

Biologický korespondenční seminář



Biozvěst

Ročník 1

Série 3 - řešení

Milí řešitelé

Světlo světa spatřuje řešení třetí série. Moc nás těší Váš neutuchající zájem a již za krátký čas bude rozhodnuto o výsledcích semináře. Slavnostní vyhlášení vítězů se uskuteční u příležitosti expedice do Javorníků.

Oproti zadání byla provedena drobná korekce bodového ohodnocení úloh, tak se Vám omlouváme za případné zmatení. Pokud byste měli připomínky k autorskému řešení, neváhejte a ozvěte se, věcné chyby v řešení, které naleznete a podložíte relevantním literárním zdrojem budou ohodnoceny speciálními body.

Ve Vašich řešeních byste měli najít komentáře, které zdůvodňují bodové hodnocení odpovědí jiným než maximálním počtem bodů. Pokud komentáře nenaleznete, nahrálo se zřejmě řešení v režimu, který nám neumožňoval editaci při opravování. Pokud by Vám nebylo jasné, proč jste získali konkrétní počet bodů, ozvěte se.

Přeji mnoho zdaru při řešení poslední série,
Stanislav Vosolsobě

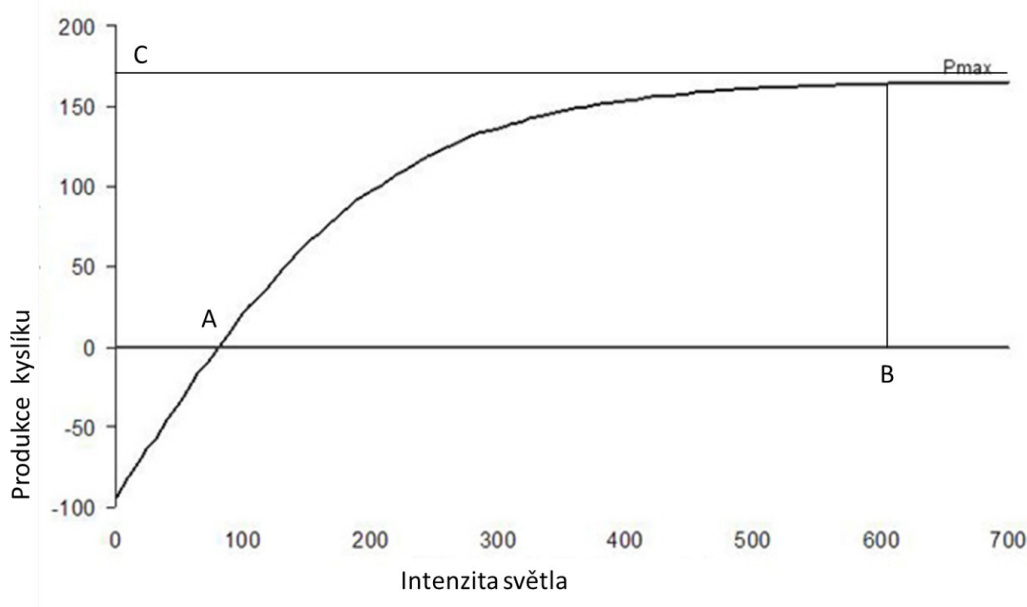
Úloha 1: Fotosynthesa rostlin

Autor: Magdalena Holcová

Počet bodů: 14

Fotosyntéza je biochemický proces, při kterém se mění přijatá energie světelného záření na energii chemických vazeb. Bez nadsázky ji lze označit jako nejdůležitější reakci v biosféře. Nyní se na ni podíváme podrobněji.

- 1) Jedna zkoumaná rostlina měla při fotosyntéze čistou asimilaci 0,5 molu CO_2 v průběhu dne a čistou spotřebu kyslíku (O_2) 0,12 mol v důsledku respirace v noci. Za předpokladu, že rostlina uvolňuje plyny pouze při fotosyntéze a respiraci biomasy vypočítejte, jaká je čistá produkce biomasy rostlinou během jednoho dne (12 hodin světlo a 12 hodin tma). Molární hmotnost biomasy je 30. Při počítání vyjděte ze souhrnných rovnic fotosyntézy a respirace.



Z rovnice fotosyntézy vyplývá ($6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 6 (\text{CH}_2\text{O}) + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$), že poměr

látkového množství spotřebovaného uhlíku v podobě CO₂ a uhlíku vyprodukovaného fotosyntézou je 1:1. To znamená, že fotosyntézou vznikne z 0,5 molu CO₂ 0,5 molu biomasy. Protože víme, že molární hmotnost biomasy je 30, snadno spočítáme celkovou hmotnost biomasy vyprodukované fotosyntézou ($m=M.n$; $m=0,5.30$; $m=15$ – nebylo uvedeno, zda je molární hmotnost v g/mol nebo kg/mol, ovšem vzhledem k podmínkám uvedeným v zadání předpokládáme, že jde o gramy). Rovnice dýchání ($6(\text{CH}_2\text{O}) + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$), nám opět ukazuje, že je poměr látkových množství prodýchané biomasy a vzniklého CO₂ 1:1. Hmotnost prodýchané biomasy tedy analogicky dopočítáme ($m=M.n$; $m=0,12.30$; $m=3,6$ g). Čistá produkce biomasy je produkce vzniklý fotosyntézou, od které odečteme prodýchanou biomasu, tedy $m=15-3,6$; $m=11,4\text{g}$. 3 body

2) Prohlédněte si graf závislosti intenzity světla a produkce kyslíku při fotosyntéze. Čím jsou význačné body A, B a C? Jak je ovlivněn růst rostliny, pokud intenzita světla překročí hodnoty označené bodem A, jak je ovlivněn, pokud překročí bod B?

- Bod A: kompenzační bod fotosyntézy. Vyrovnává se dýchání s fotorespirací a fotosyntéza, příbytek biomasy je nulový - spotřebovává se jí tolik, kolik se jí produkuje
- Bod B: světelný saturační bod. Při této intenzitě světla dojde k nasycení světlem, i když světla přibývá, intenzita fotosyntézy, tedy i množství vyprodukovaného kyslíku už neroste.
- Hodnota C: "maximum rate of net photosynthesis". Vyjadřuje maximální rychlost fotosyntézy. Po překročení bodu A rostlina začíná růst, protože fotosyntéza začne převažovat nad respirací a fotorespirací. Po překročení bodu B už rostlina přibývá stále stejně, i když se intenzita světla zvyšuje (dokud nedojde k mezní hodnotě intenzity osvětlení, která už ničí fotosyntetický aparát). 3 body

3) I v další otázce se budeme věnovat grafu z otázky 2. Vysvětlete, jak je možné, že se při nízkých hodnotách intenzity světla dostává produkce kyslíku do záporných hodnot (napíšte název procesu, který je za tento jev nejvíce zodpovědný a stručně vysvětlete jeho molekulární podstatu).

Při nízké intenzitě světla se rostlina může dostat do záporných hodnot produkce kyslíku vlivem dvou procesů: respirace a fotorespirace (k dosažení plného počtu bodů stačilo zmínit a správně popsat jeden z procesů).

