

Biologický korespondenční seminář



Biozvěst

Ročník 12

Série 1

Milé řešitelky, milí řešitelé,

Právě nahlížíte na letošní první sérii z již 12. ročníku našeho korespondenčního biologického semináře Biozvěstu. V této sérii úloh na Vás čeká v teoretických úlohách řešení otázek podrobněji zkoumajících problematiku nukleární medicíny, prozkoumáte buněčnou stěnu rostlin i tak, jak ji doposud jistě ještě neznáte a dále se zaměříte na evoluci aktivního letu. V praktické úloze Vás budou zajímat behaviorální adaptace stínek k životu na souši. Seriály celého letošního ročníku se budou týkat světla ve všech jeho možných podobách. V této sérii se zaměříme na bioluminiscenci.

Jak řešit

Veškeré pokyny k řešení semináře získáte na internetové stránce Biozvěstu (nebo zadejte „Biozvěst“ do Google). Na stránce také naleznete přihlášku, kterou vyplňte (pouze v případě, že je tato série vaše první řešená v rámci aktuálního ročníku; **přidat se můžete kdykoli v průběhu roku**). Úlohy vám budeme zasílat automaticky na e-mailovou adresu uvedenou v přihlášce. Pokud budete chtít ukončit odběr novinek o Biozvěstu, napište nám e-mail. Dále se k nám můžete připojit prostřednictvím Facebooku, skupina „Biozvěst“, kde lze probírat aktuality a diskutovat dle libosti. Nově nás můžete sledovat též na Instagramu (<https://www.instagram.com/biozvest/>).

Vaše řešení nám posílejte na adresu biozvest@gmail.com Nejpraktičtější formou řešení bude prostý text v e-mailu, ale přijímáme veškeré formáty příloh. Každou úlohu pište do samostatného e-mailu a v předmětu uveďte **Ročník-Série-Úloha-Jméno_Příjmení**, např. **12-1-3-Bioslav_Biomilný** v případě třetí úlohy první série aktuálního ročníku. Moc nám pomůže, když uvedený zápis dodržíte (na jeho základě si došlá řešení filtrujeme).

Uzávěrka 1. série: 17. 11. 2024 ve 23:59.

Po oficiální uzávěrce necháváme pro opozdilce tzv. „**penalizační týden**“, kdy ještě můžete zasílat svá řešení, budou Vám bodově ohodnocena, ale musíte již počítat s bodovou penalizací. Strhávat se bude 1 bod za každý den v každé úloze, která v tomto období přijde. Maximální ztráta za úlohu je tedy - 7 bodů, pošlete-li úlohu v nejpozdější možný termín a zároveň minimální počet bodů za řádně řešenou úlohu po penalizaci nebude nikdy nižší než 1 bod. **Penalizační týden končí 24. 11. 2024 ve 23:59, po této době již nelze přijmout žádná řešení.** Další den, tj. 25. 11. 2024, bude vydáno autorské řešení pro 1. sérii.

Hodnocení Vašich řešení i první výsledkovou listinu dostanete e-mailem nejpozději v první polovině ledna 2025.

Nelekejte se, když Vám přijdou úlohy na první pohled příliš těžké, ponořte se do informačních zdrojů a uvidíte, že na vše lze někde nalézt odpověď. Dobré tipy k řešení naleznete také na stránce Biozvěstu v sekci „Návody“. **Není nutné, abyste kompletně vyřešili všechny úlohy a asi se to ani nikomu nepodaří, stačí odeslat libovolně velký fragment. Vždy ale odpovídejte svými slovy;** překopírování textu odjinud je velmi ošemetné. Když už se k němu uchýlíte, vždy uveďte zdroj. Oceníme, pokud připišíte jakékoliv nápady či připomínky (např. úloha byla příliš lehká/těžká, nesrozumitelná, nudná), úlohy se pokusíme tvořit k Vaší maximální spokojenosti.

Veškeré dotazy či připomínky směřujte na adresy biozvest@gmail.com či ell.psenickova@seznam.cz (na druhé adrese máte větší šanci na rychlé zodpovězení otázky), nebo na e-mailové adresy autorů konkrétních úloh. Kontakty naleznete na webu Biozvěstu. Biodiverzitě a řešení Biozvěstu zdar!

za celý kolektiv autorů Biozvěstu

koordinátorka
Eliška Pšeničková

Úloha 1: Zářivá cesta do těla

Autor: Valérie Bušová

Počet bodů: 22

Záření je pojem, se kterým se pravděpodobně každý z vás již setkal ve škole na hodinách fyziky. Každý z vás se pravděpodobně s tímto pojmem setkal již ve škole na hodinách fyziky. Asi si představíte nějaké částice a řecká písmenka abecedy. Pro mnoho lidí je to velmi abstraktní pojem, nemůžeme to vidět, nemůžeme se toho dotknout, přesto tu s námi ale záření přebývá na planetě Zemi od nepaměti. Bez záření by ani život nemohl vzniknout. Postupně, jak se rozvíjelo lidské poznání jsme záření začali více a více objevovat a následně i využívat. A jak to tak bývá se všemi velkými objevy, kromě užitečného využití došlo v historii mnohokrát i ke zneužití... Po ta-

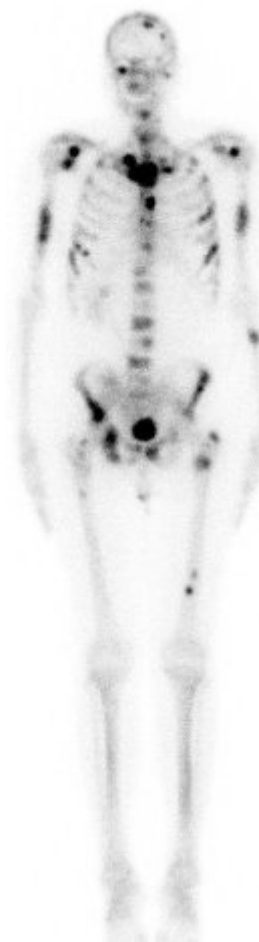
kových incidentech ze záření začala ve společnosti panovat všeobecná hrůza, která, byť v menší míře, přetrvává částečně i dodnes. Zejména pokud se jedná o lidské tělo a naše zdraví. Obrázky popálených hasičů z Černobylu či obyvatel Hirošimy, to je asi to první, co si většina lidí představí, když se začne hovořit o záření a lidském těle. Avšak v medicíně mají tyto proudy částic nazvané řeckými písmenky své nezastupitelné využití. Dokonce se díky nim vybudoval zcela unikátní medicínský obor, který nám pomáhá nejen do těla nahlédnout, ale i velmi efektivně léčit. To vše za pomoci radioaktivity. Tato úloha se vám tento fascinující obor nazvaný nukleární medicína pokusí představit.

