

Biologický korespondenční seminář



Biozvěst

Ročník 8

Série 4 – řešení

Milé řešitelky, milí řešitelé,

doufáme, že se Vám úlohy 4. série 8. ročníku Biozvěsta líbily a jejich řešení bylo pro Vás bylo zajímavé. Jak moc jste se shodli s autory si můžete ověřit na následujících stránkách.

Přejeme příjemné čtení!
autoři Biozvěsta

Úloha 1: Život na poušti

Autor: Vojtěch Waldhauser

Počet bodů: 16,5

Pouště jsou suchým, nehostinným místem. Rozpálené písčité duny či nekonečná kamenitá moře bez vegetace z nich dělají až „zapomenutý“ ekosystém. Zapomínat by se na ně ale rozhodně nemělo, pokrývají totiž až třetinu souše a v určitých místech se zde navzdory klimatickým podmínkám může vyskytnout až překvapivá diverzita organismů. V této úloze se podíváte, jak se jim na poušti žije, jaké nástrahy museli zdejší živočichové a rostliny překonat a jaký vztah k nim měly prastaré lidské pouštní civilizace.

1. Nejprve si ale musíme ujasnit terminologii. Jaká je tedy vlastně definice pouště? A která poušť je podle této definice největší?

Obecně přijímaná definice definuje poušť jako oblast, kde spadne méně než 250 mm srážek ročně. Podle této definice je největší pouští Antarktická poušť.

celkem 1 bod
za každou otázku 0,5 bodu

2. Jedna z podmínek, kterou musejí pouštní organismy překonat, je nedostatek vody. Napište, jaké adaptace si na tento jev vyvinuly uvedené organismy:

a. stepokur saharský (*Pterocles senegallus*)

Stepokuři se vyznačují velmi savým peřím na břiše a hrudi. Tuto adaptaci využívají zejména při hnízdění, díky ní mohou totiž nosit vodu mláďatům.

b. welwitschie podivná (*Welwitschia mirabilis*)

Welwitschie, obývající poušť Namib, je přizpůsobená k zachytávání vlhkosti z mlhy. Má krátký stonek a dva plazivé listy, považované za nejdelší ze všech rostlin. Jako další pouštní rostliny využívá CAM metabolismus.

c. moloch ostnitý (*Moloch horridus*)

Moloch ostnitý dokáže díky rýhám na šupinách a kapilárnímu efektu v podstatě nasávat vodu kůží.

d. opuncie (*Opuntia* sp.)

Opuncie, podobně jako jiné kaktusy, mají celou řadu adaptací na sucho – dužnatý stonek, tlustou pokožku zabraňující výparu, rozsáhlý kořenový systém či CAM metabolismus

e. kukačka kohoutí (*Geococcyx californianus*)

Kukačka kohoutí, obývající pouště USA a Mexika, má nasální žlázy k vylučování přebytečných solí

celkem 2,5 bodu
za každý organismus po 0,5 bodu

3. S vodou souvisejí i následující pojmy: guelta, wadi, vlei, arroyo. Vysvětlete jejich význam a uveďte, v jaké části světa se každý z nich nachází.

guelta – povětšinou stálá vodní plocha v kaňonech či kotlinách na Sahaře

wadi – po většinu roku suché údolí s občasným vodním tokem v Severní Africe a na Blízkém a Středním východě.

vlei – mělká sezónní jezera v jižní části Afriky

arroyo – suché údolí s občasným vodním tokem v pouštích Severní Ameriky

celkem 1 bod
0,25 bodu za každý pojem

4. Pouště jsou také skvělým místem pro pozorování konvergentní evoluce.

a. Vysvětlete pojem konvergentní evoluce a uveďte, jak se liší od paralelní evoluce. Uveďte příklad paralelní evoluce.

Při konvergentní evoluci získávají dva nepříbuzné taxony nezávisle podobný fenotyp, zejména v důsledku podobných podmínek prostředí. Při paralelní evoluci jsou si tyto taxony zpravidla příbuznější a původní znak je stejný, příkladem může být nezávislý vznik klouzavého letu u tropických žab, za něj jsou ale vždy zodpovědné rozšířené blány mezi prsty, znak u naprosté většiny žab přítomný.

celkem 1,5 bodu
za vysvětlení 1 bod
za příklad 0,5 bodu

- b. Uved'te alespoň dvě konvergentní dvojice plazů z různých pouští světa a napište, jak jim jejich fenotyp pomáhá přežít v poušti.

ještěrkovec *Gerrhosaurus skoogi* a scink obecný (*Scincus scincus*) – tvar těla i lebky přizpůsobený k plavání v písku
chřestýš rohatý (*Crotalus cerastes*) a zmijs rohatá (*Cerastes cerastes*) – rohy na hlavě (jejich funkce není zcela jasná) a specifický pohyb v písku (sidewinding)
moloch ostnitý (*Moloch horridus*) a ropušník (*Phrynosoma* sp.) – podobná potravní ekologie (živí se mravenci), kryptické zbarvení a trny na těle na obranu

celkem 2 body
za každou dvojici 1 bod

celkem 3,5 bodu

5. Jednou z typických skupin hmyzu na poušti jsou mravenci. Ted' se podíváme na dva rody ze Sahary.

- a. Rod *Dorylus* patří mezi tzv. kočovné či nájezdné mravence (army ants). Popište stručně životní cyklus kočovných mravenců a uveďte v čem je právě rod *Dorylus* mezi mravenci výjimečný.

Kolonie kočovných mravenců se vyznačují statickou a nomadickou fází. Do nomadické fáze přecházejí v období krmení larev. Ve statické fázi se obvykle starají o kukly a vajíčka. Nové kolonie nevznikají rojením, ale rozdělením původní kolonie na dvě. Rod *Dorylus* se vyznačuje tím, že jeho zástupci jsou největšími mravenci na světě.

- b. Mravenci rodu *Cataglyphis* si museli poradit s nemožností využívat typické feromonové cestičky. Proč je nemohou využívat? A jak tento problém vyřešili?

V podstatě proto, že by jim je zasypal písek. Místo toho se naučili „počítat“ – pamatují si, kolik kroků kterým směrem od mraveniště udělali.

celkem 2 body
za každou otázku 1 bod

6. Vzhledem k obecnému nedostatku zdrojů v poušti dochází v oázách či podél řek ke konfliktu člověka a přírody. Jako příklad může sloužit třeba Deset ran egyptských. Pokuste se vědecky vysvětlit tyto rány:

- a. přeměna vody na krev

Oteplení klimatu způsobilo pokles hladiny Nilu a vytvořilo ideální podmínky pro přemnožení sinic, které zbarvily vodu do červena.

- b. tří denní temnota

Po erupci sopky na řeckém ostrově Santhorini zakryl mrak popela na několik dní Slunce.

- c. pobití prvorozených

Prvorození zpravidla dostávali největší kus chleba. Obilí, ze kterého se chleba dělal, bylo ale v té době napadeno chorobami, zřejmě plísněmi.

celkem 3 body
za každou podotázku 1 bod

7. Uved'te příklad lidské kultury spojené s pouští a vysvětlete, jakým způsobem života tyto lidé žijí (či alespoň tradičně žili).

Berberské kmeny – usídlují se především v oázách, kde chovají dobytek a pěstují plodiny. Některé kmeny jsou kočovné – cestují v karavanách.

Sanové – jedná se o lovce a sběrače, tyto role jsou tradičně rozděleny podle pohlaví. Lovci často pronásledují kořist několik dní.

celkem 1,5 bodu
za příklad 0,5 bodu
za vysvětlení 1 bod

8. Po celé Sahaře či v Saudské Arábii dnes najdeme skalní malby zobrazující téměř dokonale hrochy, slony či žirafy. Jak je to možné, když se všude okolo rozkládá nehostinná poušť? Pokuste se najít další důkazy fenoménu, který to umožnil.

