

# Biologický korespondenční seminář



## Biozvěst

Ročník 11

Série 2 – řešení

Milé řešitelky, milí řešitelé,

doufáme, že jste si řešení úloh druhého série letošního ročníku užili a dozvěděli jste se při něm i něco nového, na následujících stránkách naleznete příložená autorská řešení.

Přejeme příjemné čtení!  
autoři Biozvěsta

### Úloha 1: Buněčné kultury

Autor: Zuzana Květenská, Jitka Hapalová

Počet bodů: 15

Buněčná kultura, jak název napovídá, znamená systém určitého druhu buněk, které byly odebrány z různých zdrojů (např. rostlinných, živočišných) a následně udržovány a pěstovány v uměle navozených podmínkách nutných pro jejich přežití, růst a množení. Tento proces nazýváme kultivace in vitro. Když se zaměříme zejména na kultury živočišné, kam mimo jiné patří i buňky odebrané z lidské tkáně, můžeme je rozdělit podle získání a stáří do tří kategorií: primární kultury, buněčné kmeny, buněčné linie.

#### 1. Popište jednotlivé kategorie živočišných kultur zmiňované v úvodu.

**Primární kultury** – jiným slovem primokultury – obsahují buňky, které byly izolovány přímo z organismu např. ze zvířecích či lidských tkání/orgánů a poté umístěny do vhodného kultivačního prostředí. Přežívají buňky, které jsou lépe přizpůsobené daným podmínkám. Po pár dnech je potřeba množící se buňky oddělit a převést do nového kultivačního média. Buňky můžeme rozdělit na normální buňky (vyznačující se omezenou životností) a nádorové (rychlá a neomezená proliferční schopnost).

**Buněčné kmeny** – Tato kategorie buněk vychází z buněk primárních kultur. Jedná se o normální diploidní buňky, které byly alespoň jedenkrát pasážovány. V průměru vydrží několik desítek dělení, po vyčerpání tohoto počtu dělení zaniknou.

**Buněčné linie** – taktéž permanentní buněčné linie – Jedná se o kulturu buněk, pro kterou je charakteristická prakticky neomezená životnost i neomezené buněčné dělení. Tyto buňky jsou plně adaptovány na podmínky in vitro. Do této kategorie můžeme zahrnout buňky, které prošly transformací buněčných kmenů nebo také právě nádorové buňky.

*celkem 1,5 bodu  
po 0,5 bodu za popis každé kategorie*

S různými náznaky práce s buňkami nebo celými tkáněmi v umělých podmínkách se můžeme setkat již od konce 19. století. V této době však veškeré pokusy troskotaly na tom, že se po nějaké době buňky nebyly schopné dále dělit. To bylo způsobeno dosažením tzv. Hayflickova limitu.

#### 2. Stručně vysvětli, čím je na molekulární úrovni zajištěno, že zdravá somatická diferencovaná lidská buňka je schopna jen omezeného počtu dělení. Jaký je význam tohoto Hayflickova limitu pro mnohobuněčný organismus?

Při replikaci DNA během buněčného dělení není DNA polymeráza schopna replikovat sekvenci DNA až do jejího úplného konce a krátká část sekvence na kraji molekuly DNA je během každé replikace ztracena. Aby nedocházelo ke ztrátě informace, nacházejí se na konci chromozomů (respektive chromatid) specifické repetitivní sekvence tzv. telomery. Ty jsou při každé replikaci konce zkracovány, což postupně blokuje dělení buněk. Počet možného dělení somatické buňky (Hayflickův limit) je přitom nastaven tak, aby pro běžné fungování organismu povolený počet dělení dostačoval, ale zabráňoval nekontrolovanému dělení mutovaných buněk – tedy vzniku rakoviny.

*celkem 1,5 bodu  
1 bod za vysvětlení molekulárního mechanismu limitu  
0,5 bodu za jeho význam*

#### 3. Krátce charakterizujte HeLa buňky. S jejich „nesmrtelností“, resp. neomezeným počtem dělení, úzce souvisí enzym telomerasa. V návaznosti na otázku 2. vysvětli, jak tento enzym umožňuje buňce překonat Hayflickův limit.

Primární kultura byla získána z buněk maligního karcinomu děložního čípku pacientky Henrietty Lacksové. Jejich neomezenou proliferční schopnost umožňuje enzym telomerasa – jedná se o enzym, který prodlužují telomery tím, že přidává sekvence telomerických repetice ke 3' konci DNA. Telomerasa je běžně v těle funkční v dělicích se zárodečných buňkách, ve zdravých somatických diferencovaných buňkách je její funkce z výše uvedených důvodů blokována. U rakovinných buněk, včetně HeLa buněk, je však tento enzym aktivován, což jim umožňuje překonání Hayflickova limitu.

HeLa buňky jsou dosud v laboratořích používány jako typický model zachovávající všechny vlastnosti nádorových buněk. Dále se využívají k testování karcinogenity látek.

*celkem 1,5 bodu  
1 bod za charakterizaci HeLa buněk  
0,5 bodu za popis funkce telomerasy*

**4. Popište 5 oblastí možného využití buněčných kultur.**

modelové systémy pro studium – např. buněčné biologie a biochemie, interakce patogenů a buněk, účinek farmak na buňky,  
výzkum rakoviny – vznik a progresse nádorových onemocnění  
vývoj a testování léčiv/ostatních chemických látek s tím také související oblast testování toxicity látek  
biotechnologie – produkce např. monoklonálních protilátek důležitých jak v oblasti diagnostiky, tak terapie, dále produkce inzulínu, hormonů aj.  
genové inženýrství  
virologie – detekce, izolace a kultivace virů

*celkem 1,5 bodu  
po 0,5 bodu za každé využití*

**5. Popište detailněji, co je to kultivační médium.**

Jedná se o substrát, který svým složením poskytuje vhodné živiny a tím i podmínky pro přežití a růst a dělení.