Při respiraci se totiž spotřebovává kyslík, kterého je víc, než kolik ho rostlina dokáže vyprodukovat fotosyntézou při takto nízké intenzitě světla. V průběhu respirace se štěpí glukóza na dva tříuhlíkaté sacharidy. Ty se potom oxidují, a při tom vzniká CO₂. Při oxidaci se uvolňují vodíkové ionty a elektrony, které se nakonec využijí jako zdroj energie pro syntézu ATP z ADP a nakonec reagují s O₂ za vzniku H₂O. Proces štěpení glukózy se dá zapsat touto rovnicí: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 38\text{ADP} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 38\text{ATP}$

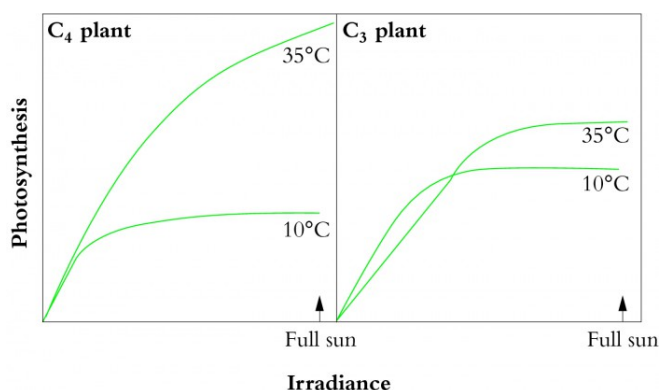
Při fotorespiraci váže enzym RubisCO místo CO₂, který by měl dále zabudovávat, O₂ (je to proto, že enzym RubisCO má karboxylázovou i oxygenázovou aktivitu). Po použití O₂ vzniká fosfoglycerát a jedné molekule fosfoglykolát. Fosfoglycerát se po tom, co je redukován dále využívá k Calvinově cyklu. Fosfoglykolát se mění na glykolát a přechází do peroxisomu. Po dalších úpravách se dostává do mitochondrie. Během procesu vzniká z dvou takových molekul fosfoglykolátů jedna molekula fosfoglycerátu, která je opět využita v chloroplastech, a jedna molekula CO₂. Fotorespirace vede ke vzniku meziproductů, které rostlina může dále využívat, ale celkově je vnímána jako negativní jev, protože snižuje výtěžek fotosyntézy. 2 body

4) Hodnoty grafu z otázky číslo 2 platí pro C₃ rostliny. Kam by se posunul bod A na ose x, pokud bychom graf sestavovali pro C₄ rostlinu? Popište molekulární mechanismus procesu, který C₄ rostliny využívají, aby takového posunu dosáhly (popište přesně meziproducty a enzymy, které v procesu figurují).

- Bod A by se na ose x u C₄ rostlin posunul dále doleva, protože u C₄ rostlin nedochází k tak výrazné fotorespiraci.
- C₄ rostliny se brání fotorespiraci tzv. Hatch-Slackovým cyklem.
- C₄ rostliny mají buňky, kde probíhá Calvinův cyklus, uloženy v pochvě cévního svazku.

Tyto buňky jsou důkladně odizolovány od svého okolí, takže přes jejich buněčnou stěnu nemůžou volně procházet žádné plyny. V buňkách pochev cévních svazků potom C4 rostliny zvyšují parciální tlak CO₂. V buňkách mezofylu je pyruvát-ortho-fosfát-dikinázou katalyzována fosforylace pyruvátu a vzniká fosfoenolpyruvát. K fosfoenolpyruvátu se váže CO₂ (a HCO₃⁻) a vzniká pomocí PEP -karboxylázy oxalacetát (PEP karboxyláza je pro tento děj zcela klíčová v tom, že nemá oxygenázovou aktivitu jako RubisCO, takže nemůže vázat kyslík a tím brání fotorespiraci). Oxalacetát se pomocí NADPH redukuje na čtyřuhlíkatý stabilní malát. Malát se transportuje do buněk pochvy cévního svazku. Tam dochází k jeho štěpení tzv. jablečným enzymem (malátdehydrogenázou). Vzniká CO₂, který je využit pro Calvinův cyklus. (Z malátu ještě zůstane pyruvát, který se vrací zpět do mezofylových buněk a NADPH, které se dále využije. 2 body

- 5) **Dohleďte si v literatuře grafy závislosti asimilace CO₂ na intenzitě světla při fotosyntéze za různých teplot. Popište, jak se liší odpověď na různou intenzitu světla u C3 a C4 rostlin. Za jakých podmínek (světlo, teplo) je pro rostlinu výhodná C3 fotosyntéza?**



Při velmi nízké intenzitě světla je rychlost fotosyntézy nezávislá na teplotě. Při teplotách mezi 0-10°C je pomalá C3 i C4 fotosyntéza, ale C3 fotosyntéza je o něco rychlejší než C4, protože ji nebrzdí Hatch-Slackův cyklus a zároveň při nízkých teplotách neprobíhá fotorespirace. Přibližně při 17°C začíná být výhodnější C4 fotosyntéza, a tak už to zůstává i po dalším zvyšování intenzity světla, protože C4 rostliny se účinně brání fotorespiraci. Maximální rychlost fotosyntézy u C3 rostlin je při 20-30°C, u C4 rostlin mezi 30°C a 40°C. Pro C3 rostliny je obecně vhodnější biotop, kde je vyšší vlhkost a nižší teploty. 2 body

- 6) **Popište stručně typický biotop C4 rostliny, a zamyslete se, čím zde trpí C3 rostlina a jaká je podstatná výhoda C4 rostlin na tomto stanovišti.**

Typický biotop C4 rostliny je teplý, suchý a s dostatkem světla - tedy například savana, teplomilné trávníky a stepi (i když ve velmi suchém prostředí je mnohem výhodnější CAM strategie). Rostliny jsou na těchto místech nuceny mít většinu dne zavřené průduchy, aby neztrácely příliš vody. C4 rostlina dokáže CO₂ ze vzduchu uzavřeného v listech mnohem lépe využít a brání fotorespiraci, ke které během suchého teplého dne v rostlinách C3 dochází

2 body

- 7) **Bonus (na zamyšlení): Proč nedominují C4 rostliny v mediteránním pásu, který se v mnoha rysech podobá ideálnímu biotopu pro C4 rostliny?**

V mediteránu je během léta přílišné sucho, vegetační období je posunuto na jaro a podzim. Během těchto období se rostliny dočkají větších úhrnů srážek, ale zase je celkem velká zima, takže se C4 strategie nevyplácí. 2 body

Úloha 2: Geografem v říši zvířat II

Autor: Albert Damaška

Počet bodů: 20

V minulé úloze jsme se seznámili s faunistikou, metodou, která nám umožňuje zkoumání rozšíření a ekologických nároků zvířat na malé, regionální úrovni. Samozřejmě však lze zkoumat výskyt živočichů i v daleko větším rámci, zjišťovat jejich celkový areál rozšíření. Z tohoto areálu pak můžeme vyvozovat nejrůznější makroekologické závěry a při zjištění areálů více druhů vysledovat určité vzory (patterns) rozšíření. Věda, zabývající se studiem rozšíření živočichů, se nazývá *zoogeografie* a je podoborem biogeografie.

- 1) Země se pro potřeby zoologů dělí na několik velkých *zoogeografických oblastí*. Ty zhruba odrážejí hlavní patterns rozšíření živočichů. Jejich mapu vidíte na následujícím obrázku. Botanici pro členění světa používají podobné rozdělení, jako zoologové. Zahrnuje ale několik podstatných rozdílů. Jakou oblast speciálně vyčleňují botanici jako samostatnou, kdežto v zoologickém členění je součástí jiné, větší?

Botanici navíc vyčleňují kapskou oblast (Capensis) na jihu Afriky, případně Madagaskar. Patagonie se v rámci botanického členění řadí do antarktické oblasti. 0,5 bodu

- 2) Stejně jako botanici, i zoologové někdy Nearktickou a Palearktickou oblast spojují do velké Holarktické oblasti. Najděte nějaké živočichy, jejichž výskyt takového spojování podporuje.

