

# Biologický korespondenční seminář



## Biozvěst

Ročník 4

Série 2 - řešení

Milí řešitelé,

přinášíme Vám autorské řešení druhé série. Moc Vám děkujeme za všechna zasláná řešení a doufáme, že nám zachováte přízeň i v dalších sériích.

### Úloha 1: Virologie 1

Autor: Eliška Pšeničková

Počet bodů: 22

#### 1. Napište mi alespoň dvě teorie, jak mohly viry vzniknout.

Ohledně vzniku virů stále nejsou jasné odpovědi. Jedna z teorií hovoří o tzv. RNA hypotéze. Zde viry vznikly z malých samokatalytických RNA, primitivních replikonů předcházejících buněčnému světu. Další teorie hovoří například o regresivní evoluci buněčných parazitů, nebo o tom, že viry jsou podle některých ztracené nukleové kyseliny, které byly vyvrženy z genomu původních majitelů a vymkly se kontrole. Další teorie tvrdí, že viry jsou prvními „organismy“.

*celkem 2 body  
za každou teorii po 1 bodě*

#### 2. Nemají moc přesnou replikaci a je zde vysoká chybovost. Proč a u koho (myšleno u kterých skupin) je replikace nejvíc chybnější a u koho naopak nejméně?

Viry nemají moc přesnou replikaci kvůli virovým polymerázám. Nejlépe jsou na tom DNA viry, které částečně využívají hostitelskou DNA polymerázu, která je poměrně přesná. Naopak nejhůře jsou na tom RNA viry.

*celkem 2 body  
za polymerázu 1 bod,  
za DNA viry a RNA viry po 0,5 bodě*

#### 3. Pokud jde o infekci, viry mají dvě hlavní strategie. Jde o chronické a akutní infekce. Definujte je. Která infekce způsobí velké škody, dostane-li se do imunologicky naivní populace? Uveďte jeden příklad, kdy tomu tak bylo. Chronická infekce se dále dá rozdělit na perzistentní a latentní. Akutní infekce lze rozdělit také a to na produktivní a abortivní. Definujte tyto další 4 typy a přidejte alespoň jeden příklad ke každé z nich.

**Chronické infekce** jsou ty, při kterých se nikdy nevyléčí zcela. Infekce spí v gangliích, a když se u nás projeví oslabení organismu, mohou se objevit. Příkladem může být herpesvirus (opar), zosterovirus – plané neštovice – ty se u člověka nikdy nevyléčí zcela. Problém může nastat, pokud se dostanou do imunologicky naivní populace. Tak tomu bylo, když jsme přijeli do Ameriky a Indiány neúmyslně obdarovali spalničkami a neštovicemi. Jejich populace tehdy utrpěla velké ztráty.

„Podtypem“ **chronické infekce** jsou infekce perzistentní a latentní. Perzistentní infekce jsou takové, které se v hostiteli množí, ale omezeně a pomalu. Vše je kontrolováno imunitním systémem, ale i ten to není schopen zastavit. Infekce trvá několik let, končí smrtí buď viru, nebo hostitele. Příklady mohou být buď žloutenka, která způsobuje selhání jater nebo HIV, kdy selže kompletně imunitní systém.

U **latentní infekce** jde o utajenou, skrytou infekci. Příkladem chronické latentní infekce mohou být dětské neštovice, herpesvirus – opar nebo virus Epstein-Baarové (mononukleóza).

**Akutní infekce** naopak nevydrží v hostiteli příliš dlouho, musí stále infikovat znovu a znovu a tak přetrvává v rámci populace. Rozdělujeme ji na produktivní a abortivní. Produktivní infekce vnikne do organismu, masivně se pomnoží a unikne z buňky. Od nákazy k propuknutí jsou obvykle 4 dny až týden, chvíle, kdy chřipku pocítíme je okamžik, kdy se nám probudil imunitní systém. Každopádně infekční jsme byli i předtím. Příkladem může být chřipka.

Naopak **abortivní infekce** je svým způsobem „pokažená“. Virus infikuje buňku, ale v určité chvíli životního cyklu se zastaví. Infekce je neproduktivní. Výsledkem může být nádorové bujení, které způsobují například papillomaviry.

*Celkem 7 bodů  
za definice chronické (perzistentní a latentní), akutní (produktivní a abortivní) po 1 bodě (max. 4body)  
za škody v imunitně naivní populaci 1 bod  
za příklady po 0,5 bodě tzn. 4x0,5 = 2 body max.*

#### 4. Z čeho se viry skládají minimálně? Co můžou mít „navíc“?

Základní výbava virů je dědičná informace, tedy nukleová kyselina a virová kapsida, tedy obal. Nepovinnou výbavou mohou být obaly z membrán hostitelských buněk a matrix. Často mají viry v sobě proteiny, enzymy, ovšem záleží na charakteru viru a na tom, jakou výbavu potřebuje k realizaci životního cyklu.

*celkem 2 body*

*za nukleovou kyselinu a kapsidu 1 bod  
za další věci, které mohou viry mít 1 bod*

- 5. Klasifikace virů, kterou po vás teď chci je pojmenována po objeviteli reverzní transkriptázy, který za tento objev v roce 1975 dostal Nobelovu cenu. Do kolika skupin dělí viry? Definujte reverzní transkripci a přiřipšte skupiny, které jí mají.**

Jde o Baltimorovu klasifikaci virů. Viry jsou řazeny do sedmi skupin, kterými jsou: dsDNA, ssDNA, dsRNA, (+)ssRNA, (-)ssRNA a ssRNA s reverzní transkripcí a dsDNA s reverzní transkripcí. Reverzní transkripce je proces, při kterém dochází k přepisu genetické informace z RNA do DNA. Mají jí Retroviry a Hepadnaviry.

