

Geny, alely a školníci: klasická genetika v BiO



Klasickou genetiku není zase tak těžké pochopit. V jejím úvodu je však třeba se seznámit se všemožnými alelami, homozygoty, fenotypy, štěpnými poměry, lokusy, epistázemi a dalšími pojmy, kterých je velké množství a které mohou být abstraktní. K tomu se přidává nutná znalost základů pravidel pravděpodobnosti a kombinatoriky. Zde může snadno vzniknout mnoho omylů v pochopení štěpných poměrů a předávání alel potomstvu – matematických „škobrtnutí“ se dopouštěli i velcí popularizátoři genetiky z počátku 20. století.

Vysvětlit základy genetiky jen na několika desítkách stran je tedy riskantní úkol, přesto jsme se o to v rámci Biologické olympiády pokusili. V letošním textu Paměť a informace tak můžete nalézt kapitoly věnované molekulární genetice (centrální dogma, alternativní genetické kódy), klasické genetice a také fylogenetice. Z běžně vyučovaných témat zde chybí populační genetika, které byl věnován prostor v ročníku 2021/2022 v textu s tématem Rovnováhy. Kapitola o klasické genetice jsme umístili až za molekulární genetiku a záměrně ji pojali trochu jinak, než je běžné – vycházeli jsme ze zkušeností s výukou genetiky u žáků prvních ročníků gymnázií i studentů chystajících se na vysoké školy. Samotná kapitola začíná detailním představením, co je fenotyp a co všechno ho ovlivňuje. Vliv genotypu na fenotyp je však nejprve představen nikoli na organismech, ale na teoretickém příkladu školy, na jejímž technickém stavu se projevuje zaměstnání různých pracovníků školníků (reprezentujících alely). Příklad má svá omezení, v praxi se však osvědčil pro základní pochopení homo- a heterozygotů. Poté se již dostaneme k formálnějšímu pohledu na klasickou genetiku.

Text se opírá o dílo Gregora Johanna Mendela Pokusy s hybridy rostlin (1866) zasazené do kontextu dnešního poznání a terminologie a doplněné o další vysvětlení. Oproti jiným učebním textům jsme se však rozhodli vynechat shrnutí hlavních poznatků do podoby Mendelových zákonů. Důvodem byl důraz na to, aby se studenti zaměřili především na principy dědičnosti, ne na názvy zákonů. Místo toho jsou zde v několika bodech shrnuty hlavní poznatky Mendelova díla (např. gen má dvě různé alely – dominantní a recesivní). Uvedené poznatky samozřejmě nejsou univerzální, další strany textu se proto věnují vysvětlení, kdy a proč tato „pravidla“ neplatí. Kromě zřejmých odchylek od tvrzení (většina genů má více alel, mezialelické interakce mohou být různé apod.) je mimo jiné popsáno, jak se recesivita, dominance a další interakce projevují na molekulární úrovni a jak relativní tyto pojmy jsou. Zároveň je v textu kladen důraz na to, aby byly jednotlivé odchylky ilustrovány na různých organismech, nejen na člověku nebo na

hrachu. Mísí se zde klasická genetika s genetikou evoluční, nápadně zejména v části věnované pohlavním chromozomům a mimojaderné dědičnosti. Hlavní text je doplněn samostatnými rámečky na různá související témata (např. protoonkogeny a tumor-supresory, modelové organismy nebo vzhled do vzniku názvů a alel). Byť původní účel textu je příprava na BiO, rámečky i hlavní text lze snadno upravit do materiálů obecně použitelných a vhodných pro výuku (blíže v článku zaměřeném na loňský text BiO v Živě 2024, 1: XXIII).

Když přípravný text nestačí...

Klasická genetika je, jak již bylo zmíněno, neoddelitelně spjata s matematikou. Genetické příklady by však dobře nezapadly do přípravného textu. Tak se zrodil nápad vytvořit elektronické přílohy, které by mohly sloužit jako volně přístupná sbírka příkladů i pro další ročníky. Přílohy navíc obsahují základní slovník genetických pojmů (pro první seznámení s nimi však rozhodně doporučuji přípravný text), rychlé zopakování relevantních principů pravděpodobnosti a ukázkou práce s rozvětovací metodou pro řešení složitějších příkladů. Tato metoda je, alespoň z mého pohledu, méně známá než kombinační (Punnettovy) čtverce, pro řešení mnoha příkladů je však přehlednější a uživatelsky příjemnější. Úvod zahrnuje i krátkou část věnovanou rodokmenům a tipům k řešení příkladů postavených na rodokmenové analýze.