*celkem 1 bod*

**6. Vysvětlete pojem pasážování ve spojitosti s buněčnými kulturami, zařaďte tento proces mezi uvedené obecné kroky.**

Po určité době inkubace buňky pokryjí veškerou možnou kultivační plochu, jejich počet vystoupá na neúnosnou míru a celkově vyčerpají živiny z kultivačního média. Proto je potřeba zredukovat počet buněk, aby mohly dále růst, a tento definovaný počet buněk potřebný pro další kultivaci přemístít do kultivační nádoby s čerstvým kultivačním médiem. Proces pasážování zařadíme do 2. kroku.

*celkem 1,5 bodu  
za vysvětlení pojmu pasážování 1 bod  
za zařazení pasážování mezi obecné kroky 0,5 bodu*

**7. Uveďte alespoň 3 příklady parametrů okolního prostředí, které jsou při kultivaci sledovány.**

Teplota, koncentrace CO<sub>2</sub>, relativní vlhkost, médium a jeho složení, ...

*celkem 1,5 bodu  
po 0,5 bodu za každý parametr*

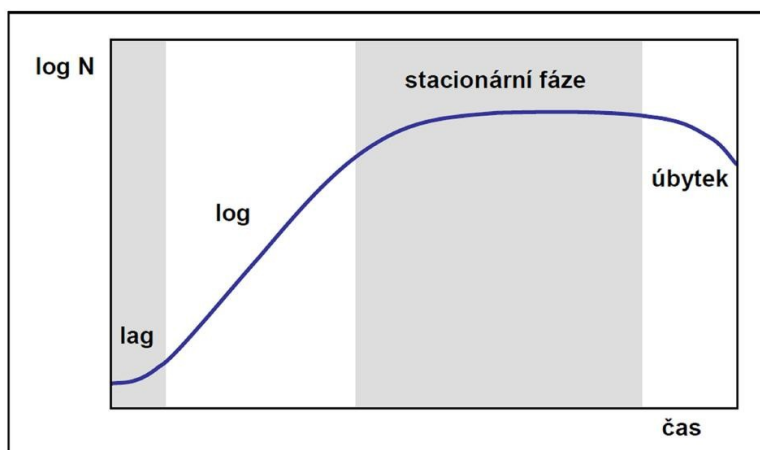
Pro experimentální použití buněčných kultur a výsledné vyhodnocení experimentů na nich prováděných je nutné znát počet buněk v kultivačních nádobách, ze kterého je následně použit určitý objem buněčné suspenze s určitou hustotou buněk. Zjištění počtu buněk v buněčné kultuře v dnešní době může za nás udělat důmyslný přístroj za využití metody průtokové cytometrie. Počítání lze však zvládnout i za pomoci mikroskopu a drobné komůrky určené pro počítání buněk v suspenzi.

**8. Jak se tato komůrka nazývá? Stručně popište princip jejího použití.**

Bürkerova komůrka, což je speciální podložní sklíčko s mřížkou, která umožňuje stanovení počtu buněk. Na Bürkerovu komůrku se položí krycí sklíčko tak, aby těsně přiléhalo k ploškám po stranách (využijte navlhčení styčných ploch). Poté se nanese cca 10 µl buněčné suspenze ze strany na hranu krycího skla (do obou počítacích mřížek). V takto připravené komůrce se buňky počítají s pomocí mikroskopu, přičemž se postupuje vždy čtverec po čtverci směrem zleva doprava a shora dolů. Aby nebyly některé buňky započítány dvakrát, počítají se vždy pouze buňky dotýkající se dvou vybraných stran (např. levé boční a spodní).

*celkem 2,5 bodu  
za název komůrky 0,5 bodu  
za popis práce s komůrkou 2 body*

9. S popisem buněčné kultury v čase, respektive vývojem počtu živých buněk v ní, souvisí i následující křivka (obr. 1). Jak se jmenuje? Pojmenujte a stručně popište její části vyznačené v obrázku šedými a bílými pásy a označené písmeny.



Obr. 1: Graf k otázce 8.

Jde o tzv. růstovou křivku.

- a – Lag-fáze – počet buněk nejprve mírně klesne a pak poměrně rychle vzrůstá. Buňky se adaptují na kultivační prostředí a připravují se k buněčnému dělení  
 b – Logaritmičká fáze – počet buněk exponenciálně roste  
 c – Stacionární fáze – rychlost růstu buněčné populace postupně klesá, projevují se inhibiční mechanismy (např. kontaktní inhibice, produkce růstových inhibitorů) a postupně vyčerpávání živin z média  
 d – Fáze úbytku buněk – dochází k postupnému odumírání buněk způsobenému nedostatkem živin, snížením pH (následkem zvýšení koncentrace CO<sub>2</sub> a dalších kyselinotvorných látek v médiu) a hromaděním toxických produktů buněčného metabolismu

celkem 2,5 bodu  
 po 0,5 bodu za popis každé části grafu  
 0,5 bodu za název křivky

## Úloha 2: To je síla!

Autor: Kateřina Beránková, Jan Beránek

Počet bodů: 22

Říká se, že vědění je síla, nebo že slovo je silnější meče. Nicméně takové máchnutí kladivem, kterým se probouráte stěnou ze solidních cihel či švihnutí sekerou, která vám rozpůlí špalek dřeva napůl, také má něco do sebe. A díky čemu je to všechno možné? Svaly! Nedílná součást našich těl, zdroj veškeré síly a pohybu. Zajišťuje nejen pohyb našich končetin, hlavy, trupu, ale i mimiku, polykání či pohyb vnitřních orgánů. Bez těchto tkání se nikdo z nás neobejde. V této úloze se budeme zabývat kosterní svalovinou a mechanismem jejího fungování.