*celkem 3 body*

*za Baltimorovu klasifikaci 1 bod*

*za skupiny 0,5 bodu*

*za definici reverzní transkripce 1 bod*

*za Retroviry a Hepadnaviry 0,5 bodu*

- 6. Kde dochází ke skládání neobalených DNA a RNA virů? Kde se skládají obalené viry?**

Neobalené RNA viry se skládají v cytoplazmě, neobalené DNA viry se skládají v jádře (DNA by se jinak mohla poškodit). Obalené viry se skládají na membránách, podle druhu viru.

*celkem 1,5 bodu*

*za cytoplazmu, jádro, membrány po 0,5 bodu*

- 7. Jak očkování prováděli v Indii nebo Číně?**

V Indii a Číně vymysleli očkování živým, mechanicky oslabeným virem. V neštovicovém pupínku je hnus a v něm vir. Vzali pupínek, virus dali do misky s tloučkem a přidali třeba písek či popel a intenzivně třeli a to až tak, že virus nebyl infekční, díky mechanickému poškození. Vyrobenou směs nanášeli do nařízlé kůže na předloktí. Směs vetřeli a pak už to bylo na imunitním systému. Ten si s tím buď poradil a bylo to v pohodě, ale nebylo to podmínkou. Ne vždy se podařilo virus zabít v misce s tloučkem.

*celkem 1,5 bodu*

- 8. Vysvětli rozdíl mezi pasivní vakcínou a aktivní vakcínou živou a mrtvou. Kdy se podává?**

Pasivní vakcína vpravuje do těla přímo protilátky. V těle vydrží přibližně 2-3 týdny. Podává se až poté, co byl člověk nakažen. V případě epidemie je možné podání i neexpozici.

Aktivní vakcína stimuluje imunitní systém, aby protilátky vytvořil sám. Má dva druhy – aktivní vakcína živá a aktivní vakcína mrtvá. Při podání mrtvé se vpravují usmrcené virové částice nebo prázdné částice., případně je části virů, virové proteiny. V případě živé vakcíny je podán oslabený (atenuovaný) virus, který ovšem není schopen infikovat hostitelskou buňku a odolávat imunitní reakci.

*celkem 3 body*

*za pasivní vakcínu 1 bod*

*za aktivní živou vakcínu 1 bod*

*za aktivní mrtvou vakcínu 1 bod*

## Úloha 2: Podzimní

Autorka: Anna-Marie Buková

Počet bodů: 20

Podzim je obdobím roku, které je charakteristické nejen opadáváním barevného listí. O tom se přesvědčil i Bioslav, když se jednou ráno probudil s kašlem a teplotou. Protože měl před sebou důležitý den, rozhodl se, že nezůstane doma, ale pokusí se nastupující nemoc nějak překonat. Místo kávy si uvařil průduškový čaj a na cestu si nabral trochu sušené vrbové kůry.

- 1. Proč si Bioslav na cestu vybral zrovna tuto netradiční „pochoutku“? Jakou látku kůra obsahuje a jak by mohla pomoci Bioslavovi překonat zdravotní problémy?**

Bioslav pravděpodobně nezvolil konzumaci vrbové kůry kvůli její gurmánské hodnotě, ale protože obsahuje kyselinu salicylovou, která mu pomůže od vyšší teploty.

*1 bod*

První část dopoledne se Bioslav cítil lépe, s blížícím se obědem se však nemoc začala znovu hlásit o slovo. Nakonec mu bylo ještě hůře, než když se ráno probudil. Protože už neměl žádnou zázračnou kůru, rozhodl se vyzkoušet nedalekou

lékárně. Tam si koupil přípravek, který obsahoval sloučeninu A, která je modifikací látky z první otázky.

**2. O jakou látku se jedná? Jaký je komerční název přípravku, který ji obsahuje?**

Jedná se o kyselinu acetylsalicylovou, která je obsažena např. v aspirinu.

*1 bod*

Látka A je schopna inhibovat enzym, který se u člověka nachází ve třech formách, přičemž třetí forma enzymu je posttranslační modifikací formy první. Tento enzym je důležitým katalyzátorem biosyntézy látek lipidické povahy, které se uplatňují mj. při srážení krve či v některých reakcích imunitního systému.

**3. O jaký enzym se jedná? Jeho substrátem je látka B, produktem látka C, která je prekurzorem pro další biosyntézy. Identifikujte obě látky.**

Jde o cyklooxygenázu (COX). Substrátem tohoto enzymu je kyselina arachidonová, produktem reakce je prostaglandin  $H_2$  ( $PGH_2$ ).

*celkem 3 body*

Látka C je substrátem pro nespočet dalších enzymů, např. pro enzym Z.

**4. Co se skrývá pod označením enzym Z? Jeho substrátem je látka C, produktem látka D, která se chová jako tzv. endogenní pyrogen a má mj. vazodilatační účinky. Její molekulová hmotnost je přibližně 352 g/mol. Jaký je název látky D a pod jakým jménem je známá v medicíně?**

Enzymem Z je tzv.  $PGE_2$  syntáza. Produktem reakce je prostaglandin  $E_2$  ( $PGE_2$ ), v medicíně označovaný jako dinoproston.

*celkem 2 body*

**5. Diskutujte, proč se látka D chová jako vazodilatant. Jaké další bioaktivní lipidy, jejichž syntéza vychází z látky C, patří mezi vazodilatanty? Uveďte dvě takové sloučeniny. Je děj, který po vazodilataci v ideálním případě při infekci následuje, nástrojem specifické či nespecifické imunity?**

Vazodilatace napomáhá při transportu látek z krevního séra do cílové tkáně. Protilátky a složky komplementu nejsou totiž za normálního stavu přítomné ve tkáních, ale právě v krvi. Tím vazodilatace napomáhá např. fagocytóze, která je složkou nespecifické imunity.

Dalšími vazodilatanty jsou například prostaglandin  $D_2$  ( $PGD_2$ ) a prostacyklin.