Tento obor využívá podobné metody a principiálně je podobný radiologii, která je o poznání známější a se kte-

rou už se každý pravděpodobně ve svém životě setkal. Přesto jsou tyto obory v mnohém odlišné.

1. Uveď alespoň 4 příklady, v čem se v čem se obory radiologie a nukleární medicína z medicínského hlediska liší.
2. Pro nukleární medicínu jsou klíčovými látkami radiofarmaka.
 - a. Vysvětli, o co se jedná, z jakých 2 složek (obecně) se radiofarmaka skládají.
 - b. Uveď alespoň 3 příklady radiofarmak a ke každému příkladu i informaci o tom, k zobrazování/terapii čeho se využívají.
3. Doplň chybějící pojmy do textu:
 - a. Současná nukleární medicína využívá 2 způsoby zobrazování:
Prvním je tzv. konvenční způsob, kdy pacientovi nejprve aplikujeme _____, poté pacienta umístíme pod _____ která detekuje záření gama vyzařované _____. První součástí, na kterou záření dopadne je _____, ve kterém se fotony gama záření přeměňují na fotony viditelného spektra. Fotony poté pokračují do _____, kde po dopadu na fotokatodu vyrazí elektrony. Viditelné světlo se tedy mění na proud elektronů = _____, ten je výpočetní technikou softwaru interpretován jako výsledný obraz.
 - b. Druhým způsobem je PET, což je zkratka pro _____. U této metody je velké množství detektorů uspořádáno _____. Druhým rozdílem je používaný typ zářičů, zde nepoužíváme zářiče gama, ale _____. Po aplikaci zářiče pacientovi se tedy z radionuklidu uvolňují _____, které ve tkáni interagují s volnými elektrony. Jelikož dochází k reakci dvou opačných částic, dojde k _____ (zániku). Energie se pak uvolňuje ve formě dvou kvant záření _____, ty pak dopadají na 2 přesně protilehlé detektory. Na základě tohoto procesu je pak softwarem sestavován výsledný obraz.

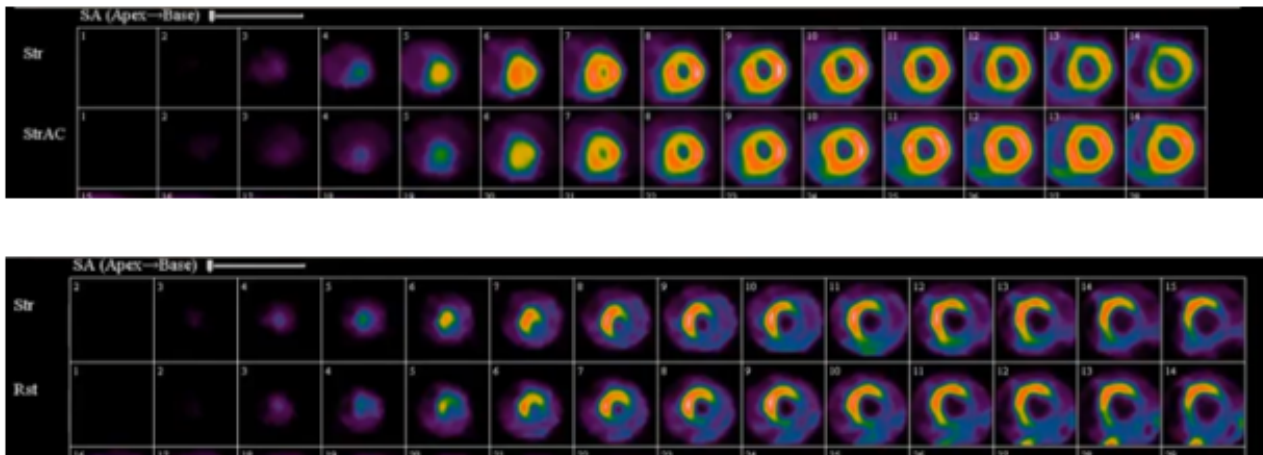
Až 25 % všech vyšetření v nukleární medicíně tvoří specifické vyšetření důležité složky pohybové soustavy, jeho snímek můžeš vidět na obrázku 1.



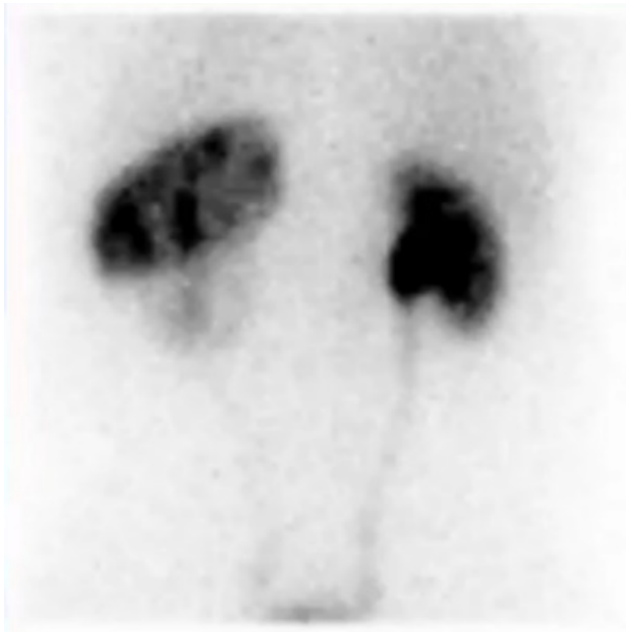
Obrázek 1: Výstup nukleárně medicínského vyšetření, zdroj z důvodu povahy úlohy uveden v autorském řešení.