Během pleistocénu došlo několikrát k tzv. „African humid periods“, během kterých se Saharská poušť proměnila v savanu. Poslední takové období skončilo zhruba před sedmi tisíci lety. Další důkazy o těchto periodách můžeme najít např. ve složení sedimentu na dně Atlantského oceánu či v kosterních pozůstatcích těchto zvířat i lidských civilizací.

celkem 2 body
za každou podotázku po 1 bodu

Úloha 2: Vířníci

Autor: Vojtěch Brož

Počet bodů: 18,5

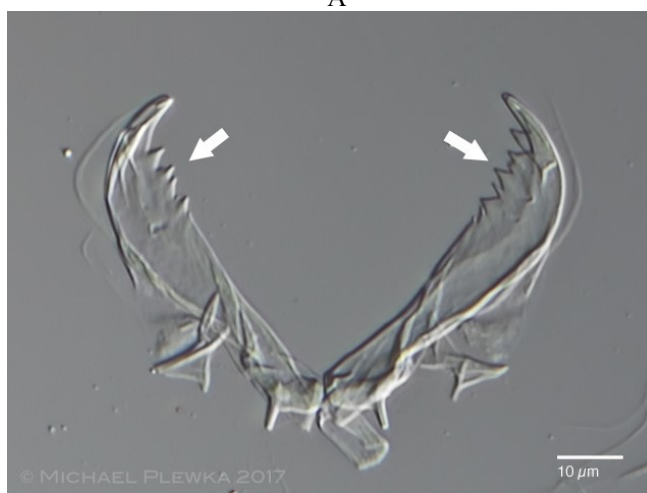
V této úloze se zaměříme na jednu ze skupin živočichů obývajících vodní prostředí. Jedná se o vířníky. Ač jsou to živočichové patrně méně známí, jedná se o skupinu nesmírně rozmanitou a navíc ve více ohledech biologicky zajímavou. Rozlišují se čtyři základní skupiny vířníků: Monogononta (točivky), Bdelloida (pijavenky), Seisonida a Acanthocephala (vrtejši). Zatímco zástupci prvních dvou skupin jsou vesměs volně žijící, zbylé skupiny jsou parazitické. První část úlohy se zaměří na zajímavosti týkající se dvou volně žijících skupin.

Tělo vířníků je buď červovitěho tvaru, nebo je kryto různě tvarovanou schránkou. Na zadním konci těla se obvykle nachází noha s prsty, které jsou vybaveny lepivou žlázou a slouží k přichycení se podkladu. Velice nápadná struktura, podle které získali vířníci i své jméno, je vyvinuta v přední části těla. Jedná se o korunu – soustavu brv, jež jednak napomáhá příjmu potravy a jednak může sloužit i k pohybu.

1. S příjmem potravy souvisí krom korony také mastax neboli žvýkací hltan. Jedná se o strukturu typickou pro vířníky sestávající ze soustavy chitínosných zubů a sloužící ke zpracování konzumované potravy. Morfologie mastaxu je nesmírně rozmanitá, čehož se s úspěchem využívá v taxonomii. Uspořádání mastaxu je také částečně determinováno potravní strategií daného druhu.



A



B

Obr. 1: Morfologie mastaxu dvou různých druhů vířníků. - autor fotografií Michael Plewka, www.plingfactory.de

- a. Potravní strategie jsou velmi rozmanité, zde je zmíníme jen velmi stručně na příkladu planktonních zástupců. Na obrázku 1 jsou fotografie mastaxů dvou druhů, které zastupují dva hlavní typy potravních strategií nacházené u vířníků. Který mastax přísluší vířníkovi, který se živí mikrofágně (filtrací bakterií z vody), a který přísluší vířníkovi makrofágnímu (který konzumuje jednotlivé partikule potravy – často jde o dravé vířníky)?

Vířník na obrázku A se živí mikrofágně. Mastax v tomto případě funguje jako jakési síto napomáhající třídění potravy.

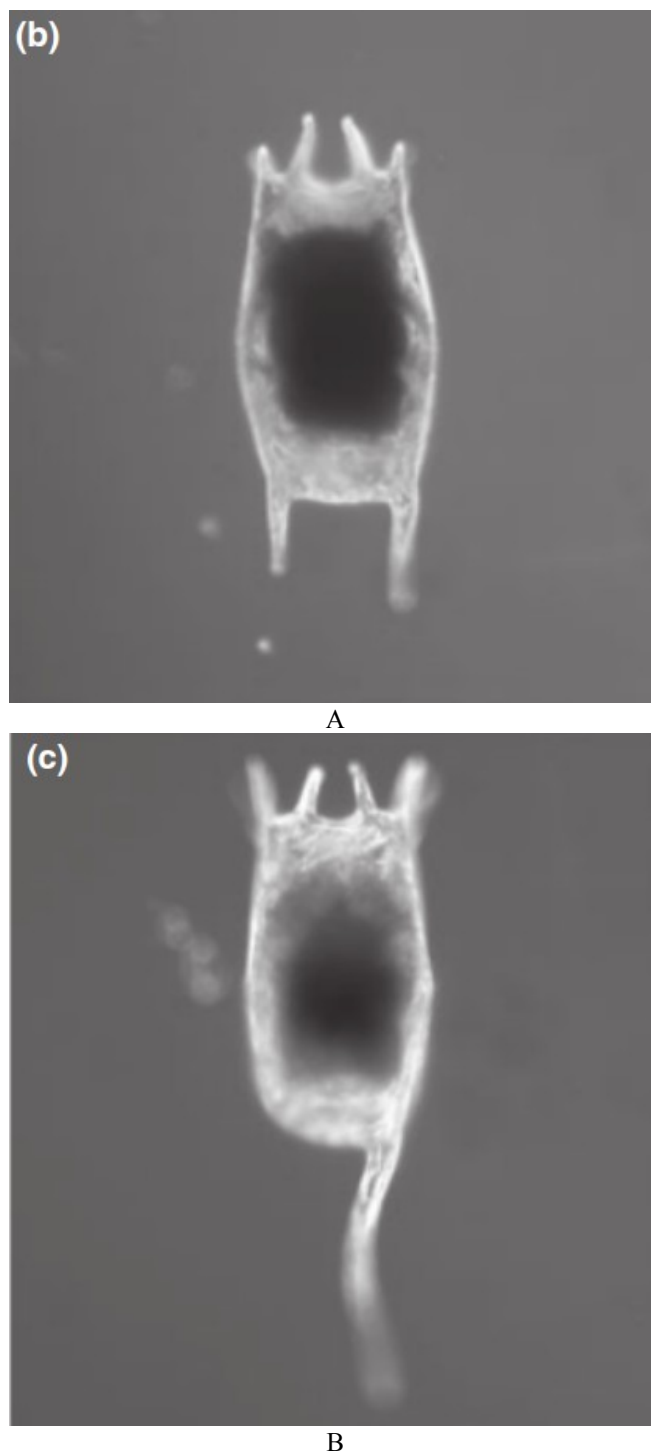
Vířník na obrázku B je dravý, mastax mu pomáhá s uchopením a konzumací kořisti.

0,5 bodu

- b. V úvodním textu bylo řečeno, že zástupci točivek a pijavenek jsou obvykle volně žijící. To však neplatí univerzálně. Zkuste najít nějakého zástupce z těchto dvou skupin, který vyznává parazitický způsob života. Uveďte též, kdo je jeho hostitelem.

Takových druhů existuje vícero. Například na řasách rodu *Volvox* parazitují druhy *Ascomorphella volvocicola* a *Proales parasita*. Některé další druhy rodu *Proales* pravděpodobně parazitují na korýších. Rody *Albertia* nebo *Balatro* jsou endoparazity kroužkovců, rod *Drilophaga* je vnějším cizopasníkem kroužkovců.