1. Nejprve trocha terminologie. Sval je tzv. kontraktilní, tedy schopný stahu, který se odehrává díky dvěma tzv. kontraktilním proteinům. Napiš jejich názvy a stručně popiš jejich molekulární struktury.

Aktin – tvoří dlouhé řetězce složené z jednotlivých globulárních molekul (tzv. G-aktin). Tyto řetězce jsou kromě svalových vláken také součástí cytoskeletu, nazývají se mikrofilamenta. Zajímavé je, že tento protein je vysoce konzervovaný, tj. má prakticky totožnou strukturu i u velmi nepříbuzných organismů. Například mezi G-aktinem koně (*Equus caballus*) a hrachu (*Pisum sativum*) je rozdíl v jediné aminokyselině, a to je ještě s velmi podobnými vlastnostmi.

Myosin – tvoří ho hlavička, která má globulární tvar a schopnost měnit tvar v závislosti na vazbě a hydrolyze ATP, dále tzv. krček, který má regulační funkci, a potom dlouhý „ocásek“. Jednotlivé molekuly tvoří ve svalových vláknech dimery, a i ty se pomocí „ocáskových“ domén připojují k dalším myosinovým jednotkám.

celkem 2 body  
 za každý protein a jeho popis 1 bod

2. Vedle kontraktilních proteinů se na stavbě svalového vlákna podílí mnoho dalších proteinů zajišťujících jeho pružnost, kontinuitu či regulaci svalového stahu. Uveď tři příklady takových proteinů a ke každému napiš, jaká je jeho funkce ve svalů.

Tropomyosin – spolu s troponinem brání kontrakci svalového vlákna, když není „žádána“

Troponin – spolu s tropomyosinem zakrývá místo interakce myosinu s aktinem, a tak brání kontrakci

Titin – elastický protein, udržuje svalové vlákno pohromadě v době, kdy se sval nachází v uvolněném stavu (relaxace). Zajímavé je, že je to jeden z největších proteinů člověka. Je tvořen jediným polypeptidovým řetězcem a skládá se z neuvěřitelných přibližně 35 000 aminokyselin. Je velký asi jako průměrná bakterie (!)

Další možnosti: nebulin, dystrofín...

*celkem 3 body  
za každý protein a jeho popis 1 bod*

**3. Během kontrakce svalových vláken hraje důležitou roli jeden kationt. Který to je, a jakou má funkci v mechanismu kontrakce?**

Je to vápenatý kationt. V klidovém stavu je uskladněn v endoplasmatickém retikulu svalových buněk (kterému se říká sarkoplasmatické). Když přijde signál, že je třeba zahájit kontrakci, jsou tyto kationty vypuštěny z retikula a naváží se na troponin. Ten byl do té chvíle navázán na tropomyosin a aktin, ale poté, co se do něj naváží vápenaté kationty, se od tropomyosinu odpojí a posune se, takže na aktinu odhalí místa, na která se naváže myosin. Posunem myosinu po aktinu se zahájí svalová kontrakce.

*celkem 1,5 bodu  
za uvedení kationtu 0,5 bodu  
za vysvětlení jeho funkce 1 bod*

**4. Ve svalu je kromě ATP ještě další molekula, která slouží jako zásobárna energie. Nejde použít přímo, ale když se vyčerpá zásoba ATP, a naopak je přebytek ADP, může mu tato molekula předat „aktivní“ fosfát a tím z něj znovu vytvořit ATP. Tato reakce obnovy ATP je katalyzována jistým enzymem. Jak se jmenuje enzym a daná molekula schopná obnovit zásobu ATP?**

Kreatinkinasa, kreatinfosfát. Kreatinfosfát je úžasná molekula, protože umožňuje buňce uskladnit „v dobách dostatku“ mnohem více energie, než by bylo možné pouze pomocí ATP. Zajímavostí je, že ne u všech organismů plní tuto funkci skladování aktivního fosfátu kreatin – třeba včely ho prý ukládají na arginin.

*1 bod*

**5. Zamyslete se, proč je vlastně efektivnější zdroj energie aerobní glykolýza? Jaké odpadní produkty při obou typech metabolismu vznikají?**

Příčina toho, proč je efektivnější aerobní metabolismus (nejen) glukosy, leží v termodynamice těchto procesů, tedy zejména v rozdílu energie počátečních a koncových molekul. Aerobní glykolýza je efektivnější (ve smyslu většího zisku ATP na molekulu glukosy), protože je při ní glukosa sérií redoxních biochemických procesů přeměňována na oxid uhličitý a vodu při současně spotřebě kyslíku jakožto konečného akceptoru elektronů. Zatímco při anaerobní glykolýze je glukosa přeměněna „jen“ na laktát, ve kterém mají atomy uhlíků stejné průměrné oxidační číslo jako v původní glukose a energie, kterou je možné použít na výrobu glukosy pochází převážně pouze z „přeuspořádání“ kovalentních vazeb. Aerobní redoxní zpracování je mnohem výnosnější, umožňuje zisk cca 36 jednotek ATP na molekulu glukosy, anaerobní pouze 2 ATP. Konečnými odpadními produkty aerobního zpracování glukosy jsou oxid uhličitý a voda.