4.
 - a. Jak se toto vyšetření jmenuje?
 - b. Nejčastěji je indikováno pacientům s rakovinou. Co prognosticky významného přesně toto vyšetření odhalí?
 - c. Je na snímku na obrázku 1 fyziologické zobrazování, nebo se jedná o pacienta postiženého jevem z bodu a.? Své tvrzení zdůvodni.
 - d. Uveď další 2 příklady onemocnění, u kterých bývá toto vyšetření indikováno.

Zobrazení, které jsme si ukázali výše je statické, tedy takové, u kterého máme jeden obraz – snímek, jako třeba z klasického rentgenu. Můžeme však využít i takového zobrazení, kdy pozorujeme určitou změnu na orgánu v čase.



Obrázek 3: Výstup trojrozměrného nukleárně medicinského vyšetření, zdroj z důvodu povahy úlohy uveden v autorském řešení.



Obrázek 2: Snímek nukleárně medicinského vyšetření v čase, zdroj z důvodu povahy úlohy uveden v autorském řešení.

5. a. Jak se takovému typu zobrazení říká?
b. U jakého orgánu, který je zobrazen na obrázku 2, je využíváno?

Kromě klasického 2D zobrazení můžeme rotací nejčastěji 2 detektorů kolem pacienta a následnou sumací obrazů dosáhnout 3D zobrazení, a tím i získat přehled o prostorovém uspořádání případných patologií. Tato metoda má 5 písmennou zkratku a využívá se zejména u jednoho velkého, nepřetržitě pracujícího svalu uloženého v horní polovině našeho těla.

6. a. Jak zní zkratka metody a název svalu?
b. Jakou důležitou vlastnost tohoto svalu touto metodou posuzujeme?
c. Podívej se na obrázek 3, na němž můžeš vidět dva výstupy této metody. Který z výstupů

patří zdravému pacientovi a u kterého můžeme vidět patologii? Svě tvrzení zdůvodni.

- d. Jak můžeš vidět, každý výstup obsahuje dva řádky. Každý tento řádek je výstupem jednoho snímání. Snímání se standardně u jednoho vyšetřovaného pacienta provádí takto dvakrát. Čím se liší v provedení tato dvě snímání a jak nám může být porovnání těchto dvou typů snímání užitečné ve výsledném hodnocení patologie?

Jak již bylo v úvodu zmíněno, nukleární medicína není pouze diagnostický obor, avšak také obor terapeutický.

7. Stručně popiš princip terapie radionuklidy.

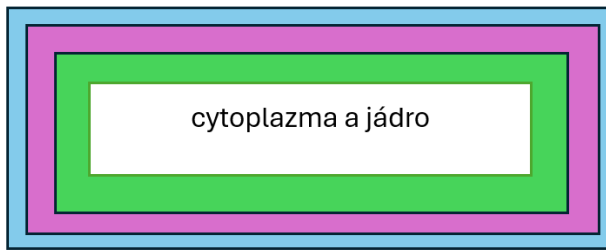
Úloha 2: Buněčná stěna rostlin

Autor: Štěpán Vavřina

Počet bodů: 16

Základním kamenem rostlinného těla je turgescenční buňka. Vznik takové buňky je umožněn díky hypotonickému okolnímu prostředí. Rostlinná buňka do sebe saje, saje, saje a saje vodu až...Praskne? Nepraskne! Stane se turgescenční, tedy naprosto natlakovanou. Hranici mezi bídým prasknutím buňky živočišné a turgescenční buňkou rostlinnou urputně hájí buněčná stěna. Tento buněčný kabátek dává buňce tvar, slepuje ji s buňkami okolními, ale podílí se i na rozvodu látek po rostlinném těle, či ji brání před houbovými patogeny. A má i další funkce. Zkrátka se jedná o strukturu pro rostliny naprosto zásadní a rostliny svým způsobem určující. Co by byla ubohá rostlinná buňka bez své stěny? Radši na to nemyslet...

1. Jako lidské kabáty není ani buněčná stěna rostlin jednovrstevná.
 - a. Jaké hlavní části může mít buněčná stěna terminálně diferencované rostlinné buňky?
 - b. Jakým barevným zónám na obrázku 4 odpovídají části poptávané v podotázce a.?



Obrázek 4: Schématické znázornění rostlinné buňky. Vnější zóna je značena modře, střední fialově a vnitřní zeleně. Bílý střed reprezentuje oblast vyplněnou cytoplazmou a jádrem.

2. Přítomnosti/nepřítomnosti/nerovnoměrné distribuce jedné z vrstev buněčné stěny je využito i při klasifikaci pletiv. Na jaké kategorie se dle zmíněného kritéria pletiva dělí?
3. Nejznámější složkou buněčné stěny je celulóza – dlouhý homopolysacharid z glukózových podjednotek. Buněčné stěně dává především pevnost. V buněčné stěně se vyskytuje ve formě dlouhých mikrofibril.
 - a. Jaký proteinový komplex má syntézu mikrofibril na starosti a v jakém buněčném kompartmentu (kde v buňce) se tento komplex nachází?
 - b. Syntéza celulózových mikrofibril není náhodná, kdy v každé vrstvě buněčné stěny jsou mikrofibrily stejně orientované. Co konkrétně tuto orientaci zajišťuje?
4. V buněčné stěně se vyskytují další polysacharidy. Mezi nimi jsou dále významné pektiny a hemicelulózy. Na rozdíl od celulózy jsou větvené.
 - a. Jaká je jejich role hemicelulóz a pektinů v buněčné stěně?
 - b. Kde dochází k jejich syntéze?
 - c. Ve které z dříve poptávaných vrstev (otázka č. 1) je zastoupení pektinů největší?
 - d. Na základě obsahu hemicelulóz a pektinů dochází k odlišení dvou typů BS – typ I a typ II. V čem spočívá jejich odlišnost?
Po popsání rozdílů, roztrďte čeledi – lipnicovité (*Poaceae*), vstavačovité (*Orchidaceae*), bromeliovitě (*Bromeliaceae*) a jitrocelovitě (*Plantaginaceae*) – k jednotlivým typům stěn.
5. V buněčné stěně se kromě již zmíněných sacharidů vyskytují i další látky dále zlepšující vlastnosti BS. Které z následujících látek může rostlina využít ke zvýšení hydrofobicity stěny? Nabídka: kalóza, kutin, suberin, extensin, lignin, lanolin
6. Impregnace buněčné stěny hraje roli i při selektivním příjmu látek kořeny. Jak se jmenuje struktura vzniklá zde impregnací buněčných stěn? V jaké vrstvě se nachází?