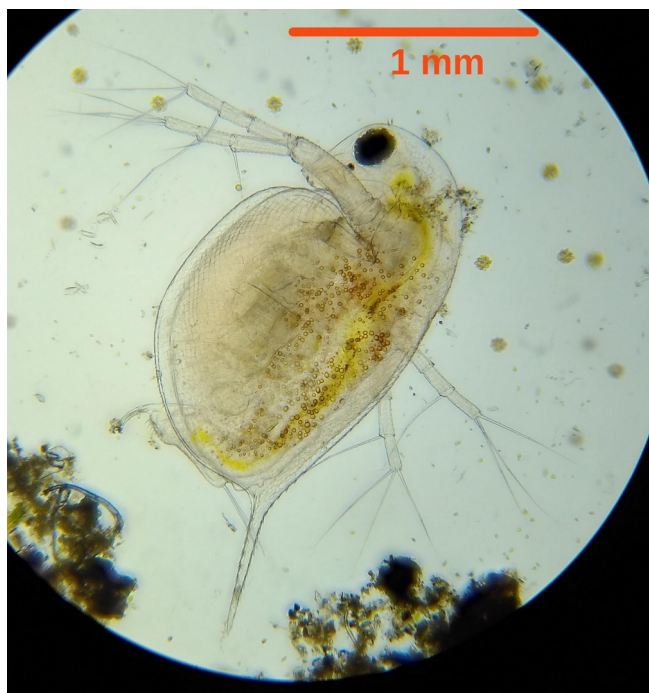
1 bod



Obr. 2: Fotografie vířníka, který se vyvíjel bez přítomnosti predátora (A) a za přítomnosti predátora (B). Délka těla bez trnů je přibližně 130 μm . – Gilbert, John J. 2009. „Predator-Specific Inducible Defenses in the Rotifer *Keratella Tropica*”. *Freshwater Biology* 54 (9): 1933–46. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02246.x>.

2. Vířníci bývají také často potravou pro další živočichy. Aby se predaci bránili, jsou u mnohých druhů vyvinuty struktury jako jsou pevné krunýře nebo trny. U některých druhů je však přítomnost takových struktur pouze podmíně-

ná. Na obrázku 2 vidíte dva jedince téhož druhu, kteří se výrazně liší svou morfologií. Rozdílná velikost trnů je způsobena tím, že v prvním případě se vířník vyvíjel v prostředí bez predátorů a v druhém případě v prostředí s predátory.



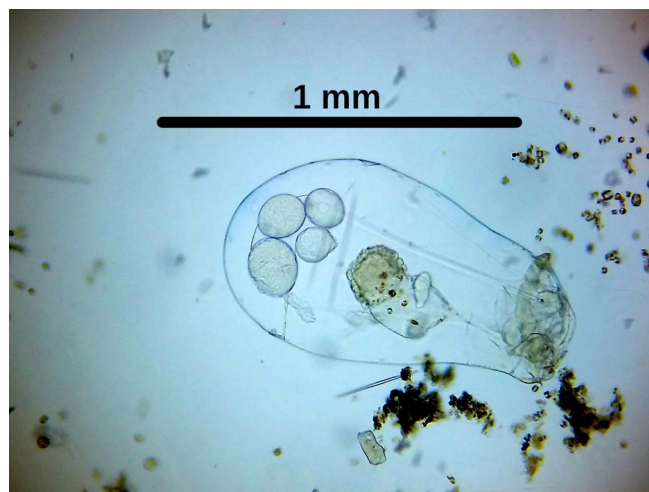
A



B



C



D

Obr. 3: Predátoři žijící ve vodě. - zdroje: A, D: fotografie autora úlohy, B: <https://www.mrk.cz/diskuse.php?id=613144&page=418>, C: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GlasswormLateralView.JPG>; upraveno

- a. K vývinu výrazných trnů dochází v reakci na přítomnost pouze některých predátorů. Na obrázku 3 je vyobrazeno několik druhů vodních predátorů. Za přítomnosti kterých / kterého z nich očekáváte, že se zvětšené trny vířníků vyvinou? Svůj výběr zdůvodněte vysvětlením, proč si myslíte, že se vyplatí trny tvořit právě v přítomnosti vybraných predátorů.

K vývinu trnů dochází především za přítomnosti predátora D dravého vířníka rodu *Asplanchna* (vakovenka). To je dáno jednak tím, že vířníci tvoří významný podíl potravy vakovenek, a jednak tím, že predátor je v tomto případě relativně malý oproti kořisti. Následkem toho pro něj může být komplikované zkonzumovat vířníka s trny, neboť takový vířník se hůře vejde do jeho ústního ústrojí.

K tvorbě trnů dochází mnohdy i v reakci na predátora A – perloočky rodu *Daphnia*. V tomto případě platí, že hlavní složkou potravy těchto perlooček je spíše fytoplankton, takže predáčnický tlak na vířníky není příliš velký. Trny se tak tvoří obvykle méně výrazné. Jejich funkce je stejná, způsobují, že se vířník obtížněji dostane do filtračního aparátu perloočky.

Naopak predátoři na obrázcích B a C – drobné planktonožravé ryby a larvy koreter (*Chaoborus*) jsou natolik velcí, že vířníky přítomnost trnů neochrání. Přítomnost trnů může dokonce mít negativní vliv na přežívání vířníků, jelikož otrnění vířníci mohou být snáze zachyceni ve filtračním aparátu rybiček.

Zdroj fotografií vířníka: Gilbert, John J. 2009. „Predator-Specific Inducible Defenses in the Rotifer *Keratella Tropica*“. *Freshwater Biology* 54 (9): 1933–46. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02246.x>.

celkem 2 body
za výběr predátorů 1 bod
za správné vysvětlení 1 bod

- b. Proč jsou trny vyvinuty jen u jedinců vystavených přítomnosti predátorů? Proč nejsou přítomny u všech jedinců?

Protože tvorba dlouhých trnů při absenci predátora je spojena s určitým snížením fitness. To může mít vícero příčin. Jednak je třeba pro tvorbu trnu alokovat určité množství zdrojů, které by jinak bylo možné využít na rozmnožování. Jednak přítomnost takovéto struktury může zvyšovat energetickou náročnost pohybu ve vodním prostředí. Dále může být například struktura, jež chrání proti určitému predátoru, nevýhodná při setkání s jiným predátorem.

1 bod

- c. A jak vlastně vířník pozná, zda jsou s ním ve vodě přítomni predátoři?

Pozná to na základě chemorecepce látek, které se uvoňují z těla predátora – kairomonů. Obecně jsou kairomony chemické signály, které poskytují nějakou výhodu příjemci (zde kořisti) a nevýhodu tomu, kdo je vysílá (zde predátor). Na indukcii tvorby obranných struktur se mohou podílet i jiné typy chemických signálů, totiž tzv. alarm cues, což jsou látky, které jsou uvolňovány z kořisti ve chvíli, kdy je napadena predátorem. Jejich vylučování může být procesem aktivním (pomocí nějakých žláz) nebo (pravděpodobně častěji) procesem pasivním daným uvolňováním látek z těla kořisti skrze zranění nebo z nepozřených zbytků.

1 bod

3. Zajímavé jsou i specifické reprodukční strategie vířníků.

- a. U točivek (*Monogononta*) je častá cyklická partenogenese, což je reprodukční strategie vyznačující se převládajícím asexuálním rozmnožováním, které je jednou za čas vystřídáno množením sexuálním. Jaké výhody obecně

přináší sexuální rozmnožování oproti asexuálnímu? A v čem je výhodné nepohlavní rozmnožování oproti pohlavnímu?