*celkem 3 body  
za vysvětlení efektivity 2 body  
za odpadní produkty po 0,5 bodu*

**6. Glukosový přenašeč GLUT 4 je velmi důležitý nejen z hlediska energetického zásobení pracujícího svalu, ale i v prevenci civilizačních onemocnění. Na povrch membrány si jej buňka svalu „vystrčí“ na základě stimulace inzulinem, ale i vlivem prosté svalové kontrakce. Napadá tě nějaký případ, u jakého onemocnění by se dalo využít tohoto mechanismu a proč?**

Například u diabetu II. typu, kdy dochází ke znečitlivění buněk k inzulinu, a buňky ani po vystavení inzulinu nevystavují na membránu glukosové přenašeče. Působení inzulinu může být kompenzováno fyzickou aktivitou, která přinese kýžený efekt zvýšení počtu přenašečů glukosy na buněčných membránách a tím i snížení glykemie v krvi.

*2 body*

**7. V klidu se podíl tuků na energetickém zásobení svalů pohybuje kolem 30 %, po 45 minutách běhu pak již okolo 40 % a při zátěži trvajících 3–4 hodiny dosahuje až 50 %. Samotný sval si udržuje své zásoby tuku, ze kterých čerpá, a není to malá zásoba – vystačila by až na 3 ultramaratony. Napadne tě, kdo bude mít vyšší zásoby tuků ve svalech než průměrný zdravý člověk? Uveď dvě takové skupiny lidí (jednu „zdravou“, druhou nikoli).**

Například jde o diabetiky – tím, že nejsou schopni přijímat z krve glukosu, protože mají sníženou citlivost buněk k inzulinu, tak má svalová buňka relativní nedostatek energie, což vede ke zvýšenému ukládání zásob. Další skupinou jsou vytrvalostní sportovci – mechanismus je vlastně podobný, ale nejde o patologický stav, nýbrž o adaptaci na zátěž vycházející z pravidelného tréninku.

*celkem 2 body  
za každý příklad skupiny lidí 1 bod*

**8. Pokuste se vysvětlit mechanismus vzniku a zániku *rigor mortis*. Využijte znalosti o „pracovním cyklu“ myosinu.**

Po smrti dojde k úbytku ATP v buňkách. Ve svalových buňkách bude ATP chybět pumpám, které udržují vápenaté kationty uvnitř sarkoplasmatického retikula, a to začne pronikat do cytosolu, kde dojde na aktinech k uvolnění vazebných míst pro myosin (viz otázku 3). Dojde tedy k navázání myosinu na aktin.

Během svalové kontrakce myosin naváže ATP, a tehdy se uvolní z aktinového vlákna. Poté dojde k hydrolyze ATP na ADP a fosfát, přičemž se myosinová hlavička se natáhne dopředu a naváže se na aktin o kousek dál. Poté se uvolní fosfát a ADP, myosin se zkrátí zpět do původní konformace, a přitom za ocásek táhne zbytek svalového vlákna a koná užitečnou práci. Jenže poté je hlavička stále navázána na aktin a potřebuje další molekulu ATP, aby se uvolnila. K tomu ale při rigor mortis nedojde, svalové vlákno tedy ztuhne v té délce, jakou zrovna mělo, když byla zásoba energie vyčerpána. K uvolnění rigor mortis dochází poté, co proteasy a další enzymy naruší integritu proteinů tvořících svalový komplex.

2 body

**9. Uved' tři faktory, na kterých je závislá svalová síla.**

Faktorů ovlivňujících svalovou sílu je mnoho, lze uvést například průřez svalu, množství svalových vláken, množství kontraktilních proteinů, množství motorických jednotek...

celkem 1,5 bodu

po 0,5 bodu

**10. Začátek a úpon svalu se v drtivé většině upínají na kost. Existují ale výjimky. Napadá tě, který konkrétní sval či svalová skupina se upínají na jinou tkáň? Na jakou? Uved' dva příklady takových svalových skupin a napiš, kam se upínají.**

Mimické svaly – upínají se do kůže

Svěrače – kruhové svaly, nemají klasický začátek a konec

celkem 1 bod

po 0,5 bodu

**11. Na závěr se pokuste zjistit, jakou kontraktilní sílu je v průměru schopná vyvinout jedna samostatná dvojice polymerní aktin-myosinová hlavička? A pro zajímavost vypočtete, kolik takových jednotlivých myosinových hlaviček se musí aktivovat v bicepsu, když Bioslav drží v ruce průměrnou školní aktovku? Pro jednoduchost uvažujte modelovou situaci, kdy drží řečenou aktovku v ruce s nataženým předloktím s úhlem v lokti cca 90°, takže většinu síly pro udržení aktovky v dané výšce koná *biceps brachii*. Výpočet si zjednodušte, ale svá zjednodušení a předpoklady nezapomeňte uvést a případně zdůvodnit.**