7. K transportu látek však nedochází jen v kořeni, rozvod živin i s podílem buněčné stěny probíhá po celém těle. U rostlin rozlišujeme transport apoplastický a symplastický. Která tvrzení o transportu v rostlinách jsou pravdivá?
 - i) Apoplastický transport probíhá v dřevní části (xylému) díky propojení sousedních buněk plazmodezmy.
 - ii) Apoplasticky dochází k transportu především vody a dalších látek v ní rozpuštěných, například hormonu auxinu.
 - iii) Symplastický transport jako takový není v ovlivněn modifikací buněčné stěny.
 - iv) Apoplastický transport je v živém pletiv silně podpořen suberinizací, či lignifikací buněčné stěny.
8. Buněčná stěna poskytuje kromě výhod i zdánlivé omezení. Tím je bránění růstu na úrovni buněk. Jak se rostlinná buňka (př. v elongační fázi) vypořádá s omezující buněčnou stěnou? Jak je podle tohoto způsobu označován růst buňky?
9. Během úlohy se probralo mnoho informací o buněčné stěně. Ovšem (řečnická) otázka z úvodu nikde nebyla zodpovězena. Některé pokusy vyžadují odstranění buněčné stěny. Děje se tak pomocí enzymů celuláz degradujících celulózu mikrofibrily a působící tak rozpad stěny. Tento proces vyžaduje samozřejmě izotonické prostředí, neb jinak by buňky okamžitě popraskaly. Tedy se nyní ptám úplně vážně: „Co zbyde z ubohé rostlinné buňky po odstranění buněčné stěny?“

Úloha 3: Letem světem letem

Autor: Ivan Pavle

Počet bodů: 15

Létání představuje jednu z nejúchvatnějších schopností, kterou si některé skupiny organismů v průběhu evoluce osvojily. Cesta k aktivnímu letu však nebyla jednoduchá. Tento vývoj vyžadoval celou řadu změn a přizpůsobení, jež umožnila překonat gravitaci a pohybovat se svobodně vzduchem. Různé skupiny se vydaly odlišnými cestami k dosažení této schopnosti, což vedlo k fascinující diverzitě létajících forem. V této úloze se letmo zaměříme na evoluci aktivního letu, prozkoumáme různé cesty, kterými se tento vývoj ubíral, a odhalíme adaptace létajících skupin, jež umožnily tuto mimořádnou formu pohybu.

1. Jaké výhody přinesla organismům schopnost aktivního letu? Uveďte a stručně popište alespoň tři.
2. Je poměrně jasné, že schopnost letu není znakem, který vznikl mezi všemi létajícími skupinami jednou v některém společném předkovi. Kolikrát se tato schopnost minimálně musela odděleně vyvinout, u kterých organismů a přibližně v jaké době? Sestavte jednoduchou časovou osu.

Zaměříme se tedy postupně na létající skupiny, počínaje hmyzem.

3. Už dlouhá léta panují mezi odborníky spory, z čeho se vlastně vyvinula křídla hmyzu, struktury, bez kterých by aktivní let nebyl možný. Jaké hlavní teorie se v tomto sporu objevují? Uveďte a stručně popište alespoň tři.
4. Ačkoliv za dobu existence létajícího hmyzu došlo k mnohým adaptacím a změnám v křídlech, nacházíme i v současnosti řády, jejichž křídla bychom mohli považovat za bazální.
 - a. Které dva řády hmyzu mají nejbazálnější křídla?
 - b. Uveďte alespoň tři adaptace, úpravy, či změny ve funkci křídel, ke kterým během evoluce došlo.

Od hmyzu uděláme poměrně velký skok až k zástupcům obratlovců, kde se nyní krátce zaměříme na pterosaury.

5. Vzhledem k tomu, že fosilní záznam pterosaurů byl dlouhou dobu známý zejména z přímořských lokalit, bylo relativně dlouhou dobu spekulováno, že se většina pterosaurů diverzity vyskytovala u moří a živila se rybožravě. Co ale mohlo zapříčinit tento jev?
6. To však nebylo jedinou nejasností týkající se pterosaurů. Když byly objeveny kosti největších pterosaurů, mnozí spekulovali, že nemohli vzletnout ze země a že by se potřebovali vrhat z útesů jen pro možnost vzletět. To bylo mnohdy podporováno i modely založenými na ptačích vzletech. Tyto modely však podle kosterních pozůstatků nemusí být tak úplně správné. Jak se lišil vzlet pterosaurů od toho ptačího? Který současně žijící organismus vzlétá podobně tomuto způsobu?

Další skupinou na našem seznamu letců říše živočichů jsou ptáci, skoro synonymní s touto schopností.

7. Jaké jsou tři nejčastější teorie vzniku letu u ptáků? Stručně je popište. Která je nejčastěji akceptovaná?
8. Důležitou adaptací, kterou nacházíme u ptačích křídel bylo peří. Jaké výhody přináší? Uveďte alespoň tři. Zamyslete se i nad porovnáním opeřených křídel ptáků a jiných neopeřených létajících skupin.

Na konec úlohy se ještě krátce zastavme u letounů.