*celkem 2 body*

Látka A je v malých dávkách podávána ženám, které opakovaně potrácejí v důsledku onemocnění, které se projevuje např. zvýšenou srážlivostí krve. Lidé trpící tímto syndromem mají v krvi protilátky typu IgM a IgE, namířené proti fosfolipidům.

**6. Jak se jmenuje zmíněný syndrom? Čím je na buněčné úrovni způsoben?**

Onemocnění je označováno jako tzv. antifosfolipidový syndrom (APS). Je způsoben přítomností protilátek IgM nebo IgG proti fosfolipidům membrán a těch složek hemokoagulačních faktorů, které mají charakter fosfolipidů.

*celkem 2 body*

Další látkou, která může vzniknout ze sloučeniny B, je látka E, která je jedním z nejdůležitějších chemotaktických faktorů. Tuto biosyntézu v prvním kroku katalyzuje enzym ze skupiny lipooxygenáz.

**7. Co se ukrývá pod označením látka E? Co znamená, že je chemotaktickým faktorem a jaký je význam takových látek pro imunitu organismu?**

Jde o leukotrien  $B_4$  ( $LTB_4$ ), což je látka, která se chová jako chemotaktický faktor pro neutrofile a makrofágy. Chemotaktické faktory jsou pro imunitu významné hlavně proto, že nalákané zánětlivé buňky jsou schopné usmrtit mikroorganismy, které zánět vyvolaly, a následně regulovat další průběh zánětlivé reakce. Některé složky imunitního systému se podílejí i na navazujícím procesu hojení.

*celkem 2 body*

**8. Jaké typy leukocytů látka E láká?**

Leukotrien  $B_4$  láká makrofágy a neutrofile.

*1 bod*

K aktivaci zmíněné lipooxygenázy je třeba přítomnosti integrálního proteinu, který funguje jako jeho kotva. Jedna z jeho lidských forem je kódována genem o 615 bázích s následující sekvencí:

1 gttcgttgcaacaaattgatgagcaatgctttttataatgccaaactttgtacaaaaaag  
 61 ttggcatggatcaagaaactgtaggcaatggtgtcctgttggccattgtcaccctcatca  
 121 gcgtggccagaatggattctttgccataaagtggagcacgaaagcaggaccagaatg  
 181 ggaggagccttccagaggaccggaacacttgcctttgagcgggtctacactgccaaaccaga  
 241 actgtgtagatgctgaccccaactttcctcgctgtgctctggctctgctgggctactttgca  
 301 gccaaagttcctgctgctgcttctgctggactgatgtacttggtttgtagaggcaaaagtactttg  
 361 tcggttacctaggagagagaacgcagagcaccctggctacatatttgggaaacgcatca  
 421 tactcttctgttctctcatgtccgttggctggcatattcaactattacctcatcttctttt  
 481 tcggaagtgactttgaaaactacataaagacgatctccaccaccatctcccctctacttc  
 541 tcaattccctaagcaactttctgtacaaagtggcattataagaaagcattgtcttatcaa  
 601 tttggtgcaacgaac

**9. Kolik aminokyselin by obsahoval výsledný protein za předpokladu, že by byly nukleotidy přeloženy do jazyka proteinů? Při hledání počátku čtecího rámce jako počátek translace označte až čtvrtou sekvenci nukleotidů odpovídající počáteční aminokyselině.**

Obsahoval by 161 aminokyselin.

1 bod

**10. Jaká je sekvence mRNA odpovídající DNA sekvenci v červeném rámečku?**

mRNA → agc uuc cag agg acc gga

1 bod

**11. Jaké aminokyseliny kódují sekvence v zelených rámečcích?**

1. zelený rámeček = fenylalanin – alanin – glycín – leucin – methionin – tyrosin – leucin
2. zelený rámeček = izoleucin – prolin – stop kodon

celkem 2 body

**12. Jak se jmenuje gen, kterému patří výše uvedená sekvence?**

Gen se jmenuje *ALOX5AP*.

1 bod

**13. Jak se jmenuje protein, který vzniká expresí tohoto genu?**

Jmenuje se arachidonát 5-lipoxygenázu-aktivující protein (alternativně FLAP, Alox5AP).

1 bod

### Úloha 3: Strelitziaceae

Autor: Jakub Hradečný

Počet bodů: 22

Čeď Strelíciovitě je nenápadným členem početného a ekonomicky i gastronomicky významného řádu *Zingiberales*, kam spolu s nimi patří také banánovníky, zázvory a další převážně tropické byliny. Se Strelíciemi se můžete běžně setkat jako s řezanými květinami na pultech každého většího květinářství. Je to způsobeno především exotickým vzezřením jejich květů, konkrétně u známého druhu *Strelitzia reginae*. Jak se ale brzy sami dozvíte, čeď obsahuje i rostliny daleko větší. S těmi se můžete setkat převážně na dovolených, kde bývají často vysazovány jako příjemná dekorace slunných riviér.

**1. V první otázce se stručně seznámíme s celou nevelkou čeledí, které se věnuje tato úloha. Protože se jedná o velmi malou čeď, tak vypište všechny druhy této čeledi, a u každé ho druhu uveďte jeho přirozené rozšíření. U rozšíření nestačí kontinent, ale je třeba blíže určit, v jaké oblasti se vyskytují (například: *Agapornis personatus* – Severozápadní Tanzanie).**

*Phenakospermum guianense* – Surinam, Francouzská Guyana, Brazílie – východní Amazonie

*Ravenala madagascariensis* – Madagaskar

*Strelitzia alba* – pobřežní oblasti Kapské oblasti, Jihoafrická republika

*Strelitzia caudata* – horské oblasti Zimbabwe, jižního Mosambiku a severní oblasti Jihoafrické republiky

*Strelitzia juncea* – jihovýchod Jihoafrické republiky, severně od Port Elizabeth

*Strelitzia nicolai* – pobřeží Jihoafrické republiky, horské oblasti Mosambiku, Botswany a Zimbabwe

*Strelitzia reginae* – provincie Východní Kapsko a KwaZulu – Natal v Jihoafrické republice

celkem 7 bodů  
za každý druh ... 0,5 bodu,  
za rozšíření 0,5 bodu.