Na území Severní Ameriky, a zároveň na území Palearktu, vyskytuje se například medvěd hnědý (*Ursus arctos*), případně též vlk obecný (*Canis lupus*). 2 body

- 3) Americká fauna je vůbec mimořádně zajímavá. Ve čtvrtohorách totiž došlo ke spojení Severní Ameriky s Jižní. Miliony let izolovaně se vyvíjející fauna Neotropů se tak mohla promíchat s holarktickou faunou Severní Ameriky. Jak tomuto ději v Americe říkáme? Najděte nějaké severoamerické organismy, jejichž evoluční původ sahá do Neotropů, a naopak neotropické organismy, jejichž předkové přišli do Jižní Ameriky z té Severní.

Popsaný děj se většinou nazývá pojmem Velká americká výměna (angl. Great American Interchange). Mezi dnes severoamerické organismy, jejichž původ je třeba hledat v Neotropích, patří například pásovec devítipásý (*Dasybus novemcinctus*), mravenci *Atta* nebo vačice (*Didelphis*). Naopak, z Nearktu se do Neotropů dostali při VAV předkové například jaguára (*Panthera onca*), tapíra (*Tapirus*) nebo lamy (*Lama*).

4 body za organismy, 0,5 za název děje, celkem 4,5 bodu

- 4) Důvody, proč se některé organismy vyskytují tam a jiné tam se často musejí sledovat dlouho do minulosti, až do dob, kdy se prakontinent Pangea rozpadl na severní Laurasii a jižní Gondwanu. Mnohé taxony svou příslušnost k Laurasii či Gondwaně ukazují na svém rozšíření dodnes. Najděte nějaký typický laurasijský a typický gondwanský taxon a stručně popište, kam sahá jejich rozšíření. Zde můžete hledat nejen taxony živočichů, ale i rostlin.

Gondwanské rozšíření lze dobře vysledovat například u rostlinných čeledí proteovitých (*Proteaceae*) v jižní Africe a v Austrálii nebo pabukovitých (*Nothofagaceae*) – Patagonie a australská oblast, více méně laurasijsky jsou naopak rozšířeny buky (*Fagaceae*).

Gondwanské rozšíření zvířat vykazuje například čeleď Peripatopsidae v rámci kmene drápkovců (*Onychophora*) z Jižní Ameriky, jižní Afriky a australské oblasti, laurasijské pak ocasatí obojživelníci, kteří se až na pár výjimek vůbec nevyskytují na jižní polokouli a v tropech. *bod za každý organismus a bod za jeho rozšíření, celkem 4 body*

- 5) Stejně jako Jižní Amerika, i Afrika má své domácí taxony, které pocházejí právě odsud. Mezi savci se jedná o skupinu Afrotheria. Po těsnějším napojení Afriky na Eurasii došlo opět k mísení faun obou oblastí. Kteří živočichové ze současné africké megafauny (velkých zvířat) náleží mezi Afrotheria a kteří jsou příslušníky skupin, které se sem dostaly později z Eurasie? A jaká Afrotheria bychom v současnosti našli

mimo Afriku?

V současné africké megafauně jsou Afrotheria reprezentována slonem (*Loxodonta africana*), naopak ostatní klasická africká megafauna (nosorožci, kopytníci apod.) náleží mezi Laurasiatheria. Mimo Afriku dnes z Afrotherií žijí například sloni indiští (*Elephas maximus*), různé sirény či damani, jejichž výskyt sahá až do Izraele. Zajímavostí je, že starozákonní „králíci“ mnohdy nejsou králíci, nýbrž právě damani. Za králíky byli zaměněni špatným překladem Bible. po

půl bodu za příklady africké megafauny, bod za neafrická afrotheria, celkem 3 body

- 6) **Některé druhy živočichů jsou rozšířeny úplně po celém světě – říkáme, že jsou kosmopolitní. Většina z nich toho dosáhla za pomoci člověka. Jmenujte nějaké druhy zvířat, které pomohl rozšířit člověk. Kde způsobily takovéto invaze největší problémy a proč?**

Mezi člověkem rozšířené kosmopolitní druhy patří například prase (*Sus scrofa*) či potkan (*Rattus norvegicus*). Takovéto invaze způsobily největší problémy na ostrovech, kde vznikly v dlouhodobé izolaci od podobných predátorů druhy živočichů, které byly svým způsobem života vůči potkanům či prasatům velmi zranitelné. Na Novém Zélandu kvůli tomuto jevu vymřelo (či téměř vymřelo) například mnoho druhů ptáků. 2,5 bodu

- 7) **Samotné rozšíření člověka je zajímavé. Člověk je schopen migrovat velmi efektivně a v současné době globalisace se na mnoha místech střetávají národové z celého světa. Odkud pocházejí hlavní etnické skupiny, které bychom našli v Kapském Městě? Které obyvatelstvo převládalo v oblasti Kapského Města před příchodem předků současných Afrikánců? Jako odpověď v tomto případě nestačí „černoši“ či „běloši“, nýbrž je třeba uvést konkrétní etnika.**

Před příchodem Afrikánců převládalo v málo obydleném Kapsku obyvatelstvo tzv. křováků, příslušníků Khoisánských kmenů (Khoisan people). Bílí Afrikánci jsou původem nizozemští osadníci, kteří se zde před stovkami let usadili, aby vytvořili specifickou kulturu i vlastní jazyk afrikánštinu. Mezi bílé Afrikánce se též řadí britští osadníci, kteří parciálně původní Afrikánce v 19. století vytlačili dál do afrického vnitrozemí (ti jim hanlivě říkají rooinekové). Ti hovoří anglicky. Z černochů se v Kapském Městě vyskytují především příslušníci národa Xhosa, minoritněji jsou zastoupeny i další bantuské kmeny (které do svých jazyků někdy převzali i specifické khoisánské hlásky, tzv. mlaskavky). Nejpočetnější skupinou kapského obyvatelstva jsou tzv. barevní (nejde o nenávislný či rasistický výraz, ale o oficiální označení této skupiny obyvatelstva ze strany Jihoafrické republiky – angl. coloured people). Jde o míšence různých národností (například černochů a bělochů) a také o potomky otroků, dovezených do Afriky z Asie. Stejný původ má i jedna ze skupin „barevných“ – kapští Malajci. Ti vyznávají islám a drží si vlastní kulturu. V Kapském Městě jich nejvíce bydlí ve čtvrti Bo Kaap. 2 body

- 8) **Vzpomínáte ještě na faunistické mapování? Představte si, že bychom jej molekulárně zpracovali, rozšířili na celý areál druhu a snížili jeho rozlišení. Získali bychom tím přehled o fylogenetické diversitě druhu. Takové metodě se říká *fylogeografie*. Na jaké otázky nám může fylogeografie odpovědět?**

Výsledkem fylogeografické studie je zjištění, jak je druh vnitřně heterogenní, z čehož lze vyvodit mnoho závěrů o jeho minulosti (např. zda v minulosti prošel bottleneckem).