Sbírka příkladů nabízí 48 úloh, a to jak „klasických“ výpočetních, tak jiných typů úloh – spojovaček, otázek k zamyšlení, kreslení apod. Některé otázky přesahují i do dalších biologických témat (např. pochopení meiózy) nebo praktických aplikací molekulární biologie a genetiky. Např. v rámci jedné otázky se čtenář seznámí s interpretací elektroforetického gelu, v jiné s využitím mikrosatelitových markerů pro určení otcovství. Příklady zaměřené na různá témata a oblasti genetiky jsou záměrně namíchány například sbírkou (nejdou jasně vymezené skupiny příkladů zabývajících se např. pouze genovou vazbou nebo dihybridismem). Náročnost jednotlivých úloh mírně stoupá. Sbírka je postavena tak, aby šla procházet postupně a čtenář opakovaně využíval již nabyté znalosti. Komentované řešení všech úloh je uvedeno na konci sbírky.

Podobně jako v celém přípravném textu, i v úlohách se řešitelé setkají s mnoha různými organismy, mimo jiné s genetikou hygienického chování včel, délkou ploutví u kaprů nebo dědičností čtyřčár pásovců. Pokud je zmíněn konkrétní organismus, byl kladen důraz na to, aby šlo o znaky, které danou dědičnost skutečně vykazují. Nenačnete zde tedy příklady zaměřené např. na barvu lidských očí a vlasů. Pokud se v rámci příběhu dané úlohy operuje

Bylo nebylo...

Paměť a informace v živých systémech a v biologii

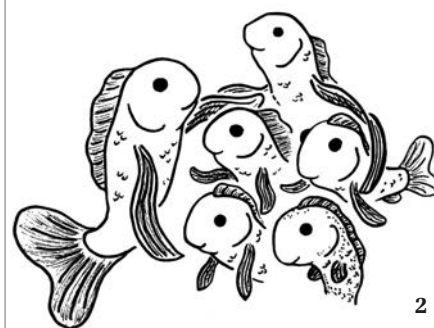
Přílohy ke kapitole Genetika organismů



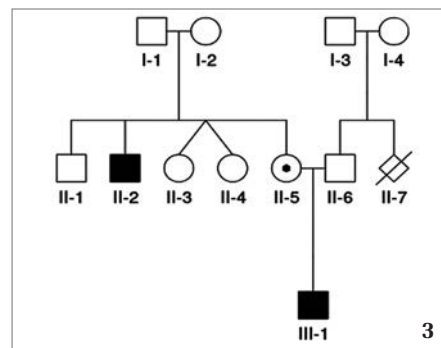
Kateřina Bezányiová

2024

1



2



3

1 Podobizna Gregora Johanna Mendela s BiO květem na titulní straně přílohy.

Podle původní fotografie G. J. Mendela s fuchsí ze skupinového snímku augustiniánů z počátku 60. let 19. století

2 Odlehčená doprovodná ilustrace z přípravného textu skrývající kombinační čtverec různě dlouhoploutvých ryb. Orig. K. Bezányiová (obr. 1 a 2)

3 Ukázka z příručky – rodokmen o třech generacích. Všimněte si, jak jsou vedeny čáry značící sňatek, vztah rodičů a potomků a vzájemnou příbuznost sourozenců. V rámci sňatků/páření se samec podle zvyku kreslí vlevo, samice vpravo, pokud to situace umožňuje. Blíže v textu příručky (<https://olympiada.natur.cuni.cz>)

s některými znaky, u nichž se dlouho nesprávně předpokládalo určitý typ dědičnosti (ušní lalůček člověka, schopnost udělat „ruličku“ z jazyka apod.), je jasně uvedeno, že dědičnost těchto znaků je složitější.

V případě různých lidských genetických onemocnění lze využít pro další čtení unikátní kódy (např. srpkovitá anémie, MIM 603903), které fungují jako odkaz do volně přístupné databáze OMIM (Online Mendelian Inheritance in Man). Sbírka navíc obsahuje úlohy, které se záměrně neberou příliš vážně – třeba „Objevili jste nový druh primáta, který se živí banány. Styl otevírání banánu je podmíněn jedním genem...“

Výběr typů příkladů není vyčerpávající a příklady jsou spíše jednodušší, stále však pokrývají genetické principy, s jakými se setkávají soutěžící i na Mezinárodní biologické olympiádě. Některé úlohy cíleně míří na detaily řešení, které jsou neintuitivní a kde mohou studenti snadno chybovat.