2. V následujících dvou otázkách se blíže podíváme na životní prostředí strelíciovitých rostlin, a na jejich přizpůsobení danému prostředí. Většina rostlin z čeledi *Strelitziaceae* jsou dřeviny s vějířem řapíkatých kožovitých listů na vrcholu kmene. Vypište druhy, které odpovídají tomuto popisu. Protože už máte z první otázky vypracovaný seznam všech strelícií, tak vám zbyly dva druhy, které popisu výše neodpovídají. Napište o které dva druhy se jedná, vysvětlete, co je příčinou jejich rozdílnosti a jaká část jejich těla byla této změně podřízena (v co se přeměnila). Dále napište, u jakého jiného řádu jednoděložných rostlin nacházíme jedince vytvářející dřevnatý stonek (kmen), stručně vysvětlete, jak se dřevo jednoděložných liší od dřeva dvouděložných a zkuste vymyslet, jaké oproti nim může mít potenciální výhody (alespoň 2).

Všechny druhy z úlohy č.1., kromě *Strelitzia juncea* a *Strelitzia reginae*. Ty mají silně redukovaný stonek, a většina jeho hmoty je soustředěna do podzemní části – do oddenku. Ostatní druhy vytvářejí oddenek také, ale zároveň tvoří silné kmeny vynášející vějíř listů vysoko nad okolní vegetaci. Jinými jednoděložnými řády, které také vytvářejí dřevnatý kmen jsou *Arecales* (Arekotvaré), *Pandanales* (Pandanotvaré) a *Asparagales* (Chřestotvaré). Dřevo všech jednoděložných se od dvouděložných liší především tím, že postrádá kambium, což se projevuje tím, že nevytváří soustředné letokruhy, ale na příčném průřezu má homogenní strukturu. Kvůli tomu se kmeny jednoděložných velmi špatně větví (například Yuky to ovládají trochu lépe, ale palmy ani strelície vůbec). Potenciálními výhodami takového dřeva může být například vysoká pružnost kmenů, která značně zvýhodňuje palmy oproti jiným stromům při prudkých poryvech větru (můžete se podívat na video z oblasti zasažené tropickou bouří – většina stromů bývá polámaná, jen palmy bouří přečkají bez úhony), nebo rychlejší růst, který je usnadněn strukturou dřeva.

Celkem 3,5 bodů  
za zmínku o oddenku 1 bod,  
za řád *Arecales* 0,5 bodu,  
za zmínku o kambiu 0,5 bodu,  
za vlastnosti dřeva jednoděložných 0,5 bodu,  
za výhody dřeva jednoděložných 1 bod.

3. Nyní se podíváme na přizpůsobení listů strelícií. Druhem, na který se zaměříme, bude známá *Strelitzia reginae*. Její listy jsou pokryty tlustou voskovitou vrstvou, která nám může na první pohled připadat v kontrastu s pletivem, které se nalézá uvnitř řapíků. Toto pletivo najdete na obrázku č.3. Popište, jaké pletivo se nachází uvnitř řapíků *S. reginae* a k čemu toto pletivo slouží. Dále napište alespoň 2 druhy rostlin volně rostoucích na území České Republiky, u kterých toto pletivo nacházíme také. Na základě těchto poznatků zkuste popsat podmínky, ve kterých se *S. reginae* vyskytuje. Vezměte v potaz i obrázky č.4. a č.5., na kterých je zobrazen příčný řez kořenem *S. reginae*. V poslední části této otázky najdete, kterému druhu z této nevelké čeledi se přezdívá „Poutníková palma“ a vysvětlete, proč toto označení vzniklo.

Uvnitř řapíků se nachází pletivo aerenchym. Toto pletivo je tvořeno parenchymem s velkými mezibuněčnými prostory a slouží k provzdušnění míst v rostlině, která jsou umístěna pod vodní hladinou. V České Republice se s tímto pletivem můžeme setkat typicky u vodních, popřípadě bahenních rostlin, jako jsou Sítina rozkladitá (*Juncus effusus*), Rákos obecný (*Phragmites australis*) nebo Orobinec široolistý (*Typha latifolia*). Díky tomu lze usuzovat, že *Strelitzia reginae* roste v zamokřených oblastech. K tomu ale příliš nenabádají další dva znaky, tedy silné, kožovité listy a dužnaté kořeny, které zjevně aerenchym postrádají. *Strelitzia reginae* totiž roste v místech při okrajích vodních toků, které mohou být po prudkých deštích i na několik dní ponořena pod vodu, ale díky aerenchymu a voskovité vrstvě chránící řapíky z vnějšku nedojde ke hnilobě a rostlina zamokření přežije. O několik dnů či týdnů později však může být rostlina vystavena jinému extrému, tedy dlouhotrvajícímu suchu. Tomu se rostlina brání, jak je patrné z fotografií, ukládáním vláhy v kořenech, díky kterým snadno přečká období sucha.

Poutníková palma se přezdívá strelíci *Ravenala madagascariensis*, která ve svých velkých listových pochvách zachycuje velké množství vody, která mohla posloužit jako zdroj pitné vody lidem, kteří v suchých oblastech madagaskaru hynuli žízni.

Celkem 7,5 bodů  
za zmínku o aerenchymu 2 bod,  
za vysvětlení funkce aerenchymu 0,5 bodu,  
za každý druh vyskytující se v ČR 0,5 bodu,  
za popis prostředí, ve kterém roste *S. reginae* 3 body,  
za *Ravenala Madagascariensis* a důvod pojmenování 0,5 bodu.