Podle údajů v literatuře je jedna myosinová hlavička schopna vyvinout největší sílu asi 5,5 pN. Pokud bychom počítali, že školní aktovka váží (pro jednoduchost) 5,5 kg, pak na její uzvednutí je třeba asi 55 N. A pozor na chyták, protože aktovka je od osy otáčení (lokte) zavěšena dál, než je od osy lokte umístěn úpon bicepsu, musí chudák biceps vykonat tolikrát větší sílu, kolikrát je aktovka dál od osy lokte (pro jednoduchost uvažujme, že je to opět asi desetkrát). Vyjde nám tedy, že celý biceps musí vyvinout sílu zhruba 550 N. Tento údaj vydělíme silou, která připadá na jednu myosinovou hlavičku (5,5 pN), vyjde nám, že celkem se do této akce musí zapojit

$$\text{počet hlaviček} = \frac{F_{\text{celková}}}{F_{\text{jedné hlavičky}}} = \frac{550(N)}{5,5 \cdot 10^{-12}(N)} = 10^{14},$$

tedy sto bilionů jednotlivých myosinových hlaviček! Zdá se to hodně, ale pokud má jeden myosin (jedna hlavička, krček a ocásek) molekulovou hmotnost 240 kDa, odpovídal by tento počet váze cca g, což už je těsně pod rozlišením měření na přesných analytických vahách.

celkem 3 body

za sílu myosinové hlavičky 1 bod,

za celkový výsledek 1 bod,

za rozumné zdůvodnění výpočtu 1 bod

**Úloha 3: Všudypřítomná potřeba množení**

Autor: Alžběta Čechová

Počet bodů: 21,5

V přírodě existuje několik způsobů rozmnožování živočichů. Organismy patřící do říše Animalia se umí rozmnožovat po-  
hlavně i nepohlavně nebo dokonce tyto dvě fáze střídají v rámci rodozměny, též označované jako metageneze.

**1. Jsou nově vzniklí jedinci zcela identičtí? Zdůvodněte svou odpověď.**

Mohou mít samovolně nově vzniklé mutace.

0,5 bodu

2. **Genetika ale není všechno, je jakýmsi základním předpokladem, výchozím bodem. Mohou se geneticky identičtí jedinci na první pohled lišit? Pokud ano, v důsledku čeho?**

Vlivem prostředí se genetika může projevit různě – bude-li jeden v hojnějším prostředí, bude větší.

1 bod

3. **Popište, jakým způsobem je regulován proces mitózy.**

Regulace mitózy je zajištěna třemi kontrolními body. První bod se nachází v interfázi. Kontroluje, zda je buněčný růst a okolí buňky příznivé pro zahájení dělení. Druhý kontrolní bod se nachází mezi na konci interfáze a rozhoduje o vstupu do mitózy. Zastaví buněčný cyklus, pokud je DNA nekompletní nebo poškozena. Třetí kontrolní bod se nachází na přelomu mezi metafází a anafází. Zastaví buněčný cyklus, pokud chromozomy nejsou správně připevněny k dělicímu vřetenku.

1,5 bodu

4. **Jaké buňky v našem těle se dělí mitózou?**

Všechny somatické buňky (všechny buňky našeho těla kromě pohlavních).

0,5 bodu

5. **U kterého živočicha se setkáváme s gemiparií? Uveďte alespoň 3 příklady (rody). Vymyslete alespoň 2 důvody, proč se s gemiparií setkáváme právě u těchto zvířat.**

Např.: Talířovka, čtyřhranka, pohárovka, křemítka, pospolitka, sumka, ...

S gemiparií se zde setkáváme v důsledku jejich jednodušší tělesné stavby a vodního prostředí, ve kterém žijí.

2,5 bodu

6. **Uveďte příklad živočicha, u kterého se setkáváme s rodozměnou, a proces popište.**

Žahavci – Pučení, strobilace a pohlavní rozmnožování:

Přisedlá forma (polyp) -> pučení nového jedince -> oddělení, přisedlá forma -> strobilace (odškrcování chapadlové části/terče) -> vznik medúzy (pohlavní fáze) -> medúzy jsou odděleného pohlaví, dochází k pohlavnímu rozmnožování (splynutí gamet za vzniku zygoty) -> vzniká larva (planula) -> larva přisedá a vzniká polyp

2 body

7. **Popište hlavní rozdíl mezi meiózou a mitózou.**

V meiotickém dělení prochází buňka všemi fázemi dvakrát (meióza I a meióza II). Meióza I je redukční dělení. To znamená že se před rozdělením buňky k sobě přiblíží homologní chromozomy a každý z nich (celý, dvouchromatidový) pak putuje k jinému pólu buňky, tím se diploidní počet chromozomů redukuje na haploidní. Vzniknou dvě haploidní dceřiné buňky s dvouchromatidovými chromozomy. Meióza II odpovídá mitóze, jedná s o rozchod chromatid, každá z buněk se rozdělí na dvě a tím vzniknou čtyři buňky s poloviční sadou chromozomů.

0,5 bodu

8. **Proč musejí pohlavní buňky vznikat meiózou (redukčním dělením)?**

Aby vznikla zygota, musejí se spojit dvě pohlavní buňky. Aby měla zygota správný počet chromozomů, musejí mít pohlavní buňky poloviční počet.

0,5 bodu

9. **Může se zdát, že samooplození přináší pouze nevýhody a strasti. Kdy je však samooplození u živočichů výhodné (2 příklady)?**

Rychlé množení a osídlení niky, není potřeba hledat partnera.

1 bod

10. **Jaké jsou mechanismy zabraňující samooplození u hermafroditů (3 důvody)?**

Pokud oba typy gamet dozrávají současně – oddělené vývody gonád nebo autosterilita (látky vylučované gametami nedovolují kontakt a splynutí gamet téhož jedince).

Dalším způsobem je postupné dozrávání gamet. Jedinec nejprve produkuje gamety jednoho pohlaví, pak dojde k inhibici a následně produkuje gamety opačného pohlaví. Gamety obou pohlaví se nepotkají v čase.