Další zdroje

Kromě komentovaného řešení je u každé úlohy uveden zdroj. Některé jsou autorské, ostatní inspirovány jinými příklady. Čtenářům, kteří by hledali další možnosti k procvičení, lze doporučit zejména anglicky psanou sbírku *Primer of Genetic Analysis: A Problems Approach* (2007). Mezi zdroji také najdete odkaz na volně dostupný nástroj QuickPed použitelný pro snadnou tvorbu rodokmenů. Kromě běžného využití úloh v hodině se některé příklady dají snadno přetvořit do dalších aktivit – např. úloha s „ženou posedlou šlechtěním“ vychází původně z aktivity s hraním rolí pacientů a genetických poradců a šla by do této podoby jednoduše opět převést.

Elektronické přílohy BiO tedy představují volně dostupnou sbírku příkladů alespoň z některých oblastí genetiky, které snad přispějí k výuce nebo samostudiu genetiky, případně poskytnou možný výchozí bod pro další, pokročilejší procvičování. Věřím, že mohou zaplnit určitou mezeru na trhu – mezi českými publikacemi nevím o sbírce příkladů zaměřené primárně na (nadšené) středoškoláky, která by se zároveň blíže věnovala genetice i jiných organismů, než jsou člověk a hospodářská zvířata.

Genetické přílohy naleznete ke stažení na webové stránce Živý a spolu s přípravným textem BiO na <https://olympiada.natur.cuni.cz>.

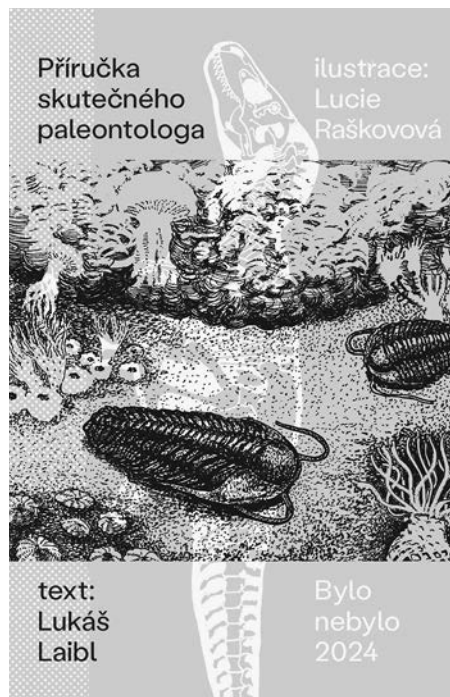
Jan Sklenář

RECENZE

Lukáš Laibl: Příručka skutečného paleontologa

Nedávno se v regálech knihkupectví objevil titul *Příručka skutečného paleontologa*. Černý nápis na malém žlutém hřbetu by mohl uniknout vaší pozornosti a byla by to nejspíš škoda. Knihu Lukáše Laibla ilustrovanou Lucií Raškovovou na sklonku loňského roku vydalo nakladatelství Bylo nebylo. Autor patří k mladé generaci českých paleontologů, jeho specializací jsou trilobiti, coby erbovní živočichové české paleontologie, a jeho oblíbenou aktivitou je popularizace vědy. To, že ji dobře umí, prokazuje i na stránkách Živý. L. Raškovová je ilustrátorka a grafička se vřelým vztahem k přírodě. Kdysi, v 80. letech, se vyučila jezdčyní a ošetřovatelkou koní. Dnes tato profesionální výtvarnice patří „do stáje“ Bylo nebylo – malého nakladatelství s neotřelou produkcí, ke které tituly s přírodovědnou tematikou neodmyslitelně patří. Možná jste se už setkali s jejich miniatlasy pro děti, jsou to ty s karabinkou.

Dlouhá tradice tuzemské populární paleontologické literatury se táhne až do éry dřevorytu, k *Malé geologii* (1869) a *Geologickým obrazům* (1874) Antonína Friče. Většina titulů je po r. 1989 překladových, samostatný fenomén představují knihy o dinosaurech. Kromě nich nacházíme v knižní produkci populární atlasy zkamenělin, resp. kompendia vymřelých organismů. Z mnoha vyberme např. *Dávný svět zkamenělin* od Martina Košťáka (Granit 2004) nebo překladový titul *Prehistorie* (Euromedia 2010). Dále jsou to knihy s užším záběrem vymezeným obdobím, oblastí nebo skupinou organismů, na které se zaměřují, obvykle s velkým podílem obrazových rekonstrukcí typu pohledů do pravěkých světů. Sem lze zařadit *Ztracená moře* uprostřed Evropy autorského kolektivu Vojtěchů Turek, Radvanů Horný a Rudolfa Prokopa (Academia 2003) s ilustracemi nedávno zesnulého Jana Sováka, překladový titul *Země před dinosaury* Sébastiena Steyera (Ottovo nakladatelství 2011) nebo zcela aktuální působivé dílo *Pralesy a jezera mladších prvohor* trojice Stanislav Opluštil, Jaroslav Zajíc a Jiří Svoboda (Academia 2022 a 2024).