4. Při pohledu na květy strelícií se jistě okamžitě nabízí otázka, jak mají rostliny zařízené opylování. Napište alespoň jeden řád savců a jednu čeleď ptáků, kteří slouží strelíciovitým rostlinám jako opylovači. Určete,

**květy kterého druhu z této čeledi navštěvuje vačnatec *Caluromys philander*, a jaký má vačnatec k rostlině ekologický vztah.**

Savčími řády, které prokazatelně navštěvují květy rostlin z této čeledi jsou *Chiroptera* (letouni) a *Primates* (primáti). Ptačí čeledi jsou *Nectariniidae* (strdimilovití), z řádu pěvci. Vačnatec *Caluromys philander* se vyskytuje v Jižní Americe, tudíž je jediným druhem, který může navštěvovat *Phenakospermum guianense*. *Caluromys* však rostliny neopyluje, ale přizívuje se na pylu rostliny. Je tedy fakultativním (příležitostným) parazitem.

celkem 2,5 bodu,  
za každý řád/čeleď... 0,5 bodu,  
za druh *Phenakospermum* 0,5 bodu,  
za ekologický vztah 0,5 bodu.

**5. V poslední otázce stručně popište, jakým způsobem dochází k přenosu pylu na opylovače. Určete druh květenství, který strelície vytvářejí (pomoci vám mohou fotografie č.1. a 2.) a pojmenujte zakroužkovaný útvar na obrázku č. 2.**

K opylení dochází ve chvíli, kdy opylovač dosedne na přeměněný korunní lístek (modrý), který se pod vahou opylovačova těla podélně rozevře. Uvnitř tohoto lístku jsou vedle sebe poskládány tyčinky. Po dosednutí opylovače a rozevření lístku se pyl nalepí opylovači na nohy a břicho.

Květenstvím všech rostlin čeledi *Strelitziaceae* je vijan. Zakroužkovaný útvar na obrázku č.2. je blizna, která je vynesena na pevných čnělkách vysoko nad prašníky. O ni se opylovači otírají při přistávání na květ.

celkem 2 body,  
za vysvětlení principu opylení 1 bod,  
za určení květenství 0,5 bodu,  
za zakroužkovaný útvar 0,5 bodu.

#### Úloha 4 (experimentální): Růst velikosti populací

Autor: Jiří Hadrava

Počet bodů: 13

Ať už se budeme zabývat ekologií, zoologií, nebo i praktickou ochranou přírody, může se nám hodit umět předvídat, jak se může měnit velikost populace (počet jedinců v populaci) určitého druhu. Vlivů, které se podílejí na změnách velikosti populace je však spousta a není možné je všechny podchytit. V této úloze proto budeme pracovat s tzv. modely. Modelem v ekologii myslíme nějaký zjednodušený popis reality, který dokážeme formálně (např. pomocí matematických rovnic) popsat a díky tomu s ním pak dále pracovat, např. počítat, jak se bude modelem popsán systém vyvíjet v budoucnosti. Pro takovéto použití mají modely jednu zásadní nevýhodu: nepopisují skutečnou přírodu, ale pouze naši představu o přírodě. Na druhou stranu, když ekologický model vytvoříme, tak pak přesně víme, které přírodní procesy jsme při vymýšlení modelu vzali v potaz a jaké jejich působení jsme předpokládali. Když následně zjistíme, že předpovědi udělané na základě našeho modelu se výrazně liší od pozorované skutečnosti, víme, že jsme něco důležitého zanedbali nebo na to zapomněli. Model pak můžeme zkusit dále rozšiřovat a doplňovat, takto obohacené varianty modelu pak znovu porovnávat s realitou a na základě toho nahlédnout, jak významné jsou které složky modelu pro popis přírodních dějů. V této úloze si právě vyzkoušíme vytvořit model, který bude schopen popsat změny ve velikosti populace.

Při prvním přiblížení si můžeme představit, že každý jedinec za život vyprodukuje určitý počet svých potomků, průměrný počet potomků na jedince si označíme řeckým písmenem  $\lambda$ . Pro jednoduchost budeme uvažovat druh, který nemá překrývající se generace, tzn. rodičovská generace třeba naklade vajíčka a vymře, z vajíček teprve poté vznikne  $\lambda$ -krát tolik nových jedinců. Pokud tedy na počátku máme  $N_0$  jedinců, po jednom roce jich bude  $N_0 \cdot \lambda$ . (Pokud chceme uvažovat o pohlavně se množícím druhu, u něhož by jeden jedinec potomky sám mít nemohl, představme si, že v tomto výpočtu nepracujeme se všemi jedinci, ale pouze se samicemi a hodnota  $\lambda$  udává, kolik samic bude mít v potomstvu jedna samice.)

**1. Kolik jedinců by podle tohoto modelu měla čítat populace za  $x$  generací?**

$$N_0 \cdot (\lambda^x)$$

**2. Pokud bychom si vykreslili graf znázorňující závislost velikosti populace (svislá osa) na čase (vodorovná osa), jakou křivku bychom dostali?**

Dostali bychom exponenciální křivku.

**3. Ustálí se podle tohoto modelu velikost populace na nějaké stabilní hodnotě? Pokud ano, tak na jaké?**

Neustálí, populace poroste do nekonečna.