Mezi výhody pohlavního rozmnožování patří udržení genetické variability v populaci, snazší šíření selekčně výhodných alel nebo omezení vlivu genetického draftu. Pohlavně množící se organismy by měly být schopny se snadněji přizpůsobit měnícím se podmínkám. Naopak nevýhodou pohlavního rozmnožování je jeho nižší rychlost daná nutností produkce samců (kteří sami o sobě netvoří nové jedince), nutností setkání dvou jedinců atd.

Oproti tomu nepohlavní rozmnožování vede ve stálém prostředí k rychlejšímu populačnímu růstu, zato je nevýhodné z hlediska adaptace na měnící se podmínky.

1 bod

- b. V průběhu roku probíhá obvykle nepohlavní rozmnožování. K pohlavnímu množení dochází obvykle před koncem příznivého období, než nastoupí nepříznivé podmínky. Ty mohou být představovány zimou nebo třeba vysycháním vodní nádrže, kterou dotýční vířníci obývají. V čem je evolučně výhodné právě takové načasování jednotlivých typů množení? S tím souvisí i odlišnost vajíček vzniklých pohlavním a nepohlavním procesem. V čem se tyto dva typy vajíček liší?**

Na počátku příznivého období je v prostředí přebytek použitelných zdrojů. Největšího reprodukčního úspěchu lze tak dosáhnout co nejrychlejším množením a spotřebou těchto zdrojů. To je zajištěno právě asexuálním množením. Na konci příznivého období již není hlavní úroveň, na které probíhá kompetice, rychlost množení. Díky tomu již není nutno se množit nepohlavně a lze přistoupit k pohlavnímu množení. Aby úplně nechybělo, je výhodné i z hlediska dlouhodobé evoluční stability – vířníci se mohou snáze adaptovat na měnící se abiotické i biotické (např. paraziti) podmínky. Pohlavní rozmnožování navíc umožňuje vznik nových kombinací alel, které třeba mohou být úspěšnější v příštích jarních soutěžích o co nejrychlejší zužitkování zdrojů. Další důvod, proč k tvorbě pohlavních jedinců dochází až v pozdějších částech sezóny, je ten, že tou dobou už jsou dostatečně vysoké density, takže se samci a samice snadno najdou.

V souvislosti s načasováním typů množení se liší i morfologie vajíček. Vajíčka vzniklá nepohlavním procesem (amitotická vajíčka) mívají tenčí stěny, nebývají speciálně chráněna. Mnohdy jsou nošena samicí a líhnou se brzy po naklazení. Vajíčka vzniklá sexuálním procesem bývají tlustostěnná, odolná vůči nepříznivým vnějším podmínkám. Líhnou se po dlouhé diapauze, odpovídající délce trvání nepříznivých podmínek.

celkem 2 body

za diskusi evolučních výhod načasování 1 bod

za typy vajíček 1 bod

- c. U následujících jedinců napište, zda jejich vývoji obvykle předchází redukční dělení a splynutí pohlavních buněk:**

samice vylíhla uprostřed příznivé sezóny, samice z první generace jedinců vylíhlých na jaře, samec

samice vylíhla uprostřed sezóny: redukční dělení – ne; splynutí pohlavních buněk – ne

samice z první generace jedinců vylíhlých na jaře: redukční dělení – ano; splynutí pohlavních buněk – ano

samec: redukční dělení – ano; splynutí pohlavních buněk – ne

celkem 1,5 bodu

za každého jedince 0,5 bodu

- d. Jmenujte další dvě skupiny živočichů, u kterých je známa cyklická partenogenese.**

Cyklická partenogenese je dále typická pro mšice nebo perloočky. Dále se vyskytuje např. u žahavců (např. střídání strobilace a tvorby gamet v medúzovém stádiu), pláštěnců, mechovek nebo motolic.

1 bod

- e. Pijavenky (Bdelloida) postrádají sexuální rozmnožování pravděpodobně úplně. Absence sexu u takto velké (a staré) skupiny je (nejen) mezi živočichy značně neobvyklým jevem. U které další skupiny živočichů se zdá, že pohlavní rozmnožování dlouhodobě chybí?**

Pohlavní rozmnožování patrně též chybí u lasturnatek (Ostracoda) ze skupiny Darwinulida. Minimálně u některých zástupců tomu tak je přes 20 milionů let.

Dalším adeptem na statut starobylého asexuála jsou někteří pancířníci (Oribatida), u nichž sex také pravděpodobně chybí několik milionů let.

1 bod

- f. Jak jste již zjistili v podotázce a., nepohlavní množení s sebou nese jisté nevýhody. O jakých mechanismech se předpokládá, že mohou u pijavenek tyto nevýhody kompenzovat?**

Pravděpodobným mechanismem, kterým se pijavenky potýkají s úbytkem variability a redukcí genetického toku mezi jedinci, je horizontální genový transfer (HGT). Tedy přenos částí dědičné informace mezi jedinci pomocí mechanismů, které zajišťují inkorporaci cizí DNA z prostředí do genomu. HGT u pijavenek je výrazně vyšší než u jiných živočichů.

Genom pijavenek je tetraploidní. Za asexuálního rozmnožování by teoreticky mělo docházet k rozrůžňování homologních úseků genomu. To ale není moc pozorováno, důvodem patrně budou mechanismy opravy DNA, které používají jako vzor pro opravu informací na homologním chromosomu.

1 bod

4. Životní cykly bývají ovlivněny i tím, že mnoho vírníků obývá prostředí ze své podstaty nestálá, která jednou za čas mohou vyschnout. Může se jednat o dočasné tůně, různé louže, fytotelmy atd. To platí obzvláště pro pijavenky, jejichž nemalá část obývá další podobně nestálý habitat – vodu vázanou v půdě.

- a. O tom, v jakých stádiích přecházejí nepříznivá období točivky, byla již řeč v předchozí otázce. V jakých stádiích ale přecházejí nepříznivá období pijavenky?

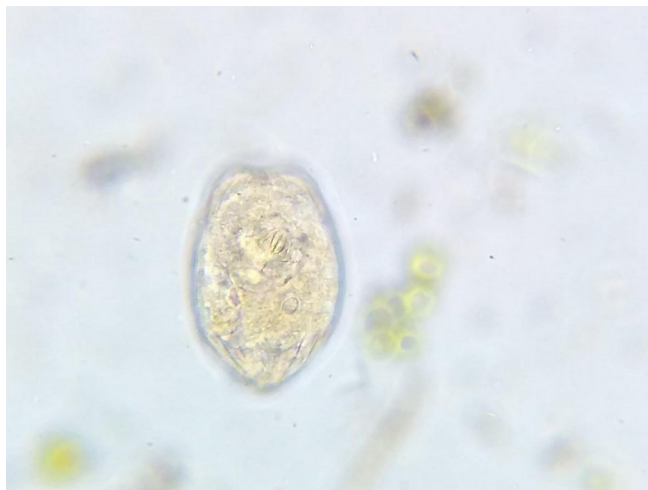
Pijavenky umí přecházet vyschnutí a podobné nepříjemné fenomény prakticky v jakémkoliv stádiu – jako vajíčko, jako mladí jedinci i jako dospělci.

0,5 bodu

- b. Stručně popište, k jakým změnám dochází u pijavenky, která se chystá přechkat např. vyschnutí.

V první řadě dochází ke zpomalení metabolismu. V buňkách se akumulují tzv. LEA (late embryogenesis abundant) proteiny, které chrání buněčné struktury před vysycháním. Dále dochází k postupnému odvodňování těla pijavenky – dormance u pijavenek se proto zve anhydrobiosy.