Zvláštní pozici v této kategorii zaujímá *Zkamenělý svět* Rudolfa Prokopa vydaný r. 1989 (Práce) a formující mnoho v té době dospívajících budoucích paleontologů i sběratelů zkamenělin (včetně pisatele těchto řádků). Výsadní roli mezi staršími tituly samo sebou drží knihy Josefa Augusty s ilustracemi Zdeňka Buriana, z nichž některé se řadí mezi paleontologickou beletrii typu „příběhů z pravěku“. Jejich hraniční formu nacházíme u autorů, jako byl Rudolf R. Hofmeister a jeho *Eopsýché* (Družstevní práce 1927), která už ovšem postrádá ambici popularizovat paleontologii jako vědní obor. To jsme se zaběhli daleko...

Vědomě v zájmu udržení myšlenky opomímám terénní průvodce z různých oblastí, někde na pomezí toho žánru stojí vloni vydané *Zkamenělé stopy* živočichů v Čechách a na Moravě od Radka Mikuláše (Academia 2024), abych se ve svém velmi zběžně poskládaném přehledu – ve kterém

chybí kde co, včetně knih Bořivoje Záruby (např. *Svět vymřelých zvířat*, Artia 1983) nebo Oldřicha Fejfa (např. *Zkamenělá minulost*, Albatros 1989) – dostal k poslední kategorii: tenkému proudu, jehož hlavním tématem je paleontologie jako obor, co všechno aktuálně zkoumá a jakými prostředky. Takových knih je vskutku mnoho. Výše zmíněný J. Augusta spolu s Mauricem Remešem publikoval před válkou (i po válce) knihu *Úvod do všeobecné paleontologie* (Melantrich 1936, Ferdinand Horký 1947, Nakladatelství ČSAV 1956), která má ale blíže k vysokoškolské učebnici než k populární literatuře a kladla na čtenáře značné – byť v té době spíše obvyklé – nároky. Volně k tomuto proudu můžeme řadit i knihu Ferdinanda Prantla *Sbíráme zkameněliny* (Přírodovědecké nakladatelství 1952, Nakladatelství ČSAV 1957), věnující se však jen technickým aspektům paleontologické práce, nebo spíše vytváření sbírek a péče o ni. Množství titulů se paleontologické metodiky a konceptů obecné paleontologie více či méně dotýká, ale nejsou pro ně rozhodující.

Až 50 let po prvním vydání „Úvodu“ Augusty a Remeše publikoval vertebrátní paleontolog Zdeněk V. Špinar svou *Paleontologii* (Nakladatelství technické literatury 1986; mimochodem, je pozoruhodné, jak velké množství kvalitních popularizačních titulů spatřilo světlo světa mezi lety 1985–90). Kniha se prof. Špinarovi vskutku povedla a nutně se nabízí k srovnávání s recenzovanou publikací, která se téměř po 40 letech – už tím jde o zajímavý počin – do rodiny „jak se dělá paleontologie“ právě narodila. U jejího vzniku stály se svou podporou Akademie věd ČR i Ministerstvo kultury ČR. Za to jim patří velký vděk nejen autorů a nakladatelství.

Příručka skutečného paleontologa je pozoruhodná na několik způsobů. Hned napoprvé zaujme design a ilustrace. Vizualní styl knihy totiž nápadně vybočuje z běžné produkce. Na první pohled má být příručkou, tedy ne atlasem, tím méně reprezentativní obrazovou knihou. Držíme totiž v dlani brožuru velikosti B6 s lepeným hřbetem, otvíráme sklady obálky, které skrývají stručné schéma vývoje života na Zemi. Vše je v dvoubarevném, žluto-černém tisku. Ilustrace na první pohled působí seriózně, snad až poněkud staromódně, ale po chvíli listování odhalíme, že nejde o nějaké retro. Svéraznost zacházení s rastry plně vystoupí