Fylogeografie též pomůže s vyřešením otázek, týkajících se migrací druhů, v Evropě pak odpoví na otázky, odkud se druhy zpětně šířily po posledním glaciálu, tj. kde měly svá glaciální refugia. 1,5 bodu

- 9) **Bonusová otázka: Některé státy mají tu zajímavou vlastnost, že na svém území zahrnují více zoogeografických oblastí. Který stát jich má na svém území nejvíce? A který jich má na svém území nejvíce, pokud bychom zahrnuli i jeho závislá území a kolonie?**

Krom sporné Antarktidy v minulosti všechny zoogeografické regiony na svém území vlastnila Velká Británie, Nizozemsko či Francie. Ta drží prvenství v počtu zoogeografických

oblastí na svém území i dnes – vlastní území v neotropické (např. Francouzská Guyana), nearktické (Saint-Pierre a Miquelon), palearktické, antarktické (krom sporného rozdělení Antarktidy Antarktickou smlouvou i několik subantarktických ostrovů), australské (např. Nová Kaledonie) i afrotropické (např. Réunion) oblasti. Chybí jí však, oblast indomalajská, kde se dnes už závislá území prakticky nevyskytují. Výjimku tvoří ostrovy v Indickém oceánu, patřící Británii. Ta je na druhém místě – vlastní území v Nearktu, Neotropech, Palearktu, Indomalajsií a na Antarktidě, zařazení ostrovů v jižním Atlantiku do Neotropů či Afrotropů je sporné. Pokud bychom je zahrnuli do Afrotropů, předeženou Britové Francouze, chybí jim totiž jen Australská oblast. V Austrálii je ale hlavou státu Alžběta II., čili ačkoli se nejedná o část Británie, vládne britská královna prakticky ve všech oblastech i dnes. Neexistuje stát, který by zahrnoval více než dvě zoogeografické oblasti, pokud bychom si odmyslili závislá území. Mezi státy se dvěma regiony patří třeba Čína, Mexiko nebo Indonésie.

Až 2 bonusové body navíc

Úloha 3: Haplodiploidie

Autor: Michæl Mikát

Počet bodů: 20

Jako ploidie se označuje počet kopií od jednoho typu chromozomů v buňkách. Nepohlavně se rozmnožující organismy jsou většinou haploidní - nesou jen jednu kopii každého chromosomu na buňku. U pohlavně se rozmnožujících organismů dochází v rámci životního cyklu obvykle ke střídání haploidního a diploidního stádia. U většiny živočichů (včetně člověka), je haploidní stádium omezené pouze na pohlavní buňky - tedy gamety. Po zbytek životního cyklu je živočich diploidní. U suchozemských rostlin dochází k rodozměně - tedy pravidelnému střídání mnohobuněčné haploidní (gametofytu) a diploidní (sporofytu) fáze v rámci životního cyklu, přičemž u mechů a jatrovek výrazně převažuje fáze haploidní a naopak u cévnatých rostlin fáze diploidní. U krytosemenných rostlin je haploidní fáze redukována dokonce jen na několik buněk. U některých řas - například parožnatek (*Chara*), je diploidní jen zygota, tedy buňka vzniklá oplozením, a ta se poté meioticky rozdělí na haploidní buňky. Více o životním cyklu a ploidii si můžete přečíst v přípravném textu k biologické olympiádě 2012: Lásky, sex a něžnosti: http://www.biologickaolympiada.cz/backend/article-add/files/brozura12_webo.pdf.

U některých skupin členovců existuje velmi zajímavý způsob střídání haploidní a diploidní fáze. Zatímco samice vznikají standardně oplozením a jsou diploidní, tak samci vznikají z neoplozených vajíček a tudíž jsou haploidní. Právě těmto organismům se bude věnovat následující úloha.

Organismy samozřejmě mohou mít i vyšší množství kopií genetické informace než dva – pokud mají tři, říká se jim triploidní, pokud čtyři, tak tetraploidní a tak dále. Obecně se označují jako polyploidie. Polyploidizace (vznik polyploidů) vede u živočichů nejčastěji ke sterilitě polyploida (u rostlin je díky širokému repertoáru nepohlavních způsobů množení polyploid obvykle fertillní), ale mnohem zajímavější jsou případy, kdy ke sterilitě nedojde, protože jenom ty umožňují další evoluci. Pokud je tedy polyploid fertillní, tak často dochází buď k speciaci (vzniku nového druhu), nebo k přesmyku na nepohlavní rozmnožování, případně k oběma procesům. Obecně jsou na úspěšné polyploidizace podstatně náchylnější rostliny než živočichové. Ale například obratlovci velmi pravděpodobně prošli ve své historii dvěma fázemi polyploidizace.

Obecné poznámky k řešení úlohy:

Selekce (Přirozený výběr)

Selekce je jedním z hlavních evolučních procesů. Pokud jde o vznik adaptivních (užitečných) vlastností, tak je patrně o proces nejdůležitější. Aby v daném systému mohla selekce fungovat, tak je nutné aby se zde vyskytovala variabilita (tedy bylo mezi čím vybírat), rozmnožování v kombinaci s omezeným množstvím zdrojů (jedinci se množí, ale přežít nemůže každý) a aby vlastnosti jedinců byli dědičné. Poté může (nebo ještě přesněji musí) docházet k tomu, že s větší pravděpodobností

přežijí jedinci aktuálně lépe přizpůsobení svému prostředí a tuto jedinci zplodí větší množství potomků.

Kromě selekce ze strany prostředí (přírodního výběru) existuje i selekce ze strany pohlavního partnera (pohlavní výběr), která sice danému jedinci nezlepšuje přežívání (často i zhoršuje), ale způsobí jeho výhru v různých vnitro či mezipohlavních soubojích, a tedy výrazně přispěje k jeho rozmnožení. Jako přirozený výběr se označuje přírodní a pohlavní výběr dohromady.

Výše zmíněný popis selekce je základním stavebním kamenem evoluční teorie už od Dob Darwina, tedy více než 150 let. Ovšem donedávna, a částečně i dodnes diskutovanou otázkou je, na jaké úrovni selekce působí. V základním Darwinovském pojetí spolu kompetují jedinci o to, kdo zplodí co největší množství životaschopného a plodného potomstva. Tomuto pojetí se říká individuální výběr. Bohužel některými vědci a ještě spíše lidovou tvořivostí bylo chápání selekce překrouceno na postoj, že vlastnosti, které se selektují, jsou pro dobro skupiny, případně druhu. Tomuto pojetí se říká skupinový výběr. Tento typ výběru za naprosté většiny podmínek nemůže existovat, protože v případě, že by se v dané skupině vyskytl sobec, který by využíval pomoci ostatních členů skupiny a sám by pracoval jen na sebe, tak se rychle stane nejméně úspěšným členem skupiny a zanechá největší množství potomstva.

Přestože individuální výběr dobře existenci většiny adaptací v přírodě, tak se v přírodě vyskytují situace, které jsou s ním v rozporu. Jedním z případů jsou společenství sociálního hmyzu, ve kterých se řada jedinců nemnoží či téměř nemnoží, zato pomáhají s péčí o cizí potomstvo. V roce 1964 formuloval William D. Hamilton teorii příbuzenského výběru (kin selection). Tato teorie předpokládá, že je pro jedince ekvivalentní, zda se množí sám, nebo dostatečně pomůže k rozmnožování vlastním příbuzným. Aby se pomoc vyplatila, tak musí platit tato podmínka: zisk recipienta násobený koeficientem příbuznosti jed větší než ztráta donora. V méně abstraktním pojetí to znamená: je výhodné zemřít, pokud při tom zachráníš více než dva bratry, více než čtyři vnoučata a podobně. Teorii příbuzenského výběru přeformuloval později Richard Dawkins na teorii sobeckého genu. Tato teorie tvrdí, že v rámci evoluce spolu nekompetují jedinci, ale alely téhož genu o to, která se přenesou do další generace. A že jedinci jsou jen taková vozítka pro geny, které zprostředkovávají interakci s prostředím. Podle této teorie platí, že uspěje nejlépe ta alela, která nejlépe způsobuje vlastní šíření. Většina alel pracuje ve shodě se zájmy svého nositele (třeba pomáhá při trávení, pomáhá při tvorbě krunýře, pomáhá při tvorbě ornamentu, co se líbí samičkám). Existují ale i alely, které se šíří na úkor svého nositele. Jde jednak právě o alely pro reprodukční altruismus (tedy vedoucí ke vzniku eusociality), a dále i ultrasobecké geny. Ultrasobecké geny se šíří na úkor ostatních genů, které nositel obsahuje. Příkladem je t-alely u myši, která samců způsobuje, že zabije všechny spermie, které ji nenesou. Heterozygotní samec má sice jen polovinu spermií, za to ale všechny nesou t-alelu, a tak se pravděpodobnost jejího předání do další generace zvyšuje.