Před upadnutím do anhydrobiosy se obvykle vírník také přesouvá na místo s mírně příznivějšími podmínkami – např. zavrtává se hlouběji do sedimentu. Během samotné dormance je jedinec kontrahován do podoby jakési kuličky (obr. 4), díky čemuž má malý povrch vůči objemu. Tím jsou omezeny ztráty vody, ke kterým dochází skrz povrch živočicha, a také snižuje vystavení dalším nepříznivým vlivům z prostředí.



Obr. 4: Pijavenka ve stavu anhydrobiosy. Na fotografii je patrna přítomnost mastaxu, podle kterého se dá dobře poznat, že se jedná o vírníka. - fotografie autora úlohy

1 bod

Jak bylo zmíněno v úvodu, zástupci druhých dvou skupin – Seisonida a Acanthocephala (vrtejši) – jsou parazitičtí. Mezi oběma skupinami nalezneme mnoho rozdílů.

5. Jak obecně vypadají životní cykly vrtejšů a zástupců skupiny Seisonida?

Skupina Seisonida zahrnuje pouze několik málo mořských druhů. Jak samci, tak samice jsou ektoparasiti na korýších rodu Nebalia. Jejich cyklus je tedy jednohostitelský.

Vrtejši mívají dvouhostitelské životní cykly, ve kterých figuruje jako mezipřehostitel obvykle korýš, definitivním hostitelem bývá obratlovec – ryba, pták či savec. V životním cyklu mohou figurovat i parateničtí hostitelé.

1 bod

6. Vrtejši a vírníci vypadají na první pohled velmi odlišně. O příslušnosti vrtejšů mezi vírníky proto nebylo dlouho jasno. Zřetelně na ni ukázala molekulární fylogenetika. Existují ale i morfologické znaky společné oběma skupinám, které na příbuznost také ukazují. Jmenujte jeden takový.

Společným znakem je pokožka tvořená syncytiem. Ta je zpevněna basálními tělísky mikrotubulů.

Dále mají obě skupiny vyvinuté spermie s anterokontním (dopředným) bičíkem.

Vrtejši stejně jako zbylí vírníci se vyznačují eutelií, tedy daným počtem somatických buněk (resp. jader), který se neliší mezi jedinci. Osud jednotlivých buněk u nich není determinován polohou v rámci organismu, jakož spíše sekvencí dělení, kterou prošly. Takovou situaci nazýváme mozaikovým vývojem.

1 bod

7. Existují i vrtejši, kteří mohou jako definitivního hostitele nakazit savce, dokonce i člověka. Jak se jmenuje druh, kterým se může nakazit člověk? Při jaké činnosti obvykle docházelo k nákaze?

Jedná se o druh *Macracanthorhynchus hirudinaceus*, jehož definitivním hostitelem jinak bývají především prasata. Jako meziphostitelé fungují larvy listorohých brouků. Lidé se obvykle nakazili při požívání chroustích larev.

celkem 1 bod
za druh 0,5 bodu
za činnost 0,5 bodu



Obr. 5: Blešivec s oranžovou tečkou. – autor fotografie: Ernie Cooper (<https://macrocritters.wordpress.com>)

8. Na obrázku 5 je blešivec vypadající neobvykle kvůli přítomnosti výrazné oranžové tečky. Čím je způsobena její přítomnost a k čemu je jejímu tvůrci dobrá?

Oranžová tečka je způsobena přítomností vrtejše *Polymorphus minutus*. Jeho meziphostitelem je právě blešivec, jako definitivní hostitel slouží vodní ptáci. Do definitivního hostitele se dostává pozřením meziphostitele ptákem. Aby zvýšil pravděpodobnost úspěšného přenosu, je vrtejš takto pestře zbarven, čímž usnadňuje ptákovy nalezení a chycení parazitovaného blešivce. Navíc ovlivňuje blešivcovo geotaktické chování.

celkem 1 bod
za parazita 0,5 bodu
za důvod 0,5 bodu

Úloha 3: Běžný den v životě biochemika

Autor: Jana Hannelová

Počet bodů: 21

Krv je složená z množství buniek suspendovaných v krvnej plazme. Najpočetnejšou skupinou týchto buniek sú erytrocyty, nazývané aj červené krvinky, ktorých najdôležitejšia úloha je zásobovať tkanivá kyslíkom. Sú bikonkávneho tvaru, čo im dodáva flexibilitu, a preto sú schopné prejsť aj kapilármi užšími, ako je ich priemer (približne 7µm). Ľudské erytrocyty, na rozdiel od väčšiny buniek, nemajú mitochondrie, jadro, Golgiho aparát ani endoplazmatické retikulum. Ich cytoplazma obsahuje takmer výhradne hemoglobín (Hb), čo je heterotetramér obsahujúci 4 hemové skupiny, v ktorých je koordináčnou väzbou naviazané železo. Jeho koncentrácia v krvi sa pohybuje v rozmedzí od 130 - 176 g/l pre mužov a 120 - 160 g/l pre ženy. Nízke hodnoty hemoglobínu majú rôzne príčiny a môžu naznačovať prítomnosť rôznych chorobných stavov.

V tejto úlohe sa pozrieme na to, ako sa dá koncentrácia hemoglobínu experimentálne určiť v laboratóriu, pričom sa taktiež bližšie oboznámime s niekoľkými laboratórnymi technikami bežne používanými v praxi.

1. Zaniatený študent biochémie Bioslav Biomilný sa vo svojom voľnom čase rozhodol určiť koncentráciu hemoglobínu vo vzorke krvi, ktorú sa mu potajomky podarilo ukradnúť z laboratória. Ako múdry študent vie, že sa nejedná len o samotnú krv, ale že do nej bola pridaná ešte jedna látka, ktorá je nevyhnutná na jej uskladnenie (vzorka krvi sa skladala z 9ml krvi a 1ml neznámej látky). Vašou prvou úlohou bude zistiť:

a. O akú látku sa jedná (stačí všeobecne)

Je to antikoagulačná látka

za správnu odpoveď 0,5 bodů

b. Aká je jej funkcia

Jej funkciou je zabrániť zrážaniu krvi

za správnú odpoveď 0,5 bodů

celkem 1 bod

2. Na základe týchto informácií skúste povedať:**a. Čo obsahoval pelet a supernatant po prvej centrifugácii?**

Pelet obsahoval erytrocyty a supernatant obsahoval krvnú plazmu (keďže erytrocyty majú väčšiu hustotu ako zvyšok krvi, a to hlavne kvôli vysokému obsahu hemoglobínu, usadia sa na dne skúmavky)

za správnú odpoveď 1 bod

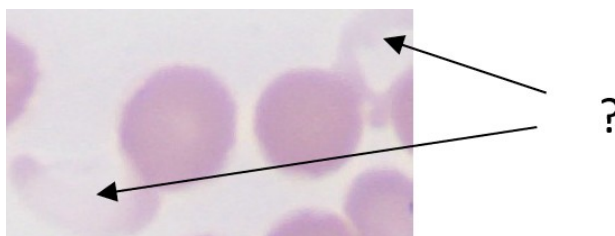
b. Čo sa stalo s peletom po jeho rozsuspendovaní v destilovanej vode a prečo?