1,5 bodu

11. **Vysvětlete rozdíl mezi proterandrií a proterogynií, u každého uveďte příklad živočicha (kmen/podkmen).**

Proterandrie – Mladší jedinci produkují samčí pohlavní buňky, starší jedinci produkují samičí pohlavní buňky. Měkkýši, někteří korýši.

Proterogynie – Nejprve jsou produkovány samičí pohlavní buňky a pak až samčí. Měkkýši, pláštěnci.

1,5 bodu

**12. Uveďte oba způsoby využití spermatoforu a ke každému uveďte dva příklady skupin živočichů.**

Plži, roztoči, hmyz, čolci a mloci – samec klade spermatofor v blízkosti samice a samice ho následně přijímá do pohlavních cest.

Hlavonožci, pavoukovci – samec spermatofor do samičky sám vkládá.

1 bod

**13. Popište, jak probíhá vnější oplození, které prostředí je pro něj nejvýhodnější a zamyslete se proč.**

Samec i samice vypudí své pohlavní buňky a ty se setkají mimo tělo v okolním prostředí.

Ideální je vodní prostředí. Pohlavní buňky nevyschnou a ve vodě jsou mobilnější, než by byly při dopadu na zem.

2 body

**14. Jak zajistit, aby se příslušné gamety v případě vnějšího oplození potkaly (3 způsoby)?**

Synchronizace produkce pohlavních buněk, zvýšená produkce (aby byla větší šance, že se alespoň některé potkají), vypouštění v bezprostřední blízkosti opačného pohlaví.

1,5 bodu

**15.**  
**16. Vysvětlete rozdíl mezi arrhenotokií a thelytokií. U kterých řádů hmyzu se můžeme s těmito jevy setkat (stačí u každého pojmu jeden)?**

Arrhenotokie – druh partenogeneze, z neoplozených vajíček se vyvíjejí jen samečci (blanokřídli, nekteří třásnokřídli)

Thelytokie – druh partenogeneze, z neoplozených vajíček se vyvíjejí jen samičky (pisivky, ploštice, strašilky, třásnokřídli)

2 body

**Úloha 4 (experimentální): Stručný průvodce vědeckým článkem**

Autor: Jakub Štenc

Počet bodů: 16

V následující úloze se zaměříme na práci s vědeckým textem. Hlavním cílem této úlohy je porozumět tomu, jak číst a rozumět standardní vědecký článek z kategorie “původní výzkum”. V této kategorii se nachází práce, které mají poměrně unifikovanou strukturu, což slouží právě pro snadnou orientaci čtenářů v textu. Články reportující o původním výzkumu přináší typicky zprávu ohledně jednoho či několika málo experimentů, které odpovídají na studovanou otázku či se snaží potvrdit/vyvrátit konkrétní hypotézu. Tím se liší od metaanalýz, které shromažďují výsledky mnoha studií a zaměřují na hledání obecné odpovědi.

**1. Zaměřte se tedy na jednotlivé odstavce úvodu a popište jednou větou hlavní myšlenku každého odstavce. Dále pak popište jednou větou celou linku úvodu podobným způsobem.**

a. Rostliny jsou často limitované nedostatkem pylu.

b. Rostliny by měly být schopné dávkovat pyl postupně.

c. Sdílení opylovačů rostlinami zvyšuje pravděpodobnost přenosu cizího pylu.

d. Rozdílné mechanismy mohou být zodpovědné za dávkování pylu.

e. Opylovači také reagují na množství dostupného pylu.

f. Výzkumné otázky.

Aby rostliny zvýšily efektivitu přenosu pylu, vyvinuly se u nich rozdílné mechanismy uvolňování pylu, na které opylovači reagují svou aktivitou.

celkem 3.5 bodu  
za každý podúkol 0,5

**2. Vlastními slovy v jedné větě popište, jaká je hlavní studijní otázka článku.**

Hlavní studijní otázkou je zjistit, zda je vývoj dostupného pylu během dne ve vztahu s návštěvností květů opylovači.

1 bod

**3. Popište svými slovy stručně hlavní experimenty uvedené v článku.**

Hlavní experimenty v tomto článku se zaměřují na množství pylu na květech, množství kvetoucích květů a množství opylovačů v průběhu dne navštěvujících květy.

2 body

**4. Jakým způsobem odpovídají experimenty na výzkumné otázky? V čem vidíte možnou slabinu?**



Na každou otázku zhruba odpovídá jeden experiment.

Slabiny: je to jen jeden systém, jen pár dní. Co kdyby to bylo za jiného počasí jinak?

2 body

**5. Svými slovy popište, co demonstrují obrázky Fig. 2 a 3. Co značí rozdílné čáry (plná a přerušovaná) v obrázku Fig. 2.A, C, E?**

Fig. 2 demonstruje vývoj dostupnosti pylu v čase a vývoj kvetení. Fig. 3 ukazuje, jak se mění dostupnost pylu v rámci květenství (kombinace dat z Fig. 2) a vývoj návštěv opylovačů na kvetoucí lodyhu.

2.5 bodu

**6. K jakým dochází autoři závěrům a jaký navrhuje další směr výzkumu?**

Autoři dochází k závěru, že dostupnost pylu je ve vztahu k aktivitě opylovačů.

Autoři dále navrhuje v dalším výzkumu vzít v potaz denní dynamiku ve vztazích mezi rostlinami a opylovači.

celkem 2 body

za závěr 1 bod

za další směr výzkumu 1 bod

**7. V textu je zmíněna podpora grantem CZ.02.2.69/0.0/0.0/19\_073/0016935. Dohleďte si grant na internetu. Kdo je poskytovatelem grantu?**

Poskytovatelem grantu je Univerzita Karlova.