4. Zkusme si nyní tento model aplikovat na reálný příklad. Abychom splnili podmínky modelu, uvažujme příklad kudlanky nábožné - to je jednoletý druh, který se na jaře vylíhne z vajíček, přes léto dospěje, na podzim se spáří a naklade vajíčka. Zimu přežijí pouze vajíčka, takže nedochází k překryvu generací. Uvažujme, že z vajíček jedné samice se v průměru vylíhne 200 potomků, z toho však pouze 10% přežije do doby svého vlastního rozmnožení. Máme-li např. populaci čítající 100 jedinců kudlanky nábožné, kolik jedinců by podle našeho modelu měla tato populace čítat za 20 let? (Nezapomeňte, že kudlanky jsou pohlavně se množící živočichové, poměr pohlaví předpokládejme přesně 1:1.)  
Za dvacet let by populace měla  $2 \cdot 50 \cdot (10^{20}) = 10^{22}$  jedinců.
5. To je docela velké číslo... abychom si ho mohli lépe představit, řekněme, že plocha Země je 500 milionů kilometrů čtverečních. Kolik kudlanek z naší populace by v průměru mělo za dvacet let žít na jednom metru čtverečním Země?  
Bylo by to až 20 milionů kudlanek!
6. Je zřejmé, že náš model nepopisuje růst populací příliš věrně, patrně jsme v něm tedy opomenuli nějaký významný proces. Tím procesem je limitace populačního růstu omezeným množstvím zdrojů. Pro její zanesení do modelu si definujme veličinu  $K$ , která nám bude udávat, jaký je maximální počet jedinců (resp. samic) příslušného druhu, kteří v daném prostředí mohou žít (např. kvůli limitovanému množství potravních zdrojů). Jak se veličina  $K$  nazývá?  
Nosná kapacita prostředí.
7. Model si postavíme následovně: Veličina  $\lambda$  pro nás přestane být konstantním číslem, ale stane se funkcí závislejší na aktuální velikosti populace  $N$ . Pokud je zdrojů neomezeně (poměr stávající velikosti populace  $N$  ku hodnotě  $K$  se bude blížit nule), každý jedinec vyprodukuje  $\lambda_0$  jedinců tak, jako v prvním modelu. Jak však velikost populace  $N$  poroste,  $\lambda$  bude lineárně klesat tak, že ve chvíli, kdy se  $N$  bude rovnat  $K$ , bude mít  $\lambda$  hodnotu 1, populace se tedy nadále nebude ani zvětšovat, ani zmenšovat. Pokud by bylo  $N$  větší než  $K$ ,  $\lambda$  bude dál lineárně klesat a velikost populace tedy bude za této situace do následujících generací klesat. Napište rovnici této klesající přímky závislosti  $\lambda$  na poměru  $N$  ku  $K$ . Hodnotu  $\lambda$  v případě nulového poměru  $N/K$  si označme  $\lambda_0$ .  
Růstový model bude mít funkci  $\lambda = \lambda_0 - (\lambda_0 - 1)N/K$
8. Jak se nazývá funkce, která popisuje průběh růstu populace, k němuž pomocí tohoto modelu dojdeme?  
Jedná se o logistickou funkci.
9. Nyní si zkusíme tento model nasimulovat v tabulkovém editoru, jako je Microsoft Office Excel nebo Open Office Calc. V tabulce si jeden řádek vyhradíme na hodnoty  $N$ , na začátek si do něj můžeme napsat např. 10. Na dalším řádku si pak budeme počítat hodnoty  $\lambda$ , pro začátek si do něj však vypíšeme hodnotu  $\lambda_0$ , třeba 1,4. Někam bokem si ještě poznamenujeme hodnotu  $K$ , např. 100. Pomocí vypsání vzorce do tabulky si nyní spočítáme, jaká by při našem poměru  $N/K$  měla vyjít aktuální hodnota  $\lambda$ . Do políčka napravo od naší počáteční hodnoty 1,4 napíšeme vzorec ze sedmé otázky s odkazy na políčka vyplněná příslušnými hodnotami  $N$ ,  $K$  a  $\lambda_0$ . (Vzorce se do tabulek typu Excel či Calc vyplňují tak, že se text uvede znakem = a následně píšeme matematickou rovnici, v níž proces násobení znázorníme hvězdičkou a dělení lomítkem, závorkami můžeme zadat, které operace mají mít přednost.) Pokud rovnici zadáme správně, měla by nám vyjít hodnota 1,36. Podle té nyní můžeme spočítat, na jakou velikost naroste populace do následující generace. Vedle hodnoty  $N$  si napíšeme vzorec, který spočítá velikost populace vynásobením té předcházející hodnoty aktuální hodnotou  $\lambda$ . Nevšímejme si, že nemusí vyjít celočíselná hodnota. Nyní můžeme vzorec roztáhnout na další generace uchopením a odtážením doprava pravého dolního rohu políčka, v němž je vzorec zapsaný. Pohlíďte si, zda hodnoty  $\lambda$  vycházejí v následujících polích vždy z aktuální (jednu generaci staré) hodnoty  $N$  a ze stále stejné hodnoty  $K$  (automatickému posunu políčka, z něhož bude  $K$  čteno, zabráníte před roztážením vzorce tím, že před odkaz na příslušné políčko vyplníte znak \$). Hodnoty  $N$  by měly vycházet vždy z aktuální hodnoty  $\lambda$  a z hodnoty  $N$  předešlé generace. Jaká bude velikost populace našeho modelového druhu za deset generací?  
Za deset generací bude mít populace 84,86 jedinců (to je samozřejmě teoretický výsledek, v reálu bude počet jedinců celočíselný).
10. Nyní si můžete s modelem hrát. Zkuste měnit vstupní parametry a sledujte, jak na to bude nárůst populace reagovat. Povšimněte si při tom jedné věci: Pokud nastavíte hodnoty  $\lambda_0$  příliš velké (např. 4 při ponechání  $N_0 = 10$  a  $K = 100$ ), populace nebude povolna narůstat k hodnotě  $K$ , ale objeví se nám i hodnoty  $\lambda$  menší než 1, tedy že velikost populace bude klesat. Jak je to možné? Popište proces, který vede k tomu, že populace



**podle tohoto modelu může i klesat a ne jen pomalu růst a konvergovat ke  $K$ .**

Je to proto, že  $\lambda$  reaguje na velikost populace se zpožděním. Pokud velikost populace roste rychle, může  $N$  z generace na generaci poskočit natolik, že překročí hodnotu  $K$  dřív, než se  $\lambda$  dokáže příslušně zmenšit. Ve chvíli, kdy je  $N$  větší než  $K$ , vyjde hodnota  $\lambda$  menší než 1, a populace tedy klesá. Různým nastavením parametrů tohoto modelu lze vytvořit jak populaci pomalu rostoucí a blížící se ke  $K$ , tak populaci pravidelně cyklující okolo  $K$ , nebo populaci, která bude okolo hodnoty  $K$  kolísat zcela nepravidelně (chaoticky). Takovýto model může dokonce stačit k vysvětlení vymření populace.