Rozsuspendovanie peletu (erytrocytov) v destilovanej vode spôsobilo ich hemolýzu (deštrukcia buniek dôsledkom rozpadu ich cytoplazmatickej membrány). K hemolýze došlo preto, lebo destilovaná voda je v porovnaní s vnútrom bunky hypotonická (má nižšiu koncentráciu osmoticky aktívnych častíc ako bunka). Tento osmotický gradient spôsobil, že molekuly vody začali vniknúť do erytrocytov, čo spôsobilo ich prasknutie a uvoľnenie hemoglobínu.

celkem 1 bod

hemolýza/rozrušenie membrány apd. 0,5 bodů

des. voda je hypotonická/ úloha osmotického gradientu 0,5 bodů



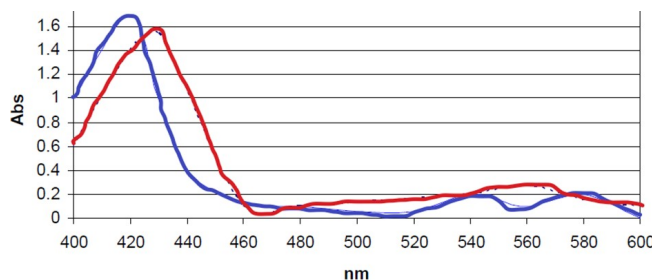
Obr. 6: Štruktúry označené otáznikom sa nachádzajú v pelete po druhej centrifugácii. Čo podľa Vás zobrazujú? – Zdroj: <http://eclinpath.com/hematology/morphologic-features/red-blood-cells/color/ghost-rbc/>.

c. Čo obsahoval pelet a supernatant po druhej centrifugácii? (pomôcť vám môže obrázok 6)

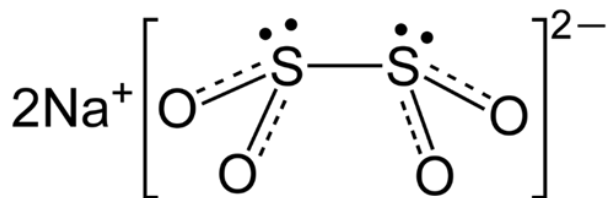
V druhej centrifugácii sa cytoplazmatické membrány oddelili od hemoglobínu. Cytoplazmatické membrány majú mierne väčšiu hustotu ako hemoglobín, a tak klesli ku dnu skúmavky (pelet) a hemoglobín ostal vo vrchnej časti (supernatant). Štruktúry na mikroskopickom snímku označené otáznikom zobrazujú práve tieto prázdne cytoplazmatické membrány erytrocytov.

za správnú odpoveď 1 bod

celkem 3 body



Obr. 7: Dve rozličné absorpčné spektrá hemoglobínu získané analýzou v spektrofotometri. – Zdroj: <https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/reference-absorption-spectra-oxy-haemoglobin-intact-line-deoxyhemoglobin-broken-line-shown-q45378602>



Obr. 8: Neznáma chemická látka. – Zdroj: https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_dithionite.

3. Vašou úlohou je zistiť:

a. Čo obsahovala prvá vzorka?

Zásobný roztok, ktorý Bioslav pripravil, obsahuje hemoglobín. Keďže táto vzorka bola vystavená molekulárnemu kyslíku vo vzduchu, môžeme predpokladať, že prvá vzorka obsahovala hemoglobín v oxidovanej forme (oxyhemoglobín).

za správnu odpoveď 1 bod

b. Ktoré spektrum zodpovedá prvej analýze vzorky?

Modré spektrum zodpovedá oxyhemoglobínu.

za správnu odpoveď 1 bod

c. Ako sa nazýva látka na obrázku 8 a čo spôsobilo jej pridanie do vzorky?

Látka na obrázku 8 sa nazýva dithioničitán sodný, čo je redukčné činidlo. Táto látka je schopná zredukovať kyslík na vodu, a tak zmeniť oxyhemoglobín na deoxyhemoglobín.

za správnu odpoveď 1 bod

d. Čo obsahovala druhá vzorka?

Druhá vzorka teda obsahovala deoxyhemoglobín.

za správnu odpoveď 1 bod

e. Ktoré spektrum zodpovedá druhej analýze vzorky?

Červené spektrum zodpovedá deoxyhemoglobínu.

za správnu odpoveď 1 bod

celkom 5 bodů

4. Bioslav sa rozhodol zistiť koncentráciu hemoglobínu v krvi použitím spektrofotometrie.

a. Skúste sa zamyslieť nad tým, akému problému môže Bioslav čeliť pri zisťovaní koncentrácie hemoglobínu vo svojej vzorke? (pomôcka: skúste sa zamyslieť nad princípom spektroskopie opísaným vyššie)

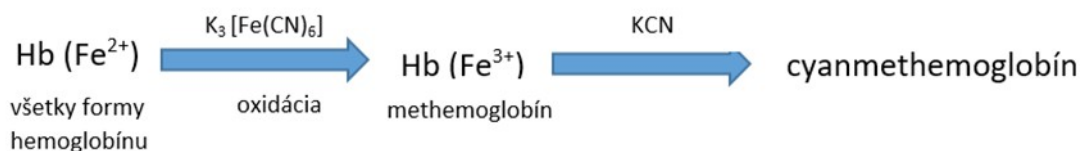
Pri analýze danej látky v spektrofotometri musíme poznať vlnovú dĺžku, ktorú táto látka absorbuje najlepšie. Túto hodnotu vieme zistiť, keď sa pozrieme na absorpčné spektrá hemoglobínu. Z grafu môžeme odhadnúť, že pre oxyhemoglobín je táto hodnota približne 415 nm a pre deoxyhemoglobín je to 435 nm. A ako iste viete, hemoglobín sa v krvi môže nachádzať ešte v iných formách, ako napríklad karbaminohemoglobín či karboxyhemoglobín. A práve v tom spočíva problém, keďže rôzne formy hemoglobínu absorbujú najviac svetla s rozdielnou vlnovou dĺžkou, a tak na určenie celkovej koncentrácie hemoglobínu v našej vzorke nevieme, akú vlnovú dĺžku pri analýze v spektrofotometri nastaviť.

(Poznámka: Pri zisťovaní absorpčného spektra oxyhemoglobínu sme predpokladali, že vďaka molekulárnemu kyslíku sa v našej vzorke nachádzal práve v tejto forme, čo je aj pravda, no dôležité je si uvedomiť, že sa jedná len o väčšinovú formu hemoglobínu, popri ktorej sa vo vzorke nachádzali aj jeho menšinové formy. Pri presnej výpočte koncentrácie hemoglobínu ale túto aproximáciu spraviť nemôžeme.)

za správnu odpoveď 1 bod

b. Ako tento problém vyrieši pridanie činidla nazývaného cyanmet (alkalický roztok hexakynoželezitanu draselného $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ a kyanidu draselného KCN)?

Tento roztok zmení všetky formy hemoglobínu na stabilný ružovo-zafarbený cyanmethemoglobín, ktorý má absorpčný pík na 540 nm a týmto spôsobom teda vieme určiť presnú koncentráciu hemoglobínu.



za správnú odpoveď 1 bod

- c. Pri pipetovaní vzorky do kyvety použil Bioslav Pasteurovu pipetu, pomocou ktorej nie je možné napipetovať presný objem látky. Dopustil sa takto chyby a mal by použiť automatickú pipetu, s ktorou vie odmerať presný objem alebo objem skúmanej látky môžeme pri analýze v spektrofotometri zanedbať? Svoju odpoveď zdôvodnite.

Z Beer-Lambertovho zákona vidíme, že objem skúmanej látky pri spektroskopicknej analýze nie je dôležitý, keďže táto veličina sa nenachádza vo vzorci pre výpočet koncentrácie ($A = \epsilon \cdot c \cdot l$ čiže $c = A / (\epsilon \cdot l)$). Dôležitá je v tomto prípade vzdialenosť, ktorú monochromatický lúč pri analýze látky prejde, čo je určené len hrúbkou kyvety.