1 bod

**8. Nahlédněte do podpurných materiálů. Jaké informace jsou v nich zmíněné a proč jsou důležité pro porozumění článku?**

Jsou tam údaje o počasí a souhrnné statistiky o množství opylovačů a rostlin. Údaje o počasí jsou důležité pro interpretaci vývoje dostupnosti pylu v různých dnech. Souhrnné údaje jsou spíš doklad o složení spektra opylovačů etc.

2 body

### Úloha 5 (seriálová): Omyly evoluce

Autor: Tereza Štochlová

Počet bodů: 20

Při diskuzi o evoluci se lidé občas podivují nad tím, jak je možné, že všechny ty úžasné druhy a jejich přizpůsobení prostředí vznikly přírodní, přirozenou cestou. Vždyť je to tak dokonalé, že? A co teprve člověk, ten je mistrovským dílem. Akorát že vůbec.

**1. Napište tři výhody a tři nevýhody pohlavního rozmnožování oproti rozmnožování nepohlavnímu.**

Výhodami pohlavního rozmnožování jsou například lepší přizpůsobení se proměnlivému prostředí, snazší šíření pozitivních mutací či snížení vnitrodruhové konkurence; nevýhodami potom časová a energetická náročnost při hledání partnera, přenos parazitů nebo rozpad již osvědčených kombinací genů.

celkem 3 body

za každou výhodu a nevýhodu po 0,5 bodu

2.

- a. **Proč má koala tak malý mozek, i v porovnání se svými příbuznými? Vysvětlete. Jak se nazývá koalova životní strategie, kvůli které u něj ke zmenšení mozku došlo?**

Koala se živí pouze blahovičником (*Eucalyptus*), který je hodně chudý na živiny. Velký mozek ale potřebuje hodnotnou, energeticky bohatou potravu, která by zajišťovala jeho provoz. Koala tímto způsobem obživy obsadil volnou niku - blahovičником se žádný jiný druh neživil - a využil tak volný zdroj. Stal se z něj tedy potravní specialista.

*celkem 1,5 bodu  
za specialistu 0,5 bodu  
za vysvětlení 1 bod*

- b. **Vyhledejte alespoň jeden další druh živočicha, který se v evoluci vydal podobnou cestou, jako koala, a potýká se tedy s obdobnými problémy.**

Jsou to další potravní specialisté, jako například panda velká (*Ailuropoda melanoleuca*) nebo lenochodi (Folivora).

*0,5 bodu*

3. **Koně (Equidae) jsou proslulí svou běžeckou rychlostí, díky které na otevřených pláních mohli dobře unikat predátorům. Tento vývoj, zaměřený na co nejlepší možnost útěku, koňům zároveň ale přinesl i mnohé problémy. Jaké problémy by to mohly být? Uveďte tři.**

Celá noha koně je vlastně přeměněný prst, na kterém koně drží celou svoji váhu. To je pro zrychlení útěku velmi efektivní, tato stavba nohy ale také způsobuje například to, že krev tudy proudí velmi rychle, a koně mají tedy často jednak problémy s praskáním cév a dalšími krevními onemocněními, jednak s dobrým okysličením všech částí těla. Kromě toho během vysoké rychlosti koně aktivně nedýchají, plicemi pohybují jejich ostatní orgány - to je opět velmi efektivní, protože dýchání je tak synchronizováno s jejich pohybem. Na druhou stranu je kvůli tomu uvolněná pobřišnice, a tak koně často trpí kýlou, kolikami apod.

*celkem 1,5 bodu  
za každý problém po 0,5 bodu*

4. **Kromě přírodního výběru však existuje ještě druhá základní hnací síla evoluce. Znaky, které jejím vlivem vznikají, svým nositelům často přežití extrémně ztěžují. Jak se tato „síla“ odborně nazývá a na jakém principu funguje? Uveďte příklad druhu, u kterého vlivem jejího působení vznikl znak extrémně hendikepující své nositele a tento znak stručně popište.**

Jde o pohlavní výběr - při něm si jedinci jednoho pohlaví (většinou samice) vybírají jedince druhého pohlaví, se kterými se chtějí pářit. Vznikají tak znaky, díky kterým je se jedinci stávají přitažlivějšími pro druhé pohlaví. Je to kvůli tomu, že je velký nepoměr v tom, kolik samců se rozmnoží oproti samicím (většinou jeden - ten nejlepší - samec může mít potomky s mnoha samicemi, zatímco každá jedna samice jen s jedním samcem, a tím pádem mnoho nejhorších samců se nerozmnoží vůbec). Typickým příkladem mohou být ocasní pera rajky malé (*Paradisaea minor*), které jsou velké a barevné, takže ztěžují let a jsou nápadné pro predátory. Dalšími příklady mohou být páv nebo mečovka.

*celkem 2 body  
za pohlavní výběr 0,5 bodu  
za vysvětlení 0,5 bodu  
za příklad druhu 0,5 bodu  
za popis znaku 0,5 bodu*

5. **Výše jsme zmínili, že některé znaky jsou v evoluci zafixovány zcela náhodně. Uveďte, jak se nazývá proces, při němž dochází k náhodné změně frekvence alel v populaci, která může vést až k fixaci jedné alely. Blíže popište, v jakých populacích se bude více uplatňovat, a proč tomu tak je.**

Jedná se o genetický drift. Ten se bude uplatňovat hlavně v malých populacích - pokud máme celkem 10 jedinců, 5 s jednou alelou a 5 s druhou, je celkem pravděpodobné, že jich vymře všech 5 s jednou. Naopak pokud je jedinců 1000 a 500 z toho má jednu alelu, pravděpodobnost vymření všech s touto alelou bude nižší.