*za prvních osm otázek po 1 bodu,  
za poslední 2 otázky celkem 5 bodů*

**Úloha 5: Ledviny a udržování homeostázy**

Autor: Kristýna Minářová

Počet bodů: 20

V této úloze jste se seznámili s možnostmi laboratorní diagnostiky poškození ledvin a jejich významu pro reálné pacienty. Pro hodnocení laboratorních parametrů ledvin jsou nejdůležitějšími parametry: močovina, kreatinin a iontoqram. Nicméně nikdy nelze zcela opomenout anamnesu pacienta. V prvním případě se jedná o toxikomanku, které selhává srdce při infekční endokarditidě, v druhém případě se jedná o alkoholika s hnisavým zánětem mozgových blan na kortikoterapii a do třetice pacientka s polycystickými ledvinami, která měla tu smůlu, že několik týdnů dopředu objednaný termín na magnetickou rezonanci vyšel do těch největších veder, která v létě byla. Při znalosti všech těchto podmínek jste se pokoušeli zreprodukovat, co se vlastně s jejich ledvinami stalo. Níže vám vysvětlím, jak jsem se k jejich výsledkům postavila já coby jejich ošetřující lékař.

**1. 26-letá toxikomanka s chronickou virovou hepatitidou C přijata pro 4. ataku infekční endokarditidy na náhradě mitrální chlopně. Endokarditida je infekce chlopní, u narkomanů poměrně častá. Na echu srdce měla zjištěnou rozsáhlou vegetaci na mitrální chlopni, která ucpávala ústí a bránila průtoku krve. Dále měla vyprázdňený absces, nyní již pouze dutinu, mezi aortální a mitrální chlopní, rozsáhlé vlnající vegetace bakterií na mitrální chlopni a dosahující až na aortální chlopeň, kde tvořily další endokardiální ložisko. Celková schopnost srdce jako pumpy byla velice nízká. Původcem byl *Stafylococcus aureus*, proto podáván Vankomycin, Oxacilin a Rifampicin. Protože při předchozích atakách měla jako původce kvasinku, byla podávána antimykotika. Pacientka měla vstupně normální hodnoty urey, kreatininu, jaterních testů a iontoqramu. Během hospitalizace náhle došlo k vysokému vzestupu jaterních testů, proto byly vysazeny všechna antibiotika kromě Vankomycinu. Při další kontrole výrazně stoupla jednak plasmatická hodnota kreatininu, urey pouze mírně. Zároveň zjištěna velmi vysoká hodnota Vankomycinu. Dále byla naměřena mimořádně vysoká hodnota draslíku. Vankomycin byl tedy rovněž vysazen, byla podávána pouze glukosa. Nejdříve došlo k poklesu jaterních testů, posléze i hodnot kreatininu, urey a draslíku. Vankomycin byl zpět do léčby vrácen při poklesu pod terapeutické rozmezí, i přes to hodnota ledvinných parametrů a draslíku zůstala v normě.**

**a. Z jakých příčin došlo u pacientky k poškození ledvin? Vzhledem ke známým skutečnostem nejspíše nepůjde o jednu příčinu, ale o souběh několika faktorů. Pokuste se jich vymyslet co nejvíce a zamyslet se nad tím, které se na poškození podílí více a které méně.**

Jak je již zmíněno v otázce, opravdu se bude jednat o multifaktoriální jev. Vzhledem k tomu, jak prudce jí stouply jaterní testy, došlo k akutnímu selhání jater. Při akutním jaterním selhání se uplatňuje tzv. hepatorenální syndrom, při kterém se redistribuuje krev v ledvinách a dochází k jejich selhání. Další příčinou, která bude mít přibližně stejný podíl na ledvinném selhání, bude toxická dávka Vankomycinu, jehož hlavním nežádoucím efektem je nefrotoxická poškození ledvin. Samozřejmě, otázkou je, jestli bylo dříve poškození ledvin v důsledku selhání jater a následkem toho zhoršení vylučování Vankomycinu, což by vyústilo v jeho toxické množství, nebo jestli měla toxickou hladinu již před tím v důsledku kombinace s Rifampicinem, který zpomaluje jeho degradaci a následně poškození ledvin. Vzhledem k dalšímu průběhu, kdy bylo velmi obtížné udržet hladinu Vankomycinu v terapeutickém rozmezí i přes normální ledvinové funkce soudím, že podíl Vankomycinu nebyl tak velký, jak by se mohlo na první dojem zdát. Dalším potenciálním faktorem pro ledvinové poškození byla hypoxie ledvin daná nízkým perfusním tlakem při srdečním selhání. Samotný fakt, že pacientce selhávalo srdce, by mělo vést ke špatnému prokrvení ledvin, což se samozřejmě musí dříve či později projevit na jejich funkci. Pravdou ale je, že i navzdory vysoké tepové frekvenci a velice špatné systolické funkci komor měla pacientka po celou dobu normální krevní tlak, takže podíl srdečního selhání u ní nehrál takovou roli, jaká by mu dle knížek příslušela.