(Poznámka: Aj keď samotný objem dôležitý nie je, musíme sa však uistiť, že v kyvete sa nachádza dostatočné množstvo látky, a teda že lúč bude prechádzať danou látkou a nie vzduchom, a naopak, že v kyvete nie je príliš veľa látky, keďže v tomto prípade by sme pri manipulovaní s ňou mohli kontaminovať spektrofotometer. Odporúča sa kyvetu naplniť na 80% jej celkového objemu.)

za správnú odpoveď 1 bod

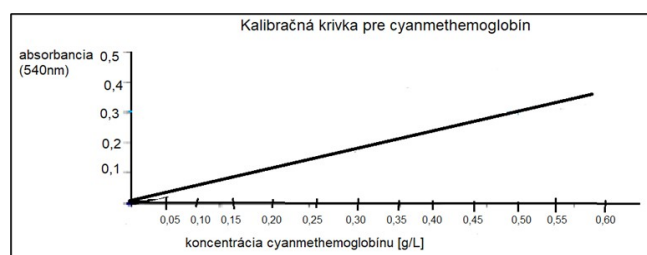
celkom 3 body

5. V poslednej otázke sa budeme venovať výpočtu koncentrácie hemoglobínu v našej vzorke krvi. Bioslav si pripravil vzorku nasledovne: 1ml zásobného roztoku zmiešal s 10ml činidla cyanmet. Lenže ako správny biochemik vie, že pred samotným použitím spektrofotometra na skúmanie konkrétnej vzorky je nevyhnutné ho nakalibrovať, keďže aj samotná kyveta a iné látky, ktoré obsahuje náš roztok, do istej miery absorbujú alebo rozptyľujú elektromagnetické žiarenie. To dosiahneme použitím takzvaného „blanku“ (z angličtiny = prázdny). (Poznámka: analogicky to môžeme porovnať k váženiu múky pri pečení. Najprv na váhu položíme prázdnu nádobu, váhu následne vynulujeme a až potom môžeme odvážiť požadované množstvo múky.)

- a. Uveďte, ako má Bioslav pripraviť správny blank na kalibráciu spektrofotometra.

Blank musí obsahovať všetky látky v našom roztoku okrem tej látky, ktorú analyzujeme. V našom prípade teda zmiešame 10 ml činidla cyanmet a 1ml destilovanej vody (je veľmi dôležité dodržať presnú koncentráciu. Ak by sme ako blank použili len roztok cyanmet, jeho koncentrácia v porovnaní s jeho koncentráciou v našej skúmanej vzorke by bola väčšia, a teda výsledok by bol nepresný).

za správnú odpoveď 1 bod



Obr. 9: Kalibračná krivka pre cyanmethemoglobín.

- b. Po kalibrácii spektrofotometra si Bioslav uvedomil, že má ďalší problém. Nikde v odbornej literatúre nevedel nájsť molárny absorpčný koeficient cyanmethemoglobínu, čo znamená, že nebude môcť použiť Beer-Lambertov zákon na výpočet koncentrácie. Keďže je ale veľmi šikovný a vynaliezavý študent, prišiel na to, že koncentráciu hemoglobínu vie zistiť aj iným spôsobom, a to použitím kalibračnej krivky, ktorú si môže zostaviť. A to tak, že odmeria absorbanciu 3 roztokov cyanmethemoglobínu so známou koncentráciou, ktoré má k dispozícii. Na základe týchto hodnôt následne zostaví kalibračnú krivku, ktorá je zobrazená na obrázku 9. Vašou úlohou je teraz pomocou tejto krivky určiť koncentráciu cyanmethemoglobínu v [mol/l] v skúmanej vzorke, ktorej absorbancia je 0,3 (cyanmethemoglobín má relatívnu molekulovú hmotnosť takú istú ako hemoglobín, čo je $M_r = 68\,000$). Výsledok zaokrúhlite na 1 desatinné miesto.

Z kalibrační krivky (Obr. 9) vieme odhadnúť, že naša vzorka obsahuje 0,50 g/L cyanmethemoglobínu. My ale chceme vedieť koncentráciu v M, čo sa dá vyjadriť aj ako mol/dm³ alebo mol/L.

Vieme, že M_r cyanmethemoglobínu je 68 000, z čoho vyplýva, že v jednom móle sa nachádza 68 000 g. Na základe týchto informácií vieme zostaviť trojčlenku:

1 mol 68 000g

x mol 0,5g

Z toho $x = 7,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L} = 7,4 \cdot 10^{-6} \text{ M} = 7,4 \text{ } \mu\text{M}$

(Poznámka: k tomuto výsledku sa dá dopracovať aj inými postupmi, tento je len jeden z nich. V prípade správneho výsledku bude udelený plný počet bodov, aj ak by bol postup výpočtu odlišný)

za správnú odpoveď 2 body

c. Pomocou predchádzajúceho výpočtu koncentráciu cyanmethemoglobínu vo vzorke sa následne pokúste vypočítať koncentráciu hemoglobínu v nezriedenej vzorke krvi, s ktorou Bioslav pracoval. (Pomôcka: zoberte do úvahy všetky riedenia, ktoré uskutočnil)

Na určenie koncentrácie hemoglobínu vo vzorke krvi si najprv musíme pozrieť na jednotlivé kroky, v ktorých bola krv zriedená a následne určiť tzv. faktor riedenia (dilution factor), pomocou ktorých zistíme výslednú koncentráciu.

Faktor riedenia = výsledný objem / začiatkový objem

1. Riedenie: Vzorka krvi, s ktorou Bioslav pracoval, obsahovala len 9ml krvi a 1ml antikoagulačnej látky. Faktor riedenia teda bude 10ml (celkový finálny objem) / 9ml (začiatočný objem krvi) = 10/9 (kvôli presnejšiemu výpočtu budeme pracovať so zlomkami)

2. Riedenie: Z 2ml krvi sme získali 0,5ml peletu, čiže faktor riedenia = 0,5/2 = 0,25

3. Riedenie 0,5ml peletu bol rozuspendovaný v 5ml des. vody, čiže faktor riedenia = 5,5/0,5 = 11

4. Riedenie: Z 1ml roztoku Bioslav získal 0,5ml supernatantu, čiže faktor riedenia = 0,5/1 = 0,5

5. Riedenie: Z 0,5ml supernatantu bolo pripravených 5ml zásobného roztoku, čiže faktor riedenia = 5/0,5 = 10

6. Riedenie: 1ml zásobného roztoku bolo zmiešaných z 10ml činidla cyanmet, čiže faktor riedenia = 11/1 = 11

Finálny faktor riedenia získame vynásobením týchto 5 faktorov, ktorého hodnota je 168,06 (po zaokrúhlení na 2 desatinné miesta).

Výslednú koncentráciu hemoglobínu v krvi následne zistíme vynásobením jeho koncentrácie v zásobnom roztoku a finálneho faktora riedenia, čiže $7,4 \cdot 10^{-6} \text{ M} \cdot 168,06 = 1,24 \text{ mM} = 84,57 \text{ g/l}$ (1,24 mM sme vynásobili relatívnou molekulovou hmotnosťou hemoglobínu $M_r = 68\,000$).

(Poznámka: v prípade správneho výsledku, ale iného postupu, bude tiež udelený plný počet bodov.)

za jednotlivé riedenie 0,5 bodov, spolu 3 body

za finálny faktor riedenia 1 bod

za výslednú koncentráciu Hb 1 bod

d. Na základe tejto koncentrácie posúďte, či je pacient, ktorého krv sme analyzovali, zdravý alebo trpí nejakým ochorením. Ak áno, uveďte, o aké ochorenie s najväčšou pravdepodobnosťou ide.

Koncentrácia hemoglobínu 84,57 g/l je veľmi nízka, čo sa označuje ako anémia.

za správnú odpoveď 1 bod

celkom 9 bodů

Úloha 4 (experimentálna): Všetnı́ den na louce

Autor: Stanislav Vosolsobě

Počet bodů: 20

Všetchny děje v přírodě podléhají denním cyklům a povětrnostním vlivům. Nejlépe to lze pozorovat na květech a jejich opylovačích. Poznat principy přírodních procesů je v tomto případě velmi snadné, stačí si sednout do louky, vzít lupu a pozorovat. Takže vzhůru do toho! Nejlepší je být v přírodě od samotného rozbřesku, takže pokud nemáte možnost bydlet někde v přírodě, zabalte spacák a přespěte přímo na místě!