*celkem 1 bod  
za genetický drift 0,5 bodu  
za vysvětlení 0,5 bodu*

6. **Proč selekce Huntingtonovu chorobu v podstatě nemůže odstranit? Vysvětlete.**

Projevuje se až po rozmnožení, v pozdějším věku. Když se jedinec zvládne normálně rozmnožit před tím, než se nemoc projeví, nemá tato škodlivá vlastnost žádný vliv na fitness (počet potomků) jedince, a tím pádem na ni selekce nepůsobí.

*1 bod*

7. **Jeden lidský rudiment však vyloženě překáží, způsobuje různé záněty, bolesti nebo vznik cyst. Většina lidí se ho tak během svého života musí zbavit. O jaké části lidského těla je řeč? Z jakého důvodu takto překáží, i když našim předkům byla užitečná?**

Jde o třetí stoličky, lidově moudráky. Během evoluce se člověku zkrátila čelist, a tak se do ní moudráky už pořádně nevejdou.

*1 bod  
za rudiment 0,5 bodu  
za vysvětlení 0,5 bodu*

8. **Uveďte jeden druh člověkem běžně využívané rostliny, která je právě takovým evolučním přežitkem, a napište, s jakým organismem (nebo skupinou organismů) se v minulosti pravděpodobně vyvíjela.**

Jde například o hruškovec přelahný (*Persea americana*) neboli avokádo, jehož plod i s peckou je pro současné druhy živočichů příliš velký na to, aby se dal vcelku spolknout, a tedy rozšířit pomocí endozoochorie. V minulosti jeho šíření však mohli zajišťovat obrovští pozemní lenochodi rodu *Ereotherium*.

*celkem 1 bod  
za rostlinu 0,5 bodu  
za druhý druh 0,5 bodu*

9. **U většiny savců není porod tak extrémní záležitostí, jako u člověka, kde před nástupem moderní medicíny byla vysoká úmrtnost matek i novorozenců. To však mezi ostatními živočichy vůbec není běžné!**

- a. **Proč je porod u člověka tak obtížný? Uveďte dva důvody.**

Tím, jak se člověk postavil na dvě nohy (bipedie), se změnilo postavení pánve a tím došlo ke zúžení porodních cest. Člověku se zároveň během evoluce zvětšoval mozek - hlava miminek při porodu je tak dnes velikostně na hranici toho, co je vůbec ještě možné zvládnout porodit přirozenou cestou.

*celkem 1 bod  
za každý důvod 0,5 bodu*

- b. **Kromě člověka existuje ještě jeden savec, který je na tom podobně. Také se potýká s vysokou úmrtností při porodu a rodí velmi zvláštním způsobem. Co je to za druh? Jakým způsobem rodí? K čemu útvar slouží primárně, proč ho vůbec mají?**

Jedná se o hyenu skvrnitou (*Crocuta crocuta*), jejíž samice rodí zvětšeným klitorisem. Samice jsou extrémně maskulinizované vzhledem k jejich sociálnímu systému, který je charakteristický extrémní dominancí samic nad samci.

*celkem 1,5 bodu  
za hyenu 0,5 bodu  
za způsob porodu 0,5 bodu  
za vysvětlení 0,5 bodu*

10. **Uveďte ještě další tři výše nezmíněné problémy či nedostatky, se kterými se člověk kvůli evoluci musí potýkat, a u každého vysvětlíte, proč ke vzniku daného znaku v průběhu evoluce došlo.**

Příkladů je spousta, třeba:

- slepá skvrna v oku - vznikla postupně tím, jak se historicky vyvíjelo oko obratlovců
- chodidlo složené z velkého množství kostí - původně sloužilo k lezení po stromech
- neschopnost syntetizovat vlastní vitamin C - původně bylo v okolí (a tedy ve stravě) velké množství ovoce, takže to nebylo potřeba
- křížení hrtanu a jícnu, menstruace každý měsíc...

*celkem 3 body  
za každý problém 0,5 bodu  
za každé vysvětlení 0,5 bodu*

11. **Co na krku žiraf je velmi podivně uspořádáno, a proč tomu tak je?**

Jde o inervaci hrtanu - nerv jde z mozku po zadní straně aorty, obíhá srdce, a pak se vrací zpět do hrtanu. Tím pádem je u žiraf hrozně dlouhý. Je to tím, že toto uspořádání v evoluci vzniklo už hodně dávno, kdy všechny orgány byly blízko sebe a tedy bylo jedno, kudy nerv povede.

*celkem 1 bod  
za inervaci 0,5 bodu  
za vysvětlení 0,5 bodu*

**12. Létání v evoluci vzniklo hned několikrát. To můžeme vidět například na tom, jak se liší anatomie křídla netopýrů oproti křídům ptáků. U jednoho dnes již vyhynulého živočicha však vznikl opravdu ojedinělý typ létání. Jak se tento živočich, který žil během triasu, jmenuje, a co bylo na jeho létání zvláštní?**

Jde o *Sharovipteryx*, který měl pro létání, nebo spíše plachtění, velkou blánu na zadních končetinách - na rozdíl od všech ostatních známých plachtících a létajících druhů, které adaptace k letu mají na končetinách předních.

*celkem 1 bod  
za druh 0,5 bodu  
za způsob letu 0,5 bodu*