V dnešní době je individuální výběr považován za překonanou hypotézu, ale v řadě případů možným zjednodušením pohledu na selekci. Skupinový výběr je považován za neplatný. Nejlepší selekční hypotézou se jeví teorie sobeckého genu, vysvětlující i ty jevy, které teorií individuálního výběru vysvětlit nejdou.

Modelové organismy a *Apis mellifera*

Pro studium nějakého problému obvykle používají biologové určité modelové organismy, které by měly reprezentovat např. daný taxon nebo danou ekologickou skupinu. Často ale jsou dané organismy vybrané velmi špatně, protože se chovají úplně jinak, než obvyklý zástupce dané skupiny. Velmi často jde o organismy výrazně odvozené (tedy s enormním množstvím evolučních novinek oproti společnému předkovi). Např. se pro jednobuněčná eukaryota používá jako modelový organismus kvasinka, což je sekundárně zjednodušená jednobuněčná houba! Modelové organismy byly obvykle vybrány tak, že se dobře pěstují v laboratoři a dobře zkoumají (např. mají krátkou generační dobu a malý genom), tudíž z principu musí být divné oproti skupině, kterou mají reprezentovat.

Pro eusociální hmyz je obvyklým modelovým organismem včela medonosná (*Apis mellifera*), která rovněž není příliš reprezentativní, neboť se vyznačuje jednou z nejkompexnějších a

nejjedvozenějších typů eusociality. Počet členů společenství jsou u ní desetitisíce jedinců (u některých skupin eusociálů jsou to dva jedinci, maximální známá velikost společenství je několik milionů jedinců). Společenství se zakládá rojením – tudíž v žádné fázi není královna sama a tedy není schopna práce (oproti většině eusociálních druhů, kde královna zakládá společenství sama), královna se páří až s 25 samci (většina eusociálních druhů je monogamních, případně mírně polyandrických), dělnice nejsou schopné páření, ale můžou klást neoplozená samčí vajíčka (u některých druhů jsou dělnice stejně potenciálně plodné jako královny, jindy můžou být i plně sterilní).

Vybrat správný modelový organismus není jednoduché. Diverzita eusociálních společenství je obrovská, tudíž co platí u jednoho nemusí platit u druhého. Kdybych měl zvolit kdelový organismus eusociálních blanokřídlých, vybral bych si asi vosíka (*Polistes*). Lepším přístupem je ale snažit se poznat spíše širší spektrum druhů, protože teprve srovnání více situací může ukázat nějaké obecně se vyskytující vzory.

Co je to eusocialita:

Eusocialita je typ společenství, ve kterém se vyskytuje reprodukční dělba práce (někteří jedinci se množí více než jiní), překryv generací (více generací zároveň – např. matka a dcery) a společná péče o potomstvo (dospělci společně pečují o juvenilní jedince).

Eusocialita se vyskytuje u:

Blanokřídlí: všichni mravenci (*Formicidae*), část vos (podčeledi *Stenogastrinae*, *Vespinae*, a *Polistinae*), košičkaté včely (medonosné včely – *Apis*, bezžihadlové včely – *Meliponini*, čmeláci – *Bombus* a orchideové včely – *Euglossini*), některé ploskočelkovité včely (*Halictidae*), některé včely z podčeledi *Xylocopinae* (část *Xylocopa*, část *Ceratina*, *Allodapini*), kutilky rodu *Microstigmus*

Švábi: všichni termiti (*Isoptera*)

Třásněnky: dva rody: *Oncothrips* a *Kladothrips*

Mšice: některé druhy z čeledí *Pemphididae* a *Hormaphididae*

Brouci: dva druhy: *Austroplatypus incompertus* a *xyleborus saxeseni*

Krevety: rod *Synalpheus*

Obratlovci: tradičně se řadí především rypoši, ale v širším pojetí všichni obratlovci označovaní jako cooperative breeding (včetně např. některých ledňáčků, některých rákosníků, některých cichlid, vlka, surikat i člověka).

Otázky:

- 1) Koeficient příbuznosti je pravděpodobnost, že jedinci zdědili stejnou alelu od blízkého společného předka. U diploidů koeficient příbuznosti (r) mezi jednovaječnými dvojčaty 1, mezi vlastními sourozenci 0,5, mezi rodičem a potomkem 0,5 a mezi nevlastními sourozenci 0,25, mezi prarodičem a vnoučetem 0,25 a náhodnými jedinci 0. Jaký je koeficient příbuznosti u haplodiploidů mezi:**

a) vlastními sestrami: 0,75

b) nevlastními sestrami: 0,25 (společná matka: 0,5)

c) bratry: 0,5

d) matkou a dcerou: 0,5

e) matkou a synem: 0,5 z pohledu matky, 1 z pohledu syna

f) otcem a dcerou: 1 z pohledu otce, 0,5 z pohledu dcery

g) otcem a synem: 0 – tento vztah neexistuje

h) babičkou a vnučkou: 0,25

i) babičkou a vnukem: 0,25 z pohledu babičky, 0,5 z pohledu vnuka

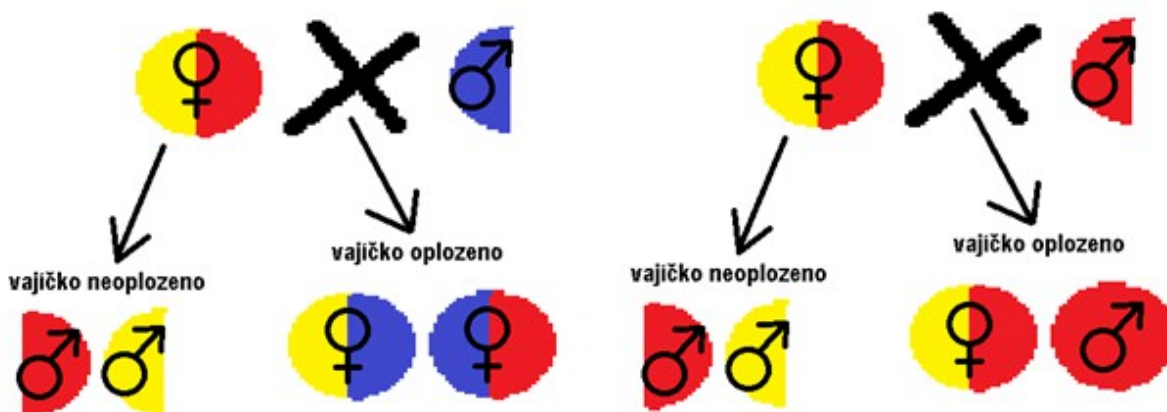
- 2) Nejznámější haplodiploidní organismy patří mezi blanokřídlé. Které skupiny blanokřídlých jsou haplodiploidní a které nikoliv? Kolikrát v rámci blanokřídlých haplodiploidie vznikla?**

Haplodiploidie je evoluční novinkou (apomorfii) v rámci blanokřídlých (*Hymenoptera*). To znamená, že vznikla u některého společného předka blanokřídlého hmyzu, který ale už nebyl předkem jiné skupiny hmyzu. Primárně jsou tedy haplodiploidní všechny skupiny

blanokřídých (z těch hlavních možné jmenovat pilatky, lumky, chalcidky, zlatěnky, žahalky, vosy, mravence, kutilky a včely).