Cílem květů je přenést pyl, hmyz zase potřebuje pyl a nektar jako potravu. Ale příroda nemá jen přívětivou tvář. Vlhkost ve formě rosy či deště - to jsou všechno faktory, které nesvědčí ani pylu, ani hmyzu. A podobně nemá smysl aby rostlina kvetla v noci, když její opylovači létají ve dne...

Vášim úkolem bude vybrat si na vaši lokalitě (může to být klidně i zahrada či trocha vegetace v parku) několik druhů rostlin a zjistit, v jakou část dne otevírají květy a kdy pak otevírají prašníky. Zároveň sledujte i aktivitu hmyzu - létá hmyz po celý den, nebo v některé hodiny častěji? A jak se rostliny a hmyz chovají, pokud je zima, pošmourno nebo dokonce prší?

Rostliny si označte štítky a květy, které se otevřely, si můžete označit tečkou lihovým fixem, abyste měli dobrý přehled, kolik květů se otevírá daný den. Otevření prašníků lze sledovat lupou nebo dotykem prstu, zda-li se na něm zachytává pyl. Aktivitu hmyzu můžete sledovat třeba tak, že si po určitou dobu (10 - 20 minut) budete zapisovat, kolik jedinců spatříte na vymezené ploše (třeba 5x5 metrů). Chcete-li získat zvláště precizní data, můžete dokonce zaznamenávat i jednotlivé návštěvy na vybraných rostlinách. Nemusíte hmyz určovat přesně, stačí do hlavních skupin (včela, čmelák, pestřenka,...). Dále si zaznamenávejte stav počasí: oblačnost se udává jako pokryvnost v osminách plochy oblohy (a je dobré rozlišit nízkou, střední a vysokou oblačnost). Nemáte-li měřicí přístroj, vítr, teplotu a vlhkost zaznamenejte alespoň pocitově (nebo převezmete data z nějaké blízké meteorostanice, viz <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/grafy-automatickych-stanic>). A pokud je vegetace mokrá od rosy či deště, zaznamenejte i to.

1. Uveďte některé příklady toho, jak může být pyl v květu chráněn před povětrnostními vlivy.

Nejpůvodnější bude zřejmě schopnost opakovaného zavírání a otevírání květu. Tu z jarních květin pozorujeme třeba u sněženek, šafránů či tulipánů. K zavření květu dochází typicky odpoledne, ale může zároveň reagovat i na špatné počasí, pak se třeba ani ráno neotevře. Ještě jednodušší strategií je tvorba nicího květu (tedy otočeného dolů), kdy jako ochrana před deštěm slouží okvětní plátky (bledule, modřence). I v případě trvale otevřených květů mohou být adaptace na úrovni tyčinek. Již zmíněná bledule neotevře tyčinky nikdy celé, jen malý otvor na konci. Díky tomu může kvést třeba měsíc, ačkoliv má jen šest tyčinek. Jiné květy, jako třeba růže, zase sázejí na velký počet tyčinek, z nichž se v daný den otevře jen část, takže je naděje, že alespoň nějaký den bude příznivé počasí. Bobovité rostliny svým složitým květem jednak efektivněji lákají opylovače, ale zároveň i chrání prašníky.

za alespoň 4 strategie s konkrétními příklady 2 body

2. Popište u vámi vybraných rostlin, zda-li je jejich pyl v květech chráněn či nikoliv. Ideální je sledovat v rámci vašeho pokusu oba typy, ale s nekrytými se lépe dělá dlouhodobé pozorování, protože nemusíte destruovat květ a navíc je jejich reakce na počasí zajímavější.

za morfologický popis 1 bod

3. Popište a doložte grafy, jak se během dne vyvíjí květ (otevření okvětních plátků, prašníků, růst blizen). Snažte se najít odpověď na tyto otázky: Preferuje rostlina určitou denní dobu pro aktivaci květu? Jak dlouho je květ konkrétního druhu aktivní? Kdy se otevírají tyčinky a jak dlouho poskytují pyl opylovačům?

Naprostá většina rostlin otevírá květy ráno či dopoledne. Zejména v chladných jarních dnech může být otevírání silně závislé na stavu počasí. Oproti tomu, v letním období je spíše aktivita otevírání květů konstantní a na počasí reagují jen prašníky. U nich zpravidla k otevření dojde jen za zcela ideálních podmínek. Doba, po kterou prašík poskytuje pyl, bývá u otevřených květů bez ochrany prašníků omezena na jeden den, poté prašík degraduje. U chráněných květů může být funkční déle.

4 body

hodnotí se objem sebraných dat a kvalita zpracování

4. Podobné pozorování proved'te i pro hmyz. Kdy se hmyz probouzí? A kdy chodí spát? Pokuste se vytvořit graf denní aktivity hmyzu na základě frekvence jeho pozorování na vymezené ploše.

U hmyzu pozorujeme podobný trend. Zajímavé je, že hmyz "chodí spát" poměrně brzy v odpoledních hodinách jeho aktivity silně klesá, největší je dopoledne.

4 body

hodnotí se objem sebraných dat a kvalita zpracování

5. A pokud globální oteplování dá a budete mít v létě štěstí na alespoň jeden den ošklivého počasí, opakujte pozorování i tehdy. Zkoumejte, zda-li létá hmyz, jak se květy otevírají a zda-li je uvolňován pyl z prašníků

Za špatného počasí je aktivita opylujícího hmyzu (blanokřídlí, pestřenky, motýli) prakticky nulová. Květy se otevírat mohou, ale otevírání prašníků je pozastaveno. Je možné, že květ odkvete, aniž by prašníky otevřel (zejména v případě květenství, kde je investice do jednoho květu poměrně malá)

4 body

hodnotí se objem sebraných dat a kvalita zpracování

6. Pozorování shrňte diskuzí, pokuste se vyvodit nějaké obecně platné a zajímavé poznatky. Nalézáte nějakou souvislost mezi aktivitou hmyzu a rostliny? Jak moc může rostlinu ovlivnit nenadálé špatné počasí a jak vůbec na počasí rostlina reaguje?

Aktivita hmyzu a květů je bezesporu silně korelována. Obě extrémně závisí na počasí. Adaptace květů na špatné počasí je extrémně důležitá a může být jedním z faktorů, které zásadně limitují rozšíření rostlin. U rostlin pozorujeme, že na počasí reaguje na několika úrovních - rychlost vývoje pupenů, otevírání květů, otevírání prašníků. Nenadálé špatné počasí typu jarní bouřka může naprosto zhatit veškeré úsilí, které květ vložil do exportu pylu. Proto bývají jednak adaptace velmi rychlé (zavírání květů je uskutečněno v řádech minut) a také rostliny raději investují do květenství, nežli do jednoduchých kvě-

tů, které jsou podstatně zranitelnější. V případě květenství se jednak výrazně prodlouží aktivita celého útvaru v čase, zároveň se relativně sníží investice do orgánů, co lákají opylovače - i květy, které prošly fází exportu pylu, stále fungují jako atraktory opylovačů.

3 body

7. Pokuste se vytvořit stručné shrnutí vašich výsledků do několika vět (bodů), které popíší, to hlavní, co jste zjistili a doplňte to obrazovým schématem, grafem a podobně, který ilustruje hlavní výsledek (například denní aktivitu při špatném a pěkném počasí; inspirujte se tím, co se nazývá “graphical abstract” v odborných článcích). Tento výstup pak rádi převezmeme do autorského řešení, aby ukazoval nejzajímavější výsledky vašich experimentů.

2 body