9. Křídla letounů se v mnohém podobají křídlům výše zmíněných pterosaurů. V čem se ale liší? Uveďte alespoň dva hlavní rozdíly.
10. Většina letounů se svými leteckými schopnostmi ztratila schopnost efektivnějšího pohybu po zemi. I zde však existují výjimky. Uveďte alespoň jednu z těchto výjimek. Proč má tuto schopnost?

Úloha 4 (praktická): Kdepak ty stínko úkryt máš?

Autor: Kateřina Kubíková

Počet bodů: 20

Stínky (Oniscidea) jsou jednou z mála skupin korýšů (Pancrustacea), kterým se podařilo vymanit z područí vodního světa a úspěšně dobýt souš. Stejně jako ostatní suchozemské organismy si s přechodem do terestrického prostředí musely postupně vyvinout celou řadu přizpůsobení, které jim umožňují se s nástrahami tohoto světa vypořádat. My se v této úloze zaměříme na některé z nich – konkrétně na tzv. behaviorální adaptace, respektive na to, jak si mohou stínky život na souši poněkud usnadnit výběrem vhodných míst k životu.

1. Stínky (Oniscidea) však nejsou jedinými korýši (Pancrustacea), kteří obývají terestrické prostředí. Jmenuj čtyři další skupiny korýšů, které nezávisle na sobě osídlily suchozemské habitaty (tj. tráví zde většinu života a získávají zde potravu).

Největší problém, který s sebou přechod na suchozemský způsob života přináší, je nepřekvapivě nedostatek vody, se kterým se pojí celá řada dalších svízeli. Aby mohly stínky na suché zemi pobývat (a předešly nadměrným ztrátám vody), musí si pečlivě vybírat, kde budou přebývat (tzv. behaviorální adaptace).

2. Která místa si stínky ke svému živobytí nejčastěji volí? Uveď čtyři mikrohabitaty, kde se v české přírodě obvykle vyskytují.

3. Praktickou částí této úlohy jsou dva pokusy, s jejichž pomocí zkusíš zjistit, proč právě tyto habitaty stínky vyhledávají – respektive jaké konkrétní parametry prostředí stínky preferují. K provedení těchto pokusů si budeš muset obstarat pokusné organismy – stínky. Na uskutečnění pokusů bude potřeba poměrně dost jedinců – ideálně kolem 20–30 (nebo klidně i více), přičemž nemusí všechny náležet témuž druhu, ani pocházet z téže lokality. Pokud se ti jich nepodaří sehnat takové množství, proved' experimenty alespoň s těmi, co najdeš, hrozí ovšem, že následná statistická analýza výsledků nebude tak průkazná. Kam se vydat na jejich lov, abys měl(-a) co největší šanci na úspěch, jsme si již ujasnili v předchozí otázce. Experimenty lze provést přímo v terénu, případně stínky přenést ve vhodné nádobě domů. Kromě stínek budeš k provedení pokusů potřebovat již jen nádobu, která bude sloužit jako pokusná aréna – ideální je nějaká spíše nižší krabička či jiná nádoba s průhledným víčkem (například Petriho miska) s plochou dna řádově o velikosti papíru A5, jejíž dno pokryj filtračním papírem nebo papírovým ubrouskem, dále pak tmavou neprůsvitnou desku, kterou bude možné překrýt a zatemnit celou arénu, a malé množství vody. Před zahájením pokusů rozděl arénu na dvě poloviny – naznač dělící linii například obyčejnou tužkou. Provedené experimenty průběžně dokumentuj pomocí fotografií.

- a. V prvním experimentu do každé poloviny arény umístí stejný počet stínek (polovinu ze všech stínek, které seženeš) a hned poté jednu polovinu arény zakryj tmavou deskou. Arénu umístí na světlo a po pěti minutách spočítej, kolik jedinců se nachází na každé polovině.
- b. Před druhým pokusem stínky odeber z arény, nádobu umyj vodou, vyměň filtrační papír (popř. ubrousek) a jednu polovinu filtračního papíru v aréně navlhči malým množstvím vody. Opět na každou polovinu umístí stejný počet stínek a poté celou arénu zakryj tmavou deskou. Po pěti minutách spočítej počet jedinců na každé polovině.
4. Výsledkem experimentů tedy budou dvě dvojice čísel – počty stínek na temné a osvětlené, respektive vlhké a suché polovině arény. Ale co nám tato čísla vlastně říkají? Co z nich můžeme nebo nemůžeme usuzovat? Ke správné interpretaci výsledků je nutné vyhodnocení za pomoci vhodné statistické metody. V našem případě potřebuješ ověřit, zda na základě tvých výsledků existuje statisticky významná preference některého ze studovaných faktorů prostředí. Tedy jestli to, že na jedné polovině arény bylo na konci experimentu například o tři stínky více než na druhé, znamená, že tuto polovinu stínky preferují, nebo to s velkou pravděpodobností bylo způsobeno jen vlivem náhody. K tomu můžeš použít tzv. chí-kvadrát (χ^2) test. Pomocí něho pozorované počty jedinců v dané polovině arény srovnáš s očekávanými počty jedinců v příslušných částech arény v případě, že by žádná preference prostředí neexistovala. V tom případě by pravděpodobnost, že se stínka po uplynutí pěti minut bude nacházet v temné nebo osvětlené (resp. v suché nebo vlhké) polovině, byla stejná. Očekávané hodnoty pro každou polovinu arény v obou experimentech se tedy v našem případě budou rovnat polovině všech stínek zapojených do experimentu. Kdyby stínky žádnou preferenci neměly – byly by rozmístěny v aréně náhodně, a tedy na každé její polovině by měla být polovina stínek. Chí-kvadrát zohledňuje i počet testovaných jedinců, proto pracujeme s reálnými čísly získanými v pokusu, nikoliv pouze s poměry. Vzorec pro výpočet chí-kvadrátu:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Tedy v našem případě můžeš použít vzorec:

$$\chi^2 = \frac{(o_{1. \text{ polovina arény}} - e)^2}{e} + \frac{(o_{2. \text{ polovina arény}} - e)^2}{e}$$

o... pozorovaná hodnota (observed value)

e... očekávaná hodnota (expected value)

5. Teď máš dvě čísla – výsledky svých výpočtů chí-kvadrát testů pro každý z provedených pokusů.

Tyto výsledky je třeba porovnat se standardizovanou kritickou hodnotou, která má pro náš typ experimentu hodnotu 3,84. Pokud je tvůj vypočítaný výsledek χ^2 testu větší než tato hodnota, znamená to, že stínky vykazují statisticky významnou (signifikantní) preferenci pro daný faktor na 5% hladině spolehlivosti. Tedy zjednodušeně řečeno, existuje méně než 5% šance, že stínky na daný faktor nereagují. Pokud je tvůj výsledek menší než tato hodnota, tvé stínky statisticky významnou preferenci pro daný faktor na dané hladině spolehlivosti nevykazují.