V některých případech došlo k zániku haplodiploidie a přechodu k jiným genetickým systémům, např. zpátky k diploidii jedná se ale o ojedinělé případy. Za zánik haplodiploidie lze považovat i striktní partenogenezi, kdy se samci nevyskytují vůbec žádní, tedy ani haploidní. Ta se vyskytuje např. u mravenců *Cerapachys biroi*, *Mycocepurus smithii*) a včel *Ceratina parvula* a invazní americké populace *C. dallatoreana*

- 3) U blanokřídých není haplodiploidie důsledkem celého genomu, ale jednoho genu. Pokud jedinec nese jednu alelu od daného genu, tak je samec, pokud dvě alely, tak je samice. U naprosté většiny druhů existuje obrovské množství alel daného genu, což vede k tomu, že pokud je jedinec diploid, tak je téměř vždy heterozygot a tedy samice. Pokud by byl ale pro danou alelu homozygot, tak je samec. To se v přírodě opravdu za určitých okolností stává a diploidní samci jsou obvykle sterilní. Jmenujte situace, které by mohly vést ke vzniku diploidních samců.



Na začátek je nutné zmínit, že k této situaci může dojít pouhou náhodou – přestože je v genu pro určení pohlaví obrovský polymorfismus (obrovské množství alel), tak někdy dojde ke smůle, že se spáří samice a samec nejsoucí stejnou alelu.

Obvykle ale diploidní samci vznikají při příbuzenském křížení – imbreedingu. K tomu dojde např. v situaci, kdy se páří bratr se sestrou, či jinak blízce příbuzní jedinci (samozřejmě ne vždy ale vede imbreedingu ke vzniku diploidních samců, je tu ale zvýšené riziko). Obvykle se blanokřídý hmyz snaží imbreedingu vyvarovat, ale ne vždy je to možné – např. pokud dojde k výraznému snížení velikosti izolované populace, tak vlastně jedincům nezbyvá nic jiného, než se pářit s blízkými příbuznými. Podobná situace je v případě, že dojde k vzniku nové populace založené jen několika málo jedinci.

Další představitelné důsledky, kdy může ke vzniku diploidních samců dojít, je např. při somatické polyploidizaci (1, buněčné dělení nedokončené, sice se zdvojnásobí počet chromozom. Ty se ale nerozejdou do jiných buněk), nebo při nehomologní rekombinaci (přenos alely z jednoho chromozomu na druhý).

- 4) Existuje případ, kdy je diploidní samec fertilní. Podobně ale jako jiní samci blanokřídých, není schopen meiózy. Jaké to pak může mít genetické důsledky?

Diploidní samci produkují diploidní spermie a po splynutí s haploidním vajíčkem dojde ke vzniku triploidního potomstva, které je pak obvykle sterilní. U eusociálních druhů ale může pečovat o své sourozence, a tudíž přece jen mít alespoň nějakou biologickou zdatnost.

Vyskytuje se např. u vosíků (*Polistes*), čmeláků (*Bombus*) a mravence *Solenopsis invicta*.

Více v: <http://ase.tufts.edu/biology/labs/starks/publications/PDF/20.Liebertetal2004.pdf>

- 5) Velmi často diskutovaným tématem je vztah haplodiploidie a eusociality (= společenství, ve kterém se jeden jedinec či někteří jedinci množí podstatně více než jiní). Proč by mohlo být eusociální chování výrazně výhodnější pro haplodiploidní organismy než pro diploidní?

Jelikož dnes panuje převažující názor (cca 92% výzkumníků v oboru), že eusocialita úzce

souvisí s výhodami ze zvýšené příbuznosti mezi členy společenství (teorie příbuzenského výběru či sobeckého genu), tak naprostá většina argumentů souvisí právě s příbuzností.

- 1) Pokud se u daného druhu královna páří s jedním samcem, tak jsou si její dcery příbuzné na 75% - viz úloha 1. Proto se jim vyplatí produkovat více vlastní sestry, než vlastní dcery. Trochu problém je ale v tom, že pomáhají i s výchovou bratrů příbuzných na 25%. V řadě jednoduchých eusociálních společenství je ale produkováno 3x více nových královen než samců, tudíž by výsledná příbuznost potomstva produkováno královnou byla k dělnici vyšší než jejího vlastního.

Další argumenty podporující vztah haplodiploidie a eusociality:

- 2) Eusocialita vznikla u blanokřídlých minimálně 6x nezávisle na sobě, a minimálně 1x u třásněnek. U diploidního hmyzu vznikla 1x u termitů a cca 2x u brouků. Mimo to ještě stojí ještě mšice (možná až 17x) vznik, které jsou ale klonální, tedy příbuzné na 100%. Přestože většina hmyzu je diploidní, tak eusocialita vznikla častěji u toho haplodiploidního
- 3) Různé další genetické důvody: a) větší pravděpodobnost vzniku samičí rodičovské péče u haplodiploidních samic než samců (rodičovská péče je nezbytným předpokladem eusociality), díky genetickému driftu se spíše ztratí alela pro samčí než pro samičí péči o potomstvo a tudíž i pro samčí než samičí péči o příbuzné jedince. Samičí pečovatelská alela se tedy spíše prosadí.

- 6) **které jevy vztah Haplodiploidie a eusociality nepodporují? Sepište argumenty, které podproují tvrzení, že haplodiploidie nehrála při vzniku eusociality důležitou roli.**

1) příbuzenské výhody plynoucí z bodu 1 v předchozí otázce jsou zanedbatelné. Pokud totiž je v populaci produkováno více samic, tak ty mají pravděpodobnost rozmnožení než samci, kterých je méně. Proto je výsledná efektivní průměrná příbuznost potomstva cca 50%.

Výpočty, zda eusocialita způsobuje při haplodiploidii příbuznější potomstvo či ne, tak se dělají dodnes. Co je ale zjevné, že výsledný rozdíl v zisku nebude takový, jako je rozdíl v příbuznosti mezi sestrami (75%) a dcerami (50%), ale podstatně nižší, např. 52% vs. 50%. A při takto malém rozdílu mohou už krát mnohem větší roli jiné faktory

2) řada eusociálních organismů má průměrnou příbuznost ve společenství hluboko pod 50% kvůli mnohonásobnému páření samice (Napč Apis, Vespula, Atta, Eciton), nebo polygynii (např. Epiponini, některé Formica). Obvykle jde ale o odvozené linie, tudíž při vzniku eusociality toto nemuselo hrát roli

3) Eusocialita se vyskytuje i u řady diploidů – hlavně termitů a obratlovců. Jedinou další známou haplodiploidní skupinou která je zároveň eusociální jsou některé třásněnky (viz níže). Většina blanokřídlých vůbec eusociální není – např. všichni lumci, pilatky, chalcidky a zlatěnky. Je sice pravda, že eusocialita vznikla u blanokřídlých častěji než jinde, ale vznikla pouze u žahadlových blanokřídlých, kdež haplodiploide je u všech blanokřídlých.

Pravděpodobně k vzniku eusociality u žahadlových blanokřídlých přispěly spíše jiné vlastnosti než haplodiploidie – např. péče o potomstvo.

4) Pravděpodobně jsou mnohem podstatnější faktory vedoucí ke vzniku eusociality než haplodiploide – což je kromě příbuznosti zejména výrazná rodičovská péče, velká délka dospělého života a potřeba obrany hnízda před predátory a parazity.