**b. Během hospitalizace došlo u pacientky k srdeční zástavě. Proč? (Samozřejmě, existuje velmi mnoho možností, zvláště u srdeční endokarditidy takového rozsahu, ale pokuste se přijít na ten, který souvisí s laboratorními parametry. Pochopitelně můžete být kreativní a vymyslet i další možné příčiny)**

Vzhledem k selhání ledvin došlo k maligní hyperkalemii, tedy vysoké plasmatické hodnotě draslíku, což nejspíš vyvolalo maligní arytmii a vedlo k srdeční zástavě. Z dalších příčin, které mohly vést k srdeční zástavě je například embolizace vegetace do věnčité tepny, což by vyústilo v infarkt myokardu. Stejně tak mohlo dojít k odtržení náhrady mitrální chlopně, protože stěna chrupavky, na kterou byla našitá byla inzultována zánětem a v její těsné blízkosti byl vyprázděný absces ( toto se nestalo, navzdory všemu dle dalšího vyšetření chlopněnáhrada držela pevně na místě). Dále se mohla provalit stěna abscesu a vyvolat akutní hemodynamický šok. Další možností je maligní arytmie nejen z vysoké koncentrace draslíku, ale prostě proto, že měla uprostřed srdce díru, kterou se vzruch přenášet nedá...

*celkem 6 bodů*

*Za 1.a. ... 4 body,*

*Za 1.b.... 2 body.*

2. **39-letý pacient, který byl přijat pro hnisavý zánět mozkových blan při komplikované infekci středouší vlevo. Dle osobní anamnesy alkoholik, který se dosud s ničím neléčil. Na infekční oddělení byl přijat přes neurologii, kam byl přivezen rychlou záchrannou službou pro epileptický záchvat. Ve vstupní laboratoři měl laboratorní známky chronického alkoholismu (vysoká hodnota GMT, makrocytární anemie), dále samozřejmě vysoké zánětlivé parametry. Urea a kreatinin byly zcela v normě. Byla zahájena antibiotická terapie Ceftriaxonem a antiedematosní léčba vysokou dávkou kortikoidů a manitolem. Postupně se klinický stav pacienta upravil, proto byly kortikoidy a manitol vysazeny. V laboratoři po celou dobu hospitalizace byly ledvinné parametry, tzn. urea a kreatinin zcela v normě, nicméně po vysazení kortikoterapie se v moči objevil vysoký odpad sodíku. Hodnota sodíku v plasmě zůstala normální, spíše na dolní hranici normy.**

**a. Má pacient poškozené ledviny? Svůj názor vysvětlete.**

Nemá. I přes poškození jater se na rozdíl od předchozí pacientky nerozvinul hepatorenální syndrom, protože pacient měl po celou dobu trvání hospitalizace normální hodnoty močoviny a kreatininu, což svědčí o dobré funkci ledvin.

**b. Proč má v moči tak vysoký odpad sodíku?**

Vzhledem k vysoké dávce podávaných kortikoidů došlo k útlumu kůry nadledvin v důsledku zpětné vazby- pokud je v plasmě vysoká hodnota hormonu, autoregulací klesá jeho produkce. Pokud ovšem dojde k prudkému poklesu daného hormonu v plasmě, trvá nějakou dobu, než dojde k obnově jeho produkce. Toto se stalo po odnětí kortikoidů z terapie. Vzhledem k mineralotropnímu účinku kortikoidů došlo k útlumu nejen kortisolu, ale i aldosteronu. Proto nedocházelo k zadržování sodíku v ledvinách, ale k jeho ztrátě. Po několika dnech se stav spontánně upravil.

**c. Souvisí jeho stav nějakým způsobem s užíváním alkoholu? Pokud ano, jak?**

Nesouvisí. Zdůvodnění viz odpověď a.

*celkem 7 bodů*

*Za 2.a. ... 2 body,*

*Za 2.b.....3 body*

*Za 2.c.... 2 body.*

3. **50-letá pacientka s polycystickými ledvinami přišla na infekční ambulanci v době tropických veder pro jeden den trvající průjem. Stolice neměla příliš četné, asi 4-5x denně. Horečku, zimnici, třesavku neměla. Průjem měla od té doby, kdy byla na kontrolní magnetické rezonanci kvůli polycystose a dostala kontrastní látku. V laboratoři měla pouze lehce zvýšené zánětlivé parametry, ale mimořádně vysoký kreatinin a ureu.**

**a. Myslíte, že zdrojem průjmu bude infekce? Svůj názor zdůvodněte.**

Velmi pravděpodobně se o infekční průjem nejedná. Pacientka nemá horečku, stolice nejsou příliš frekventní, nezvracela. To, že má na tak krátkou dobu trvání na tolik vysoké ledvinné parametry infekci nevylučuje s ohledem na základní anamnesu polycystosy ledvin a epidemiologický údaj o vysoké venkovní teplotě, což by mohlo vést k těžké dehydrataci výrazně dříve, než při zcela zdravých ledvinách za přijatelných tepelných podmínek.

**b. Pokud si nemyslíte, že se jedná o infekční průjem, co jiného by to mohlo být?**

Velmi pravděpodobně se jedná o součinnost několika faktorů najednou, které vedly k dekompenzaci chronického ledvinného selhání. Jednak má pacientka polycystosu ledvin, což je dědičné onemocnění, při kterém nedochází k napojení glomerulů na tubuly a v důsledku toho vznikají mnohočetné cysty. Ty utlačují zdravé nefrony a zhoršují jejich činnost. Obvykle toto onemocnění pomalu ale jistě progreduje postupně do chronického selhání ledvin a velmi často končí transplantací ledvin. Chronické selhání, které měla ještě nedávno celkem kompenzované, velmi pravděpodobně dost zhoršila dehydratace při vlně veder, která v té době panovala. Když potom přišla na magnetickou rezonanci, kde jí aplikovali nefrotoxickou kontrastní látku, bylo dokonáno. Pacientka se ocitla v tzv. uremii, což je patologický stav, který se vyznačuje vysokou hodnotou močoviny, která se projevuje výpotky na pohrudnici, pobříšnici nebo na osrdečníku. Příznaků je více, ale jedním z nich je právě průjem, se kterým se ocitla na infekční ambulanci...

*celkem 7 bodů*

*Za 3.a. ... 3 body,*

*Za 3.b.... 4 body.*