V protokolu vhodným způsobem představ své výsledky pokusů, uveď celé výpočty χ^2 testů pro oba experimenty a na základě svých výsledků rozhodni, zda stínky preferují některý z faktorů, a pokud ano, který. Odpovídají výsledky tvým předpokladům? Pokud ne, čím si to vysvětluješ? Pokud stínky na základě tvých výsledků preferují některý ze studovaných faktorů prostředí, v čem je to pro ně výhodné?

6. V příhodných mikrohabitátech se stínky často zdržují ve velkých počtech. Není to náhoda – spolu s trusem totiž vypouští agregační feromon, který láká jedince stejného druhu, a vede tak k vytváření početných agregací, ve kterých jsou stínky schopny lépe šetřit vodou.
- a. Tendence ke shromažďování by nám však mohla snadno zkazit radost z úspěšně provedeného pokusu o mikrohabitátových preferencích stínek. Vysvětli, proč a jak schopnost agregace u pokusů narušuje předpoklad nezávislých pozorování, nezbytný pro správné statistické zpracování a interpretaci dat.
- b. Navrhni, jak experiment upravit, abychom vliv agregace odfiltrovali.
7. Svá pozorování pečlivě zpracuj formou protokolu včetně všech jeho náležitostí a fotografií z průběhu pokusů. Vzorový protokol najdeš na stránkách Biozvěstu. Odpovědi na doprovodné otázky můžeš snadno zařadit do příslušných částí protokolu.

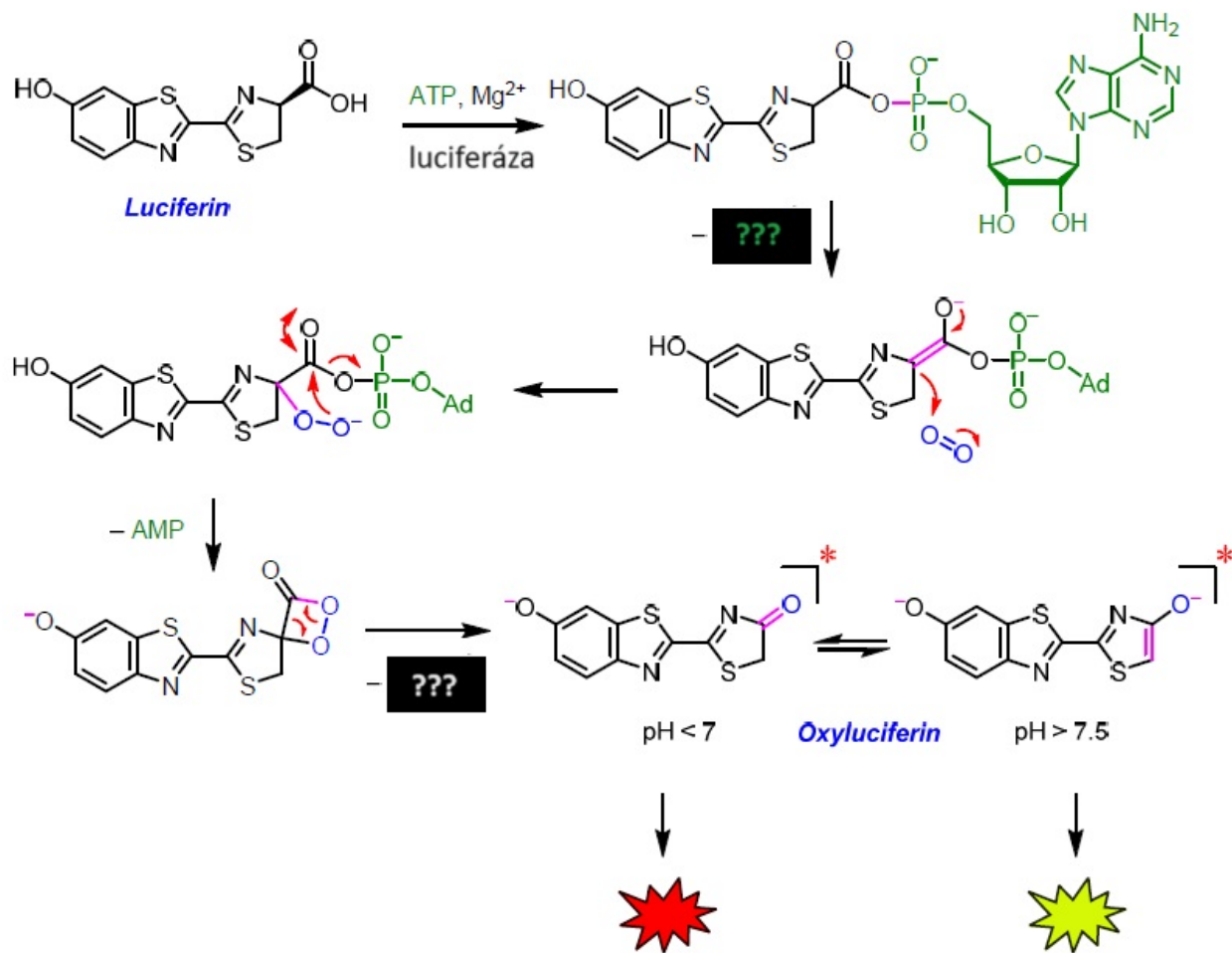
Úloha 5 (seriálová): Bioluminescence

Autor: Stanislav Jan Vašina

Počet bodů: 15

Společné téma spojující letošní seriálové úlohy je světlo, rozsvítme proto první sériovou úlohu bioluminiscencí! Bioluminescence, jak jistě víte, je souhrnný název pro schopnost některých organismů vytvářet chemickými procesy vlastní světlo. Právě na tyto biochemické procesy, i na jejich biologický přesah, se v této úloze zaměříme.