- 7) **U řady druhů eusociálního hmyzu je produkováno třikrát více nových královen (samic schopných založit společenství) než samců. Proč tomu tak je?**

Jde o ty zástupce blanokřídlého hmyzu, kde se královna páří s jedním samcem a kde je jen jedna královna ve hnízdě. Při této situaci jsou dělnice třikrát příbuznější novým královnám než novým samcům. Jelikož mají produkován poměr nových královen a nových samců pod kontrolou (pomocí své péče jednak rozhodují, která samice se stane královnou a která dělnicí a drahak kolik péče věnují samcům a kolik samičím larvám), tak mohou ovlivnit složení další generace pohlavních jedinců tak, aby poměr pohlaví byl pro ně co nejpříznivější z hlediska příbuzenského výběru. Jelikož dělnicím jsou v této situaci 3x příbuznější nové královny než samci, tak se jim vyplatí produkovat 3x více nových královen než samců.

8) **Kromě výrazného genetického pohlavního dimorfismu je u žahadlových blanokřídlých (Aculeata) velmi výrazně pohlavně dimorfní chování. V čem se liší chování samců a samic žahadlových blanokřídlých. Snažte se o vyjmenování alespoň tří rozdílů.**

- a) samci investují pouze do vyhledávání samic a páření s nimi. Samice mají spektrum činností mnohem pestřejší – u druhů, které nejsou parazitické, tak staví hnízda, přináší o nich potravu pro potomstvo, o které někdy pečují až do jeho dospělosti
- b) dělnice v eusociálním společenství jsou samičího pohlaví. Samci v rámci eusociálního společenství aktivují velmi vzácně a nikdy nejsou nenahraditelní – viz níže
- c) samci obvykle hned po spáření hynou, kdežto samice jsou dlouhověké
- d) samci nemají žihadlo, tudíž se nemohou pomocí něj bránit. Samice obvykle žihadlo mají a brání se pomocí něj

9) **Vyjmenujte alespoň dva případy, kdy se pasivnější pohlaví blanokřídlých rovněž podílí na péči o potomstvo.**

Samčí péče, byť je u blanokřídlých vzácná, tak se v několika případech vyskytuje. Má dvě základní formy: buď jde o pravou obourodčovskou péči, nebo jde o péči mladých samců v rámci eusociálního společenství

Obourodčovská péče se vyskytuje u:

- a) kutilek rodu *Trypoxylon*, podrod *Trypargilum*. Je známa od řady druhů. Jde o skupinu vyskytující se v Americe. Samec se podílí na hlídání hnízda před parazity nebo jinými jedinci svého druhu. U některých druhů pomáhá se stavbou hnízda. Více na videu a komentáři pod ním: <https://www.youtube.com/watch?v=ufB-E8agkRs>



- b) kutilek rodů *Oxybellus* a *Philanthus* – samec se podílí na hlídání hnízda
- c) včel druhu *Ceratina nigrolabiata*. Samec se podílí na hlídání hnízda. Sedí ve vchodu a nepouští tam parazity, predátory a jiné samice. Samci se ve vchodu mění, takže často nehlídají vlastní potomky. Vyskytují se i v České republice, a to např. i v NP Podyjí. Samčí participace v rámci eusociálních společenství se vyskytuje u
- d) vosíků – rody *Polistes* a *Ropalidia* – samec se může podílet na termoregulaci, krmení larev a údržbě hnízda
- e) čmeláků – rod *Bombus* – samec se podílí na inkubaci kukel
- f) bezžihadlových včel tribu *Meliponini* – samec se podílí na dehydrataci nektaru
- g) kutilek druhu *Microstigmus nigrophthalmus* – samci se pravidelně a výrazně podílejí na obraně hnízda

- h) mravenců rodu *Oecophylla* – hedvábí na stavbu hnízda tkají larvy, a ty můžou být samčího i samičího pohlaví
- 10) **Kromě Blanokřídlých je haplodiploidie typická ještě jeden řád hmyzu. Který to je?**
Jde o třásněnky (*Thysanoptera*) – celý řád je haplodiploidní
- 11) **v tomto řádu se vyskytují dokonce i Eusociální zástupci. Zjistěte dva rody, které to jsou. V jakém prostředí a v jaké oblasti světa žijí?**
Jde o rody *Oncothrips* a *Kladothrips*. Vyskytují se v Austrálii a dělají háčky v akáciích.
- 12) **U červců (Coccoidea) se nevyskytuje typická haplodiploidie, ale jsou tam dva haplodiploidii velmi podobné a pro v toku genů v důsledku stejné genetické systémy. Popište oba systémy přenosu genetické informace u červců.**
a) eliminace samčího genomu – dojde k oplození, ale u části jedinců je genom původem od otce vyloučen a vyhozen. Tito jedinci jsou pak samci
b) nerovnoměrné meióza – samci jsou normálně diploidní, ale dál předávají pouze geny původem od matky, nikoliv od otce.

Úloha 4 (praktická): Pohyb ptáků v krajině

Autor: Stanislav Vosolsobě

Počet bodů: 15

Krajina je tvořena mozaikou lesů, luk, remízků a různých mezí. Členění krajiny vytváří různé biotopy pro živočichy, kteří se v krajině zpravidla nevyskytují rovnoměrně. Zkuste prozkoumat distribuci ptactva v zimní krajině a zjistit, kudy se ptáci v krajině pohybují a ve kterých biotopech se vyskytují častěji.

- 1) **Vyberte si různé biotopy v krajině, optimálně udělejte transekt nějakým ekologickým gradientem (česky řečeno, vyberte si linii například z širého lánu přes křoviny do lesa), rozmístěte podél něj do různých biotopů jednoduchá krmítka a zkoumejte v následujících dnech, jak rychle ptáci krmítka objeví a jak často je budou navštěvovat. Pozorování se pokuste zpracovat formou grafů a porovnejte význam různých biotopů pro ptactvo.**

I přesto, že letos nepřálo počasí a zima byla příliš teplá, aby byli ptáci nuceni chodit na krmítka, téměř všem vycházeli poměrně pěkně shodné výsledky, že nevíce navštěvované a nejrychleji objevené bylo zpravidla krmítko v křovinách. Téměř bez zájmu bývalo krmítko uprostřed pole a menší zájem byl i o lesní krmítka. při sledování návštěvnosti se ukázali jako použitelné dvě metody - sledování krmítek v časových blocích a vážení potravy v krmítku a měření úbytku.

11 bodů

faktory hodnocení: rozsah pokusu a pečlivost (až 2 body)

design pokusu (až 2 body)

prezentace výsledků - grafy, základní statistika (až 5 bodů)

diskuze výsledků - zobecnění, porovnání s citovanými literárními údaji (až 2 body)

- 2) **Křoviny jsou pro ptáky úkrytem, ale čím jsou ptáci pro křoviny? Jak jsou keře této symbióze přizpůsobeny, porovnáte-li je třeba se stromy?**

Pokud porovnáme způsob rozmnožování stromů a křovin, nalezneme, že většina stromů je spíše primárně anemochorní (javor, jasan, jehličnany, lípa, habr, bříza) či je roznáší ssawci (líška, ořešák, jabloň). Naproti tomu většina keřů mají plody, které velikostně vyhovují ptákům ke konzumaci a dost často se brání trnitými výrůstky proti velkým ssawcům (ptačí zob, trnka, třešeň (ta je sice stromem, ale spíše roste v křovinatých porostech než v lese), střemcha, brslen, růže, pámelník, bez, maliník, svída, dřívěš). Je tedy zřejmé, že vztah je oboustranně výhodný.

