního záznamu
 - c) přizpůsobení se druhů prostředí
 - d) hierarchické klasifikaci organismů
 - e) dědičnosti získaných vlastností
2. Která z následujících tvrzení nejsou pozorováním či závěrem, na němž je založen přírodní výběr?
 - a) mezi jedinci se vyskytují zděděné odchylky
 - b) jedinci málo přizpůsobení nikdy nezanechávají potomky
 - c) existuje boj kvůli omezeným zdrojům a pouze část potomstva přežívá
 - d) jedinci, kteří zdělili znaky, nejlépe odpovídající prostředí, budou obecně zanechávat více potomstva
 - e) organismy interagují se svým prostředím
3. Které z následujících tvrzení by poskytovalo nejlepší informace pro rozlišení fylogenetických vztahů mezi určitými druhy, jež jsou anatomicky téměř shodné?
 - a) fosilní záznam
 - b) homologní struktury
 - c) srovnávací anatomie
 - d) srovnávací embryologie
 - e) molekulární porovnání DNA a pořadí aminokyselin
4. Které z následujících pozorování pomohlo Darwinovi vytvořit koncept původu postupnou úpravou?
 - a) rozmanitost druhů se snižuje s tím, jak roste jejich vzdálenost od rovníku
 - b) méně žijících druhů bylo nalezeno spíše na ostrovech než na nejbližších kontinentech
 - c) ptáci by mohli být nalezeni na ostrovech ve větší vzdálenosti od pevniny, než je jejich maximální nepřetržitá letová vzdálenost
 - d) jihoamerické rostliny mírného pásu se podobaly více jihoamerickým tropickým rostlinám než rostlinám mírného pásu Evropy
 - e) pěnkavy na Galapágách se živily semeny, přičemž pěnkavy jihoamerické pevniny byly hmyzožravé
5. Darwin spojil informace z několika zdrojů, a rozvinul tak svou evoluční teorii pomocí přírodního výběru. Co *neovlivnilo* jeho myšlení?
 - a) Linnéova hierarchická klasifikace druhů, která by mohla určovat evoluční vztahy
 - b) Lyellovy Základy geologie, které popisovaly postupnost a uniformitu geologických změn po dlouhá časová období
 - c) Mendelův dopis popisující základní principy dědičnosti
 - d) příklady hlavních změn u domestikovaných druhů, vytvořených umělým výběrem
 - e) biogeografické rozložení druhů, které pozoroval na ostrovech Galapágy a během své cesty kolem Jižní Ameriky
6. Ve vědě se termín *teorie* obecně používá pro myšlenku, která:
 - a) je spekulací, postrádající podpůrná pozorování či experimenty
 - b) snahy vysvětlit mnoho příbuzných jevů
 - c) je synonymem toho, co biologové označují jako hypotéza
 - d) je tak široce uznávaná, že je považována za přírodní zákon
 - e) nemůže být testována

7. Po několika týdnech léčby látkou 3TC se pacientova HIV populace skládá zcela z 3TC rezistentních virů. Jak lze tento výsledek nejlépe vysvětlit?
- HIV má schopnost měnit svoje povrchové bílkoviny a odolávat vakcínám
 - pacient musí být znovu infikován 3TC rezistentními viry
 - HIV začíná tvořit vůči léčivu rezistentní verze reverzní transkriptázy jako odpověď na tuto látku
 - několik málo rezistentních virů se již vyskytovalo na počátku léčby a přírodním výběrem se jejich četnost zvýšila
 - některé viry rozvinuly rezistenci na lék a jejich rezistentní geny poté přešly na všechny pacientovy viry.
8. Nejmenší biologickou jednotkou, která se může vyvíjet v čase, je
- buňka
 - jednotlivý organismus
 - populace
 - druh
 - ekosystém
9. Která z následujících myšlenek je společná jak Darwinově, tak Lamarckově teorii evoluce?
- adaptace je výsledkem různého reprodukčního úspěchu
 - evoluce řídí organismy ke stále vyšší složitosti
 - evoluční adaptace je výsledkem interakcí mezi organismy a jejich prostředím
 - adaptace je výsledkem používání a nevyužívání anatomických struktur
 - fosilní záznam podporuje názor, že druhy jsou fixovány
10. Které z následujících dvojic struktur jsou nejméně pravděpodobní představitelé homologie?
- křídla netopyra a přední končetiny člověka
 - hemoglobin paviána a hemoglobin gorily
 - mitochondrie rostliny a živočicha
 - kůra stromu a kutikula humra
 - mozek žaby a mozek psa
11. Jaké jsou dva hlavní body Darwinova Původu druhů?
12. Darwinovo vyjádření evoluce, --- ---, uzavírá myšlenku, že pradávne druhy se mohly rozrůznit do četných druhů potomstva díky nahromadění různých --- v odlišných prostředích.
13. Proč jsou obecně starší fosilie uloženy v hlubších vrstvách horniny než fosilie mladší?
14. Co je to homologie?
15. Definuj přírodní výběr.
16. Vysvětli, proč je následující tvrzení špatné: „Pesticidy vytvořily u hmyzu pesticidovou rezistenci.“

Evoluční spojitost

Důležité pravidlo historické geologie tvrdí, že „současnost je klíčem k minulosti“. Co to znamená a jak můžete tuto představu aplikovat na organismus? Obráceně, jak nám minulost pomáhá porozumět současné rozmanitosti života?

VĚDECKÉ POZNATKY

Darwinův argument pro myšlenku, že dochází k evoluci, je především induktivní, zatímco jeho argument pro mechanismus přírodního výběru je nutně deduktivní. Vlastními slovy shrňte význam slova induktivní a deduktivní složky Darwinovy teorie. (Na vysvětlení indukce a dedukce můžete znovu nahlédnout do kapitoly 1.)

VĚDA, TECHNOLOGIE A SPOLEČNOST

Je koncept přírodního výběru aktuální v politickém a ekonomickém kontextu? Jinými slovy, pokud určitý

národ či korporace dosáhne úspěchu nebo převahy, znamená to, že je vhodnější než její soupeři a že je potvrzena neregulovaná dominance? Proč ano, případně proč ne?

Odpovědi: 1. a, 2. b, 3. e, 4. d, 5. c, 6. b, 7. d, 8. c, 9. c, 10. d, 11. Původ různých druhů ze společných předků, přírodní výběr jako mechanismus evoluce. 12. původ postupnou úpravou („descent with modification“), adaptace. 13. Díky sedimentaci se mladší vrstvy horniny přidávají na vrstvy starší. 14. Podobnost mezi druhy je dána jejich společnou minulostí. 15. Přírodní výběr představuje různý reprodukční úspěch mezi různými jedinci v populaci. 16. Faktory prostředí nevytváří nové znaky, jako je pesticidová rezistence, ale spíše vybírají mezi znaky, které jsou již v populaci zastoupeny.