Bioluminescence má pro organismy řadu funkcí, jako je mezidruhová komunikace, varování před jedovatostí, lákání potravy nebo potencionálních roznašečů spor a další. Bioluminiscencí oplývá celá řada organismů, od bakterií přes prvoky až po houby, a dokonce živočichy. Právě u živočichů je dobré si uvědomit, že ne



Obrázek 5: Schéma oxidace luciferinu.

vždy je molekulární arsenál chemikálií na tvorbu světla přímo jejich. Například zvířata jako medúzy, žebertatky a světlušky si vyvinuly tyto světélkující pochody vlastní. Zato třeba mořští ďasové a další ryby či někteří hlavoňožci využívají bioluminiscenci symbiotických mikroorganismů.

(Za inspiraci k úloze bych rád poděkoval profesoru Pavlu Kočovskému. Chemická schémata jsem si vypůjčil z prezentace k jeho předmětu „Organic Chemistry of Biological Processes“ s kódem **MC270P99**.)

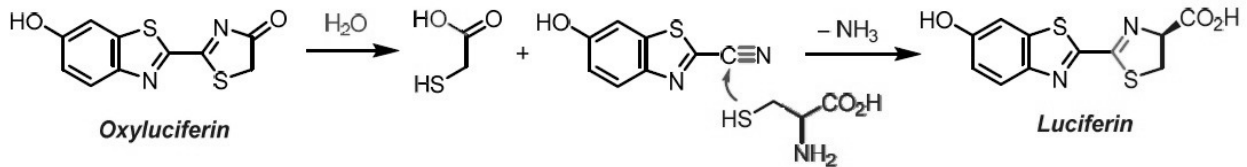
1. Začněme u oněch pohádkově vyhlížejících světlušek. Někteří z vás už možná někde slyšeli, že světlo světlušky generují oxidací molekuly luciferin na oxyluciferin. To se snadno řekne, ale jak to vlastně vypadá? Nelekejte se na první pohled složité vypadajících schémat, otázky s nimi spojené budou povětšinou prakticky spočívat v hledání rozdílů. I organická chemie se dá s chladnou hlavou logicky odvodit.

a. V prvním kroku nám k luciferinu přistupuje molekula ATP, adenosintrifosfát. Ten se jakoby rozpadne na dvě části, ta větší se připojí k luciferinu. Na obrázku 5 je nakreslena ze-

leně a samotnou bychom ji nazvali adenosinmonofosfát (adenosin dále ve schématu už značen jen jako „Ad“). Druhá, menší odpadnuvší část je označena třemi zelenými otázkami. Nakresli strukturálním vzorcem, jak tato vcelku jednoduchá molekula vypadá, a napiš, jak se nazývá.

b. Molekula z předchozí otázky v buňce dlouho nevydrží. Enzymaticky se dále štěpí. Na co? (stačí napsat, není třeba psát žádné chemické vzorečky)

c. Dále pak vidíme že na scénu přichází kyslík, tvoří peroxoskupinu, ta útočí na karbonyl, a vytěsňuje adenosinmonofosfát (AMP). Jsme nyní u molekuly těsně před oxyluciferinem. Na obrázku jsou dvě jeho formy, ketonová a enolová, které v sebe navzájem mohou přecházet v závislosti na pH. Enolová vyzařuje světlo žlutozelené, ketonová červené. Převládá, jak víme, forma, která dává za vznik světlu žlutozelenému, a to proto, že oxyluciferin vzniká v peroxisomech, kde je pH této formě odpovídající. Zajímavé je, že červené světlo by bylo světlušce k ničemu, protože světlušky, stejně jako drtivá většina ostatního



Obrázek 6: Schéma regenerace luciferinu z oxyluciferinu.

hmyzu, červené světlo nevidí. Pořádně si molekuly prohlédni. Odštěpení jaké molekuly znázorňují bílé otazníky? Jak se v biologii enzymaticky řízenému odstupu této molekuly říká?

- d. Nyní máme excitovaný oxyluciferin, který po deexcitaci excitovaného elektronu (elektron na vyšší energetické hladině spadne na hladinu nižší, čímž se uvolní energie rovna rozdílu těchto stavů v tomto případě ve formě fotonu) vystřelí buď „červený“, nebo „zelený“ foton (viz schéma, záleží na formě, jak již bylo vysvětleno). To je to zelené světluščí světlo, které vidíte na romantických procházkách v noci v temném lese. No, co ale teď s tím neexcitovaným oxyluciferinem? Ten se musí zase přeměnit na luciferin, aby celou touto kaskádou mohl projít znova. Jak se to děje, ukazuje schéma na obrázku 6.

Oxyluciferin se vodou štěpí (hydrolyza) na dvě molekuly. Po modifikaci a následném spojení těchto dvou molekul nám opět vzniká luciferin, připraven dát se do práce. Tvůj úkol je jednoduchý, zakroužkuj na prostřední části schématu, kam se poděly atomy, které procesu věnovala voda. Porovnej oxyluciferin a dvě molekuly, na které se rozpadá, a uvidíš, jaké atomy jsou tam navíc, to jsou ty od vody. (Napovím, že to budou oba vodíky i kyslík, nic nikam nemizí).

- e. Ze schématu (obrázek 5) vidíme že enolová forma oxyluciferinu po deexcitaci vyzáří „žlutozelený“ foton, jeho vlnová délka je něco kolem 560 nm. Podle níže uvedeného vztahu vypočítejte energii jednoho takového fotonu.

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

Symboły ve vzorci znamenají následující: c je rychlost světla, h je Planckova konstanta, λ je již zmíněná vlnová délka, a E je energie. Hodnoty konstant si dohledejte. Výsledek udejte v joulech.

2. Zaměřme nyní naši pozornost od světlušek a ponořme se za medúzami. Medúza *Aequorea victoria* je známá schopností produkce bílkoviny GFP (green fluorescent protein, velmi originální název). Molekulární mechanismus je zde poněkud

jiný než u světlušky. Zájemci si mohou prohlédnout schéma (obr. 7), které ho znázorňuje.

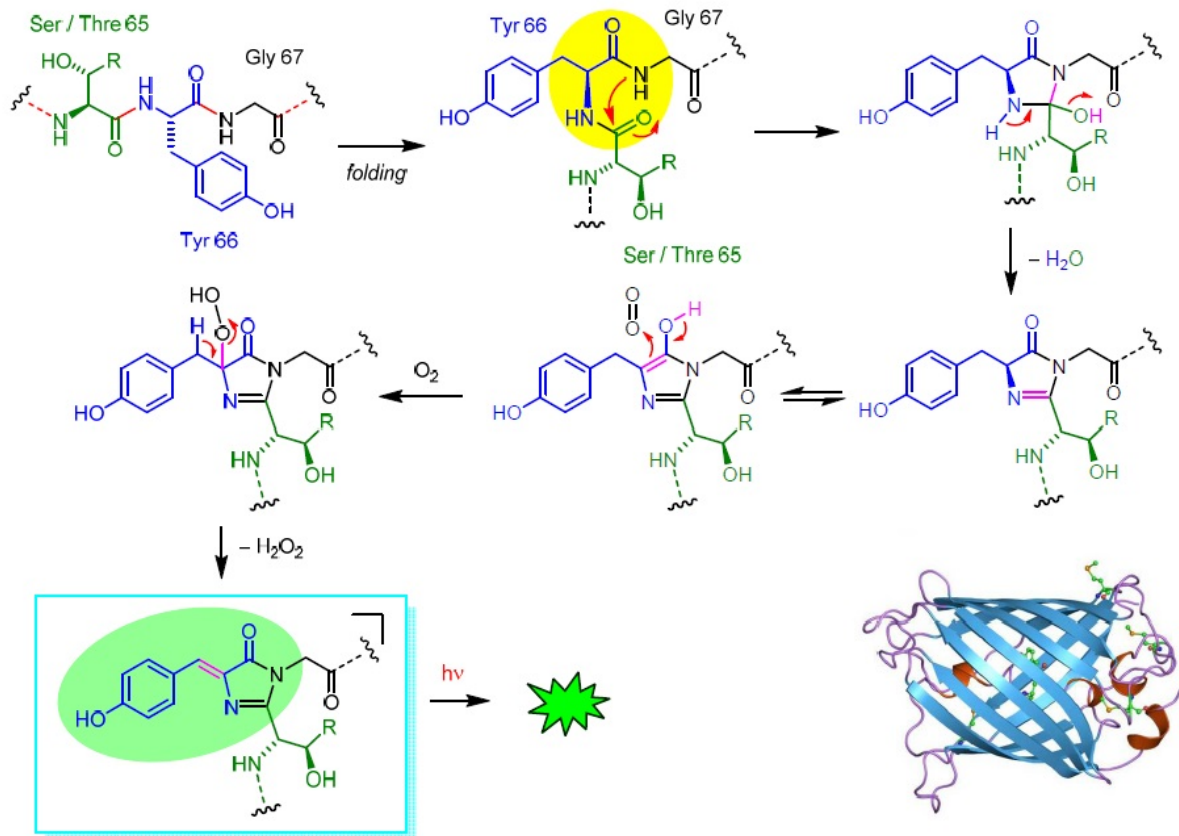
Tentokrát se schématem nebudeme pracovat tolik jako v minulé úloze. Zaměříme se ovšem na jeden zásadní rozdíl; vše probíhá v rámci jedné jediné bílkoviny. Pozornější si všimnou, že jediný vnější reaktant je zde kyslík, zbytek „svítivé části“ se skládá z jednotlivých aminokyselin bílkoviny GFP, na rozdíl od světlušek, kde jsou substrát a enzym dvě rozdílné entity. To má zásadní následky pro jeho použitelnost. Zamysli se nad využitím GFP při značení různých typů buněk a tkání (i zaživa), proč je „jednodušší“ používat GFP na rozdíl od třeba výše zmíněného luciferinu? Klidně se rozepiš, pokud tě toho napadne víc. Chtěl bych ale v odpovědi vidět zřejmě největší výhodu, která souvisí s tím, jak se GFP do živého vzorku vpravuje. Dává se do něj bílkovina přímo?

3. Již v úvodu úlohy bylo zmíněno, že některá zvířata si bioluminiscenci vypůjčila od ochočených mikroskopických symbiontů. Pojdme se na ně nyní podívat méně chemickým okem. Sepiola atlantská (*Sepiola atlantica*; obr. 8) má ve svém plášti speciální orgán, kde mohou její symbiotické bakterie druhu *Aliivibrio fischeri* hezky bydlet a svítit.



Obrázek 8: *Sepiola atlantská* (*Sepiola atlantica*) – zdroj fotografie: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Sepiola_atlantica.jpg.

- a. Tento druh bakterie žije v mořské vodě i mimo sepioly. Tam ale, zdá se, nesvítí. Popiš, jakým signalizačním mechanismem (dobrodružnější z vás mohou zkusit za bod navíc



Obrázek 7: Schéma fungování bílkoviny GFP, vpravo dole její model.

- najít i hlavní molekulární aktéry) je zajištěno, že bakterie v hlavonožci poznají že mají svítit. Napovím, že i přesto že sepiola dále své symbionty vyživuje, hledané řešení nespočívá v interakcích s olihni samotnou.
- b. Hlavní důvod, proč si hlavonožec světélkující

bakterie v plášti hezky vykrmuje je kamufláž. Kamufláž světlem? Není něco, co svítí, naopak vidět lépe? Zní to sice jako paradox, když vezmete v potaz, v jakém prostředí žije, ale jistě přijdete na to, jak to funguje. K odpovědi můžete přiložit i jednoduchý náčrt.