1 bod

- 3) **Uveďte vždy dva příklady ptáka a ssawce, kteří upřednostňují tyto biotopy: zcela otevřená travnatá krajina, přechodový biotop (okraje lesů, křoviny aj.), hluboký les.**

Otevřená krajina: sysel polní, hraboš polní, křeček polní, drop velký, čejka chocholatá
Okraje: plšík lískový, kuna skalní, bažant obecný, vrabec obecný
Hluboký les: medvěd hnědý, jelen evropský, kuna lesní, výr velký, datlík tříprstý 3 body

Úloha 5: R - matice a tabulky

Autor: Jiří Hadrava

Počet bodů: 8

Úlohy na procvičení práce s maticemi i na zopakování některých funkcí z minula:

- 1) **Napište skript tvořící matici o rozměrech 5×5 , která bude celá zaplněna nulami, pouze na pozici [3,3], tedy uprostřed, bude hodnota 1.**

```
matice <- matrix(0, 5, 5)
matice[3,3] <- 1
```

- 2) **Napište skript tvořící matici o rozměrech 6×6 , jejíž liché řádky budou zaplněny jedničkami a sudé dvojkami.**

```
matrix(c(1, 2), 6, 6)
```

- 3) **Napište funkci, které jako vstup zadáte matici a ona vám vrátí vektor obsahující hodnoty ležící na úhlopříčce vedoucí s levého horního rohu této matice doprava dolů. Nezapomeňte, že matice nemusí být nutně čtvercová. Bude-li zadaná matice např. tato:**

```
      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]    1    3    0    5
[2,]    6    2    4    0
[3,]    0    8    7    0
```

funkce by měla vrátit vektor obsahující právě hodnoty 1, 2 a 7.

```
diagonala <- function(matice)
{
  c = NULL
  for(i in 1:min(length(matice[1,]), length(matice[,1])))
  {
    c[i] <- matice[i,i]
  }
  return(c)
}
```

- 4) **Napište funkci, které zadáte dvě hodnoty, `nrow` a `ncol`, a ona vám utvoří matici, jejíž políčka budou šachovnicovitě zaplněny hodnotami 1 a 0 s hodnotou 1 v levém horním rohu.**

Příkaz `moje_fce(nrow=4, ncol=5)` by pak měla vrátit tento výsledek:

```
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
[1,]    1    0    1    0    1
[2,]    0    1    0    1    0
[3,]    1    0    1    0    1
[4,]    0    1    0    1    0
```

```
sachovnice <- function(nrow, ncol)
{
  matice <- matrix(0, nrow=nrow, ncol=ncol)
  for(i in 1:nrow)
  {
    for(j in 1:ncol)
    {
      matice[i,j] <- (i+j+1)%%2
    }
  }
  return(matice)
}
```

```
}
```

jiný způsob řešení může být třeba tento - skript je sice delší, ale díky tomu, že neobsahuje dva vnořené cykly, výpočet probíhá rychleji (pokud bychom chtěli vygenerovat třeba matici 1000x1000, tak bude rozdíl znatelný)

```
sachovnice2 <- function(nrow, ncol)
{
  vektor <- c(rep(1, nrow*ncol))
  for(i in 1:length(vektor))
  {
    if(i%%2 == 0)
    {
      vektor[i] <- 0
    }
  }
  matice <- matrix(vektor, nrow = nrow, ncol = ncol)
  if(nrow%%2==0)
  {
    for(i in 1:ncol)
    {
      if(i%%2==0)
      {
        matice[,i] <- matice[,i]+1
      }
    }
  }
  matice[matice==2] <- 0
  return(matice)
}
```

- 5) **Poslední úloha se nebude týkat matic, nýbrž pouze funkcí. Funkce skrývají jednu zajímavou možnost, kterou není záhodno nadužívat, ale může se hodit o ní vědět. Té možnosti se říká rekurze a znamená, že uvnitř definice funkce můžete použít tuto funkci samotnou. Zkuste napsat funkci, která vám spočítá faktoriál zadaného čísla (tedy součin všech celých kladných čísel jedničkou počínaje a zadaným číslem konče). Možností, jak toto udělat, existuje několik, zkuste přijít na dvě z nich: jednu, která využije rekurze, a nebude v ní třeba používat cykly, a druhou, která bude používat for cyklus.**

```
faktorial1 <- function(n)
{
  if(n==0)
  {
    n<-1
  }
  if(n>1)
  {
    return(n*faktorial1(n-1))
  }
  else
  {
    return(n)
  }
}

faktorial2 <- function(n)
{
  a=1
  for(i in 1:n)
  {
    a<-a*i
  }
  return(a)
}
```

Úloha 6: Testování

Autor: Jiří Hadrava

Počet bodů: 6

Aby Bioslav mohl i přes zimu zkoumat svá oblíbená zvířata, rozhodl se, že letošní zimu stráví na jižní polokouli. Nasedl do svého horkovzdušného balónu a odletěl do Austrálie. Po několika týdnech cestování australskými pustinami si začal všimnout, že u silnic lze potkat velké množství přejetých klokanů. Začal přemýšlet, zda všem klokanům v populaci hrozí kolize s kamionem se stejnou šancí, nebo zda schopnost vyhnout se kamionu nějak souvisí s délkou ocasu klokanů, tedy s jejich manévrovací schopností. Rozhodl se tuto hypotézu otestovat, a začal měřit délky ocasů přejetých klokanů horských. Celkem naměřil délky ocasů na dvaatřiceti mršinách, jejich hodnoty v centimetrech byly tyto:

samci:

79, 80, 80, 81, 81, 82, 83, 83, 83, 83, 83, 84, 84, 84, 85, 85, 86, 87, 89

samice:

60, 61, 62, 62, 63, 63, 65, 66, 66, 67, 68, 69, 70

Aby měl s čím tyto hodnoty srovnat, rozhodl se naměřit délky ocasů na živých jedincích. To se však v přírodě ukázalo být poněkud těžko realizovatelné, a tak se Bioslav rozhodl pro jinou strategii. Jal se objíždět zoologické zahrady, v nichž klokaný horské chovali, a tajně k nim lezl do výběhů, aby změřil délky jejich ocasů. To se mu bohužel ne vždy povedlo, proto dat z živých klokanů nemá mnoho. Celkem naměřil tyto hodnoty (opět v centimetrech):

samci:

78, 84, 86, 92

samice:

63, 64, 65, 65, 66, 67, 68

- 1) **Pomozte Bioslavovi spočítat, zda bývají na silnicích častěji přejíždění klokaní s jinými délkami ocasů, než s jakými se setkal v zoologických zahradách. Vzhledem k odlišnostem délek ocasů samců a samic nezbývá než otestovat každé pohlaví zvlášť.**

Průměry délek ocasů přejetých klokanů a klokanů ze zoologických zahrad se singifikantně nelišily, $p = 0,5938$ pro samce a $p = 0,5557$ pro samice.

- 2) **Poté, co se Bioslav navrátil do České republiky, nedalo mu to, a rozhodl se nedostatek dat ze zoologických zahrad nahradit literárními údaji o délkách ocasů. V knihách našel, že samci klokaná horského mají ocas dlouhý průměrně 86 centimetrů a samice 65 centimetrů. Jak může Bioslav této informace využít?**

Díky literárním údajům může Bioslav udělat jednovýběrový test. Tím zjistí, že zatímco délka ocasů přejetých samic se od udávané průměrné délky samičích ocasů neliší ($p = 0,759$), přejetí klokaní samci měli ocasy kratší a tento rozdíl můžeme považovat za signifikantní ($p = 0,